ISBN 978-65-996141-0-1

Felipe Giacomelli (org.)
Suslin Thiel (org.)
Sarah da Silva (org.)
Mariana Pinton (org.)
Patrícia Caetano (org.)

Artigos de revisão

Volume 1

ANAIS DO

Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

- 16, 17 e 18 de agosto -

2021

2021 WICTA

Realização, apoio e patrocínio:

PPGCTA

Universidade Federal de Santa Maria

labtec

Organização

FELIPE OZORIO GIACOMELLI (GIACOMELLI, F.O)

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

.

SUSLIN RAATZ THIEL (THIEL, S.R)

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria;

.

SARAH BIANCA SOARES DA SILVA (SILVA, S.B.S)

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria;

.

MARIANA BASSO PINTON (PINTON, M.B)

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria;

.

PATRÍCIA ACOSTA CAETANO (CAETANO, P.A)

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria;

Programação visual - Capa

SIBELE RIGHI SCARAMUSSA

Editoração eletrônica

SIBELE RIGHI SCARAMUSSA
CAMILA NUNES DA ROSA

Revisão

PAULA LANGE BORGES

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

A532

Anais do Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos : artigos de revisão [recurso eletrônico] / Felipe Ozorio Giacomelli, Suslin Raatz Thiel, Sarah Bianca Soares da Silva, Mariana Basso Pinton, Patrícia Acosta Caetano [Organizadores].
Santa Maria: CNR Edições, 2021.
v. 1
704 p. ; il. color.
Disponível em PDF.

ISBN 978-65-996141-0-1

1. Ciência 2. Tecnologia 3. Alimentos 4. Wicta I. Título

CDU 663/664

Bibliotecária responsável Trilce Morales – CRB 10/2209

SUMÁRIO

* Artigos de Revisão

Capítulo 001	AÇÃO TERAPÊUTICA DE PRODUTOS APÍCOLAS E INFLUÊNCIA DA PANDEMIA DE COVID-19 NO MERCADO BRASILEIRO DE MEL E PRÓPOLIS	**5**
Capítulo 002	A CONTROVERSA PRESENÇA DE *MACROCOCCUS* SPP. EM ALIMENTOS	**14**
Capítulo 003	A READEQUAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE MANIPULAÇÃO EM UM SERVIÇO DE ALIMENTAÇÃO EM GRAVATAÍ-RS NO CONTEXTO DA COVID-19	**22**
Capítulo 004	ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS EM PRODUTOS LÁCTEOS: UMA VISÃO GERAL SOBRE BENEFÍCIOS À SAÚDE, ASPECTOS TECNOLÓGICOS E SENSORIAIS	**34**
Capítulo 005	AMIDO DE ARROZ: MODIFICAÇÃO POR TRATAMENTO TÉRMICO DE BAIXA UMIDADE E FORMAÇÃO DE COMPLEXO AMILOSE-LIPÍDIO	**43**
Capítulo 006	AMORA-PRETA, BUTIÁ E PITANGA: COMPOSTOS BIOATIVOS E SUA ESTABILIDADE APÓS O PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS	**55**
Capítulo 007	ANÁLISE DE ALIMENTOS VIA SMARTPHONE: UMA BREVE REVISÃO	**65**
Capítulo 008	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE LEITE CRU: REVISÃO DE LITERATURA	**73**
Capítulo 009	APLICAÇÕES DA ÁGUA ELETROLISADA EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	**84**
Capítulo 010	ASPECTOS ÉTICOS E REGULATÓRIOS DA PUBLICIDADE DE ALIMENTOS DIRECIONADA ÀS CRIANÇAS NO BRASIL	**96**
Capítulo 011	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARNE DE SOL COMERCIALIZADAS EM FEIRAS LIVRES: UMA REVISÃO	**108**
Capítulo 012	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE ÁGUAS DE COCO INDUSTRIALIZADAS: UMA REVISÃO	**117**
Capítulo 013	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE MIGRAÇÃO DE ADITIVOS ADICIONADOS EM FILMES FLEXÍVEIS COMERCIAIS DE PVC, QUANDO UTILIZADO EM CONTATO DIRETO COM ALIMENTOS	**125**
Capítulo 014	BEBIDA FERMENTADA VEGANA DE AÇAÍ DESENVOLVIDA A PARTIR DE *BACILLUS SUBTILIS* GENETICAMENTE MODIFICADO	**133**
Capítulo 015	BIOFILMES DE FUNGOS FILAMENTOSOS: UMA ALTERNATIVA NA PRODUÇÃO ENZIMÁTICA	**146**
Capítulo 016	CADEIA PRODUTIVA DA TILÁPIA NO BRASIL: DO CAMPO À MESA E GERAÇÃO DE COPRODUTOS	**157**
Capítulo 017	COMPOSTOS BIOATIVOS E OS SEUS BENEFÍCIOS NO MANEJO DA COVID-19	**169**
Capítulo 018	CONSERVANTES NATURAIS: FONTES E USO NA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	**179**
Capítulo 019	CONTAMINANTES EM QUEIJO MINAS FRESCAL NO BRASIL: UMA REVISÃO	**192**
Capítulo 020	DA SEGURANÇA ALIMENTAR À “CULTURA DE SUJIDADES” EM FEIRAS E MERCADOS PÚBLICOS NO BRASIL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	**200**
Capítulo 021	DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR DE PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS	**213**

Capítulo 022	DETERIORANTES E PATÓGENOS EM OVOS - REVISÃO	**225**
Capítulo 023	EFEITO DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES NA ESTABILIDADE DE PREBIÓTICOS	**236**
Capítulo 024	EMBALAGENS ATIVAS: TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS	**246**
Capítulo 025	EVOLUÇÃO DA FÓRMULA INFANTIL COMO SUBSTITUTO DO LEITE MATERNO	**257**
Capítulo 026	FILMES BIODEGRADÁVEIS DE PROTEÍNA DE SORO DE LEITE: UMA REVISÃO	**269**
Capítulo 027	FILMES E REVESTIMENTO COMESTÍVEL: TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS	**280**
Capítulo 028	FILMES POLIMÉRICOS À BASE DE GELATINA PARA APLICAÇÕES EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS	**289**
Capítulo 029	FRUTA DO MILAGRE – ***Synsepalum dulcificum***: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	**301**
Capítulo 030	IMPACTOS DOS CONTAMINANTES DO MEL NA CADEIA PRODUTIVA	**311**
Capítulo 031	INGREDIENTES DA BIODIVERSIDADE BRASILEIRA COM POTENCIAL PARA USO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	**321**
Capítulo 032	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE AS MEDIDAS DE CONTROLE DE AFLATOXINAS APLICADAS ÀS INDÚSTRIAS DE RAÇÕES	**333**
Capítulo 033	***Listeria monocytogenes*** EM EMBUTIDOS CÁRNEOS: UMA REVISÃO	**344**
Capítulo 034	MEIOS DE CULTURA ALTERNATIVOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA	**353**
Capítulo 035	METAIS TÓXICOS EM PRODUTOS LÁCTEOS: ASPECTOS REGULATÓRIOS E PERIGOS TOXICOLÓGICOS AO CONSUMIDOR	**362**
Capítulo 036	MICOTOXINAS E SEGURANÇA DOS ALIMENTOS	**375**
Capítulo 037	NOVA GERAÇÃO DE PROBIÓTICOS: BENEFÍCIOS À SAÚDE E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS	**388**
Capítulo 038	O PAPEL DA POLÍTICA NACIONAL DE REDUÇÃO DE AGROTÓXICOS PARA A PROMOÇÃO DO DIREITO BÁSICO À ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL	**397**
Capítulo 039	OBTENÇÃO E PROPRIEDADES BIOATIVAS DO HIDROLISADO PROTEICO DE SORO DE LEITE E DERIVADOS: UMA REVISÃO	**409**
Capítulo 040	OCORRÊNCIA DE AFLATOXINA M1 EM LEITE: UMA REVISÃO	**421**
Capítulo 041	PROTEÍNAS DO LEITE ORGÂNICO E MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS – UMA REVISÃO	**433**
Capítulo 042	PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN: DESAFIOS NUTRICIONAIS, TECNOLÓGICOS E SENSORIAIS ESTUDADOS NOS ÚLTIMOS 20 ANOS	**446**
Capítulo 043	PANORAMA TECNOLÓGICO DE PRODUTOS OBTIDOS A PARTIR DA CASCA DE JABUTICABA (***Myrciaria cauliflora***) E DA MANTEIGA DE TUCUMÃ (***Astrocaryum aculeatum***) NA FORMULAÇÃO DE COSMÉTICOS	**457**
Capítulo 044	PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CIRIGUELA RESIDUE FLOUR (SPONDIAS PURPUREA L.) AND CONVENTIONAL EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS	**467**
Capítulo 045	PITAYA (HYLOCEREUS SPP.): UMA BREVE REVISÃO	**473**
Capítulo 046	POTENCIAL DE UMA BEBIDA TROPICAL VEGANA RICA EM PROTEÍNAS	**483**
Capítulo 047	PRÉ-TRATAMENTOS APLICADOS A MORANGOS CONGELADOS	**491**
Capítulo 048	PROCESSAMENTO DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO: UMA REVISÃO	**501**

Capítulo 049	PRODUÇÃO DE QUEIJOS PROBIÓTICOS: UMA MINIRREVISÃO	**510**
Capítulo 050	PRÓPOLIS COMO CONSERVANTE DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO	**520**
Capítulo 051	***Pseudomonas spp.*** EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO	**530**
Capítulo 052	QUALIDADE HIGIENICOSSANITÁRIA DE CARNE MOÍDA BOVINA: UMA REVISÃO	**541**
Capítulo 053	REDUÇÃO DE SÓDIO: UM DESAFIO PARA A INDÚSTRIA CÁRNEA	**550**
Capítulo 054	REVISÃO SOBRE MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS	**560**
Capítulo 055	SARS-COV-2 E MUDANÇAS NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR NO CONTEXTO DA PANDEMIA: UMA REVISÃO	**570**
Capítulo 056	SORO DE LEITE: NOVOS PRODUTOS E SUSTENTABILIDADE	**579**
Capítulo 057	***STAPHYLOCOCCUS COAGULASE*** POSITIVA EM LEITE PASTEURIZADO: uma revisão	**588**
Capítulo 058	TÉCNICA DE ***ELECTROSPINNING*** E USO DE ZEÍNA COMO ALTERNATIVAS PARA ENCAPSULAÇÃO DE ÓLEOS	**598**
Capítulo 059	TENDÊNCIAS NA AVALIAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS EM LEITE HUMANO	**608**
Capítulo 060	ULTRASSOM DE ALTA INTENSIDADE: APLICAÇÕES COM INATIVAÇÃO OU ESTIMULAÇÃO MICROBIANA EM PRODUTOS LÁCTEOS	**620**
Capítulo 061	ULTRASSOM E A FORMAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS	**630**
Capítulo 062	UM OLHAR INTERDISCIPLINAR PARA O CAFÉ E SUA INTERFERENCIA NA SAÚDE HUMANA: ALGUÉM AINDA DUVIDA DO PODER DE UM CAFEZINHO?	**639**
Capítulo 063	USO DE INGREDIENTES VEGETAIS NÃO CONVENCIONAIS COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIA DA QUALIDADE NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS - UMA BREVE REVISÃO	**649**
Capítulo 064	USO DE ÓLEOS ESSENCIAL COMO POTENCIAL ANTIOXIDANTE EM PRODUTOS CÁRNEOS: UMA BREVE REVISÃO	**659**
Capítulo 065	UTILIZAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS E POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE PARTÍCULAS ANTIOXIDANTES EM PRODUTOS CÁRNEOS OVINOS	**668**
Capítulo 066	UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO PARA UMA ALIMENTAÇÃO BALANCEADA: UMA REVISÃO	**679**
Capítulo 067	VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO POTENCIAL FONTE DE COMPOSTOS BIOATIVOS: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL	**686**
Capítulo 068	POTENCIALIDADES DO ABACATE PARA OBTENÇÃO DE ÓLEO COM QUALIDADE ALIMENTÍCIA	**694**

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

AÇÃO TERAPÊUTICA DE PRODUTOS APÍCOLAS E INFLUÊNCIA DA PANDEMIA DE COVID-19 NO MERCADO BRASILEIRO DE MEL E PRÓPOLIS

THERAPEUTIC ACTION OF BEEKEEPING PRODUCTS AND THE INFLUENCE OF THE COVID-19 PANDEMIC ON THE BRAZILIAN HONEY AND PROPOLIS MARKET

FERREIRA, Aline Ribeiro[1]*; REBELO, Ian Marinho[2]; MACHADO, Mariana Teixeira da Costa[1].

[1]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos.
[2]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química
*Contato: aline.medvet@live.com

RESUMO

A pandemia mundial causada pelo novo coronavírus é uma preocupação séria em todo o mundo. Estratégias que estimulem o sistema imunológico tem sido buscadas para aliviar as complicações associadas a doença. Os produtos apícolas são muito apreciados por suas habilidades terapêuticas e tem chamado a atenção por ser uma terapia natural e eficaz em atenuar inflamações por meio da elevação da resposta imunológica. Devido a essa reputação, houve um aumento considerável no consumo de mel e própolis durante este período, com um consequente acréscimo de seu valor comercial no mercado brasileiro e crescimento expressivo da quantidade de mel exportada. Assim, novas pesquisas devem ser feitas de forma a potencializar a utilização desses produtos de forma preventiva ou em combinação com a terapia convencional.

Palavras-chave: Produtos apícolas; resposta imunológica, pandemia.

ABSTRACT

The worldwide pandemic caused by the new coronavirus is a serious concern around the world. Strategies are sought that stimulate the immune system to decrease the complications associated with the disease. Bee products are highly appreciated for their therapeutic abilities and have drawn attention for being an effective natural therapy in decreasing inflammation by rising the immune response. Due to this reputation, there was a considerable increase in the consumption of honey and propolis during this period, with a consequent addition in their commercial value in the Brazilian market and an expressive growth of the honey exported amount. Thus, new research must be done in order to enhance the use of these products in a preventive way or in combination with conventional therapy.

Keywords: Bee products, immune response, pandemic.

INTRODUÇÃO

Popularmente conhecidos por suas propriedades terapêuticas, os produtos apícolas são alimentos com propriedades nutritivas e medicinais, possuindo efeitos antibacterianos, antifúngicos, antivirais e anti-inflamatórios. Apesar dos benefícios associados aos produtos, seu consumo no Brasil não é significativo se comparado a outros países. Enquanto na Europa o consumo de mel chega a 1,5 kg per capta, entre os brasileiros não chega a 100 gramas. Além do baixo nível de renda, esse fato também se deve ao desconhecimento das propriedades do produto. Contudo, o mercado de produtos apícolas no Brasil tem assumido um papel de destaque durante a pandemia do novo coronavírus, mesmo diante da instabilidade econômica experienciada (Sabbag e Nicodemo, 2011; Gomes e Santos, 2016).

O crescente mercado desses produtos acompanha a tendência em busca de hábitos saudáveis que ganham espaço no dia a dia das pessoas no mundo. Além disso, produtos naturais tem sido cada vez mais aplicados para a cura. Os produtos apícolas tem sido utilizados na medicina tradicional e moderna nos últimos anos e são considerados alimentos funcionais por promover benefícios a saúde. A apiterapia é a utilização de produtos apícolas cujo objetivo principal é orientar o organismo a criar barreiras de defesa imunológica. Também são utilizados também como tratamento complementar em associação a diversos medicamentos (Beretta et al. 2017; Naggar et al. 2021; Rahman et al. 2014).

Mel e própolis destacam-se nesse contexto como produtos de maior valor para o mercado brasileiro. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), estima-se a produção de 2.168.295 toneladas de mel no mundo em 2019, sendo o Brasil é o 13° maior produtor mundial de mel. Segundo dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), ligada a rede de coleta do IBGE, avalia-se que a produção de mel em 2019 foi em torno de 45 mil toneladas. Já com relação a própolis, o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) estima que a produção média anual é de 150 toneladas (2018). Esses produtos são frequentemente consumidos in natura ou em forma de xaropes e compostos. As características regionais se refletem em uma ampla gama de produtos diferenciados, fazendo com que nosso país tenha competividade e destaque no cenário internacional (Gomes e Santos, 2016).

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária de Abastecimento (MAPA), “mel é o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos das colmeias”. O mel é um alimento doce de características especiais e muito usado como complemento alimentar pela alta quantidade de carboidratos presentes, além de várias vitaminas (B1, B2, B3, B5, B6, C, D, E e Biotina), minerais e compostos antioxidantes. É naturalmente viscoso e pode se apresentar sua forma cristalizada, com a formação de pequenos cristais de

açúcares por uma separação natural da glicose, sem que isso altere sua qualidade e valor nutricional. A diversificada composição do mel já demonstrou benefícios em diversos estudos. Administrado isoladamente ou em combinação com terapia convencional tem se mostrado útil no tratamento de doenças crônicas associadas ao estresse oxidativo e ao estado de inflamação (Brasil, 2000; Naggar et al. 2021; Rahman et al. 2014; Silva et al. 2016).

Própolis é "o produto oriundo de substâncias resinosas, gomosas e balsâmicas, colhidas pelas abelhas de brotos, de flores e de exsudatos de plantas, nas quais as abelhas acrescentam secreções salivares, cera e pólen para a elaboração final do produto". A palavra própolis é derivada do grego onde "pro-" significa em defesa, e "polis-" cidade, devido a ser usada pelas abelhas para a defesa da colmeia. O produto é considerado um antibiótico natural e rico em compostos fenólicos e flavonoides que são responsáveis por uma série de propriedades farmacológicas e alta capacidade antioxidante, atuando contra infecções no nosso organismo. Além disso, tem comprovadamente o poder de aumentar a imunidade e proteger o corpo contra diversos tipos de vírus. A própolis bruta, chamada assim após colheita em sua forma sólida original, é comumente extraída com álcool até formar um líquido, chamado de extrato de própolis (Beretta et al. 2017; Brasil, 2001; Naggar et al. 2021).

Embora sejam conduzidos estudos sobre os efeitos terapêuticos dos produtos apícolas, ainda tem muito a ser compreendido sobre os mecanismos de ação. Essa revisão enfoca os principais efeitos do mel e do própolis e seus constituintes contra o coronavírus. Além disso, é relatada a influência da pandemia sobre a comercialização desses produtos no mercado nacional.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica que buscou publicações sobre atividade a terapêutica dos produtos apícolas mel e própolis. Com abordagem qualitativa, a busca por artigos foi realizada através da base de dados Scielo, Scopus e Web of science. Para a coleta de dados foram utilizadas as palavras chaves "honey", "própolis", "functional", "activity", "benefits", "antiviral", "COVID-19" e "Sars-CoV-2". Não houve delimitação do período de publicação das produções na pesquisa, que foi realizada em junho de 2021.

Posteriormente foi feito um levantamento de dados sobre a produção de mel e própolis no Brasil por meio do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O efeito da pandemia de COVID-19 no mercado exportador de mel e própolis foi analisado por meio do site do Trademap, e por fim foi feita uma entrevista para avaliar o mercado brasileiro desses produtos com a Unidade de beneficiamento de produtos de abelhas da empresa Fumel Comercial e Industrial LTDA do Estado do Rio de Janeiro.

DESENVOLVIMENTO

Por muito tempo os produtos naturais tem sido investigados como medicamentos alternativos para o tratamento de infecções e doenças inflamatórias. Os produtos apícolas são produzidos pelas abelhas para seu próprio uso, sendo o mel e o própolis derivados de plantas. Diversos estudos demonstram que produtos apícolas modulam o sistema imunológico do corpo e desempenham propriedades antioxidantes a partir da inibição de radicais livres que resultam do metabolismo celular, colaborando com a diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares. Além disso, possuem efeitos terapêuticos contra diversas doenças como diabetes, doenças neurológicas e cancerígenas, entre outras (Abedi et al. 2021; Al-Hatamleh et al. 2020; Naggar et al. 2021).

O mel apresenta diversos componentes que podem ser responsáveis por sua ação terapêutica, e apesar de ser uma solução saturada de açúcares e água, tem uma diversificada composição atribuída a sua fonte floral, que lhe confere um alto grau de complexidade. Seu potencial bioativo está diretamente ligado a presença de ácidos fenólicos e flavonoides, sendo alguns destes já identificados e nomeados, como os ácidos cinâmico, cafeico, ferúlico, cumárico, a crisina, a crisina e o canferol. Além disso, apresente diversos outros compostos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, vitaminas e minerais (Al-Hatamleh et al. 2020; Hossain et al. 2020; Seedi et al. 2020).

Este produto é capaz de eliminar infecções de feridas, suprimir o processo inflamatório e o crescimento do epitélio. Demonstra também ser muito útil no tratamento de doenças crônicas associadas ao estresse oxidativo e ao estado de inflamação. Além disso, apresenta potencial anticarcinogenico através da indução da apoptose em diversos tipos de células cancerígenas por despolarização da membrana mitocondrial. Muitos quimioterápicos são usados como indutores de apoptose, o que torna o mel um potente agente anticâncer, além de possuir a vantagem de não apresentar os efeitos colaterais desses quimioterápicos (Ahmed e Othman, 2013; Hossain et al. 2020; Kalediene et al. 2021).

Estudos recentes foram feitos sobre os efeitos do mel no manejo das disfunções relacionadas a obesidade e foi verificado que o mel melhora o controle glicêmico e o perfil lipídico, com consequente proteção contra neurodegeneração e disfunções endoteliais. Por ser um distúrbio metabólico caracterizado por adiposidade visceral que deixa o tecido adiposo hipertrófico com produção de mediadores pró-inflamatórios, a obesidade é uma doença extremamente perigosa. Logo, o efeito do mel como anti-inflamatório pode ser um importante aliado no manejo das disfunções relacionadas a doença (Samat et al. 2017; Terzo, Mule e Amato, 2020).

Arshad, Lin e Yahaya (2020) verificaram a influência do uso de mel no cérebro de ratos com o objetivo de avaliar o índice glicêmico e o nível de estresse oxidativo e desempenho cognitivo em animais. Com a utilização dos produtos, a glicose sanguínea foi normalizada e os níveis séricos de triglicerídeos e LDL reduzidos. Além disso, foi verificado efeito sobre o nível

de ansiedade e memória, melhorando o potencial de aprendizagem e reduzindo os níveis de ansiedade. Houve uma proteção dos neurônios de danos e morte celular por agressões metabólicas e estresse oxidativo.

Já foi demonstrado que o mel é eficaz contra diversas doenças infecciosas virais através da inibição da entrada do vírus na célula hospedeira e sua consequente replicação. Seus componentes também podem modular cascatas de sinalização que são necessárias para a replicação e fixação do vírus. A redução de sintomas respiratórios agudos também já foi relatada com o uso de mel. Recomendado pelo National Institute for Health and Care Excellence (NICE) como tratamento para tosse causada por infecção do trato respiratório superior, o mel pode atenuar o principal sintoma da COVID-19 (Abedi et al. 2021; Naggar et al. 2021; Sulaiman et al. 2011).

O efeito antiviral do mel já foi observado também em vários tipos de vírus com invólucro, como HIV, vírus da influenza, herpes simples e vírus varicela. Behbahani et al. (2014) e Watanabe et al. (2020) relataram que o mel inibiu de forma eficiente a replicação do vírus HIV-1 e do vírus influenza, respectivamente. Hashemipour et al. (2014) avaliaram os efeitos do mel sobre o vírus herpes simples tipo 1 (HSV-1) em um ambiente extra somático e observaram uma inibição sobre o HSV-1 e uma diminuição da carga viral. Diante disso, o mel pode ser benéfico em pacientes com COVID-19, já que o SARS-CoV-2 é um vírus com envelope. Kalediene et al. (2021) obtiveram resultados positivos na avaliação do efeito antiviral do mel in vitro, com inibição do SARS-CoV-2 dependente da concentração do produto. Com a utilização do mel é possível melhorar as comorbidades e respostas antivirais (Hossain et al 2020).

Além do mel, a própolis é um alimento muito procurado para tratamento devido a seus efeitos no organismo. As funções terapêuticas da própolis são inúmeras e justificam seu potencial no desenvolvimento de produtos uteis a saúde humana. Atualmente no Brasil a produção de própolis se concentra em três tipos principais: verde, vermelha e marrom, e esse tipo de variação ocorre de acordo com a origem botânica e a composição química, e reflete nas propriedades biológicas e benefícios específicos associados ao produto. Assim como o mel, o própolis também possui compostos fenólicos e flavonoides importantes para sua função terapêutica. Diversos estudos demonstram que o própolis possui propriedades diversas: antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, antiviral, imunomoduladora, antiparasitária, dentre outras (Beretta et al, 2017, Ripari et al, 2021).

Embora não tenham variedades de estudos do efeito da própolis sobre o novo coronavírus, a atividade antiviral já foi relatada diversas vezes. O própolis contém uma alta concentração de produtos que interferem na maturação e replicação de diversos tipos de vírus e diminuem a resposta inflamatória exagerada. A inibição da replicação viral de cepas como poliovírus, herpes simples e adenovírus já foram relatadas Resultados animadores também foram obtidos em modelo animal com redução de citocinas inflamatórias IL-6 e TNF-α após o uso da própolis, com significativa atividade imunorreguladora (Naggar et al. 2021, Ripari et al. 2021).

Os receptores da célula hospedeira responsáveis por mediar a infecção pelo SARS-CoV-2 são a enzima conversora de angiotensina 2 (ACEA2) e a serina protease transmembrana 2 (TMPRSS2), que implicam na superexpressão de PAK 1, principal quinase patogênica. A ativação anormal dessa quinase pode causar uma ampla gama de distúrbios, como inflamação pulmonar, fibrose e supressão do sistema imunológico. A própolis possui componentes que causam inibição das vias de sinalização da ACE2, TMPRSS2 e PAK1 (Beretta et al. 2020; Maruta e He, 2020; Wu et al. 2021).

Hashem (2020) avaliou a atividade de compostos ativos de mel e própolis na inibição da protease principal do Sars-CoV-2, essencial para processar poliproteínas e ciclos de vida do vírus. O estudo foi feito in silico e os produtos apícolas citados foram eficientes como agentes antivirais com destaque para seis compostos principais que possuem energia de ligação com o sítio ativo do receptor da protease com consequente inibição da replicação do vírus. Também foi estudado o efeito do própolis sobre inibição da produção de IL-1 beta em culturas de macrófagos, via importante em doenças autoimunes, levantando a hipótese de que o uso da própolis pode minimizar efeitos em pacientes acometidos por COVID-19 que apresentam forte reação inflamatória consequente do processo infeccioso (Beretta et al. 2020).

Silveira et al. (2021) trataram pacientes adultos hospitalizados com COVID-19 com extrato de própolis verde padronizado como terapia coadjuvante por 7 dias. Foram utilizadas duas dosagens diferentes de própolis de acordo com cada grupo, além de um grupo controle sem tratamento com o extrato. Após acompanhamento por 28 dias, foi observado que o tempo de internação foi menor nos grupos em que foram utilizados os extratos de própolis, e no grupo com uma maior dosagem houve uma menor taxa de lesão renal aguda quando comparado aos outros dois. Além disso, não foram apresentados efeitos adversos e a adição de própolis ao tratamento só resultou em benefícios clínicos para os pacientes.

Visando incentivar o consumo de própolis pela população, o Estado de São Paulo lançou o projeto de lei n° 328 em 08/05/2020 para isenção do recolhimento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) na venda de própolis com intuito de facilitar o acesso ao produto, aumentar a procura e consumo, fortalecer o sistema imunológico populacional e auxiliar no combate a infecções frente à crise, diminuindo, consequentemente, o número de internações hospitalares.

Em entrevista com o proprietário da empresa Fumel Comercial e Industrial Ltda e presidente da Federação de Apicultura do Estado do Rio de Janeiro (FAERJ), Nelson Victor de Oliveira Filho, o valor pago ao apicultor na compra do quilo do mel obteve alta de mais de 45%, quando comparado dezembro de 2019 com maio de 2021, enquanto que a própolis bruta aumentou 65% e o extrato de própolis 160%. De acordo com o entrevistado, além da alta demanda gerada pela crise por COVID-19, a entressafra de colheita também influenciou o valor do produto. Já com relação ao volume de vendas da indústria houve um aumento expressivo,

em torno de 105% para mel e 85% para extrato de própolis, em quantidade, quando comparando o mês de dezembro de 2019 com maio de 2021. “O mercado apícola nacional entrou em crise em 2018/2019 quando as importações mundiais declinaram. O mel brasileiro chegou a ser comercializado a R$ 4,00 o kg no Nordeste. A apicultura estava em declínio com abandono de apiários e desanimo geral do setor, tanto na produção quanto na comercialização no mercado interno e externo. A COVID-19 veio impulsionar o mercado interno com o aumento do consumo do mel e da própolis, salvando o setor apícola nacional”, explica ele.

Com relação ao mercado mundial, houve um aumento da quantidade exportada de mel pelo Brasil durante a pandemia. Nos últimos anos houve uma queda drástica do faturamento em dólar do país no mercado exportador de produtos apícolas, devido ao surgimento de países com preços mais atrativos, levando a uma diminuição de 44% de 2017 a 2019 em relação à média anual. Porém, com a crise pandêmica, já é possível observar um aumento significativo na quantidade de quilos exportados de quase 59%, considerando os meses de maio de 2020 a abril de 2021, quando comparado ao mesmo período anterior, de maio de 2019 a abril de 2020. O mel representou 93% do valor exportado pelo Brasil em produtos apícolas em 2020 (Agrostat, 2020; TradeMap, 2021).

Diante disso, observa-se a imagem positiva associada aos produtos apícolas pelos consumidores, que tem se mostrado importante para o aquecimento do setor produtivo de produtos de abelha e derivados, e deve continuar trazendo resultados animadores para o segmento nos próximos meses. Contudo, cabe ressaltar que apesar do caráter nutritivo e de suas propriedades terapêuticas comprovadamente diferenciadas, a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Ministério da Saúde reiteram que não há ainda nenhum medicamento, substância ou alimento específico que possa curar ou prevenir a infecção pelo novo coronavírus (Al-Hatamleh et al. 2020; Portal do Governo do Estado do Mato Grosso do Sul).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos apícolas são alimentos tradicionalmente usados por seus valores nutricionais e medicinais e resultam em benefícios ao organismo humano. Com a chegada da pandemia de COVID-19, alternativas naturais têm sido buscadas para fortalecimento do sistema imunológico e para amenizar os sintomas da doença sem que ocorram efeitos colaterais. Houve um aumento no consumo de mel e própolis durante o período pandêmico, fazendo com que o mercado brasileiro aumentasse suas vendas e seu valor comercial. Não só as vendas para o mercado interno como também a quantidade de mel exportado tiveram um crescimento expressivo. Diversos estudos tem sido feitos e abrem novos caminhos para o uso de produtos apícolas como coadjuvantes no tratamento da COVID-19. No entanto, seus efeitos na replicação do SARS-CoV-2 ainda precisam ser mais investigados.

REFERÊNCIAS

ABEDI, F.; GHASEMI, S.; FARKHONDEH, T.; AZIMI-NEZHAD, M.; SHAKIBAEI, M.; SAMARGHANDIAN, S. Possible potential effects of honey and its main components against covid-10 Infection. **Dose-Responde: An International Journal.** p. 1-13, 2021.

AGROSTAT. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro.** 2020. Disponível em <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>.

AHMED, S.; OTHMAN, N. H. Honey as a potential natural anticancer agent: a review of its mechanisms. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.** p. 829070, 2013.

AH-HATAMLEH, M. A. I.; HATMAL, M. M.; SATTAR, K.; AHMAD, S.; MUSTAFA, M.Z.; BITTENCOURT, M. C.; MOHAMOUD, R. Antiviral and immunomodulatory effects of phytochemicals from honey against COVID-19: potential mechanisms of action and future directions. **Molecules.** v. 25 (21), p. 5017, 2020.

ARSHAD, N.A; LIN, T.S.; YAHAYA, N.F. Stingless bee honey recudes anxiety and improves memory of the metabolic disease-induced rats. **CNS & Neurological Disorders.** v. 19, p. 115-126, 2021.

Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo - **Projeto de Lei n° 328 em 08/05/2020.** Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=1000323852>.

BERBAHANI, M.; Anti-HIV-1 activity of eight monofloral Iranian honey types. **PLoS One.** v. 9(10), e. 108195, 2014.

BERRETTA, A. A.; ARRUDA, C.; MIGUEL, F. G; BAPTISTA, N.; NASCIMENTO, A. O.; MARQUELE-OLIVEIRA, F.; HORI, I. J.; BARUD, H. S.; DAMASO, B.; RAMOS, C.; FERREIRA, R; BASTOS, J. K. Functional properties of Brazilian propolis: from chemical composition until the Market. **Agricultural and Biological Sciences "Superfood and Functional Food – Na Overview of Their Processing and Utilization**". p. 978-953-51-2920-2, 2017.

Berretta A. A.; Silveira M. A. D; Cóndor-Capcha J.M., De-Jong D. Propolis and its potential against SARS-CoV-2 infection mechanisms and COVID-19 disease: Running title: Propolis against SARS-CoV-2 infection and COVID-19. **Biomed Pharmacother.** p. 131:110622, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n º11 de 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de outubro de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 3 de 19 de janeiro de 2001. Anexo VI. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Própolis.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de janeiro de 2001.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/?fbclid=IwAR0hRQ7w0YAfoNPrRh6hp-Idh8QSqNE4ki-1UPtHO7F2ADzJfreB7aV1hE9M#data/QL>.

FIORINI, A. C.; SCORZA, C. A.; DE ALMEIDA, A. C. F; FONSECA, M. C. M.; FINSTERER, J.; FONSECA, F. L. A.; SCORZA, F. A. Antiviral activity of Brazilian green propolis extract against SARS-CoV-2 (severe acute respiratory syndrome – Coronavirus 2) infection: case report and review. **CLINICS.** v. 76, e. 2357, 2021.

GOMES, S. J. S.; SANTOS, C. V. Consumo e mercado do mel: um estudo bibliográfico. **Revista Síntese AEDA.** v. 01, n. 02, 2016.

Hashem H. E. In silico approach of some selected honey constituents as SARS-CoV-2 main protease (COVID-19) inhibitors. **EJMO.** v. 4(3), p. 196-200, 2020.

HASHEMIPOUR, M. A.; TAVAKOLINEGHAD, Z.; ARABZADEH, S. A. M.; IRAMANESH, Z. Antiviral activities of honey, royal jelly and acyclovir against HSV-1. **WOUNDS.** v. 26(2), p. 47-54, 2014.

HOSSAIN, K. S.; HOSSAIN, M. G.; MONI, A.; RAHMAN, M. M.; RAHMAN, U. H.; ALAM, M.; KUNDU, S.; RAHMAN, M. M.; HANNAN, M. A.; UDDIN, M. J. Prospects of honey in fighting against COVID-19: pharmacological insights and therapeutic promises. **HELIYON.** p. 05798, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal 2018.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/es-

tatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados >.

KALEDIENE, L.; BAZ, M.; LIUBAVICIUTE, A.; BIZIULEVICIENE, G.; GRABAUSKYTE, I.; BIELIAUSKIENE, R.; JOVAISAS, P.; JURJONAS, N. Antiviral effect of honey extract Camelyn against SARS-CoV-2. **Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics.** v. 4 (3), p. 290-297, 2021.

MARUTA, H.; HE, H. PAK-1 blockers: Potential therapeutics against COVID-19. **Medicine in Drug Discovery.** v. 6, p. 100039, 2020.

NAGGAR, Y. A.; GIESY, J. P.; ABDEL-DAIM, M. M.; ANSARI, M. J.; KAHTANI, S. N.'YAHYA, G. Fighting against the second wave of COVID-19: Can honeybee products help protect against the pandemic? **Saudi Journal of Biological Sciences.** v. 28 (3), p. 1519-1527, 2021

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL. Disponível em:< http://www.ms.gov.br/mitos-e-verdades-sobre-o-coronavirus/>.

RAHMAN, M. M.; GAN, S. H.; KHALIL, M. I.; Neurological effects of honey: current and future prospects. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.** 958721, 2014.

SABBAG, O. J.; NICODEMO, D. Viabilidade econômica para produção de mel em propriedade familiar. **Pesquisa Agropecuária Tropical Goiânia.** v. 41 (1), p. 94-101. 2011.

SAMAT, S.; ENCHANG, F. K.; HUSSEIN, F. N.; ISMAIL, W.I.W. Four-week Consumption of Malaysian honey reduces excess weight gain and improves obesity-related parameters in high fat diet induces obese rats. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.** 1342150, 2017.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - **Estudos de mercado - agronegócios: produção de própolis.** 2017. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ba/artigos/estudos-de-mercado-bahia,a8b881f88af76510VgnVCM1000004c00210aRCRD>.

SEEDI, H. R.; KHALIFA, S. A. M.; EL-WAHED, A. A.; GAO, R.; GUO, Z.; TAHIR, H. E.; ZHAO, C.; DU, M.; FARAG, M. A.; MUSHARRAF, S. G.; ABBAS, G. Honeybee products: an updated review of neurological actions. **Trends in Food Science & Technology.** v 101, p. 17-27, 2020.

SILVA, P. M.; GAUCHE, C.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry.** v. 196, p. 309-323, 2016.

SILVEIRA, M.A.D.; JONG, D.; GALVÃO, E.B.S.; RIBEIRO, J.C.; SILVA, T.C.; BERRETTA, A.A.; AMORIM, T.C.; MARTIN, R.L.A.S.; CONCEIÇÃO, L.F.M.R.; GOMES, M.M.D.; TEIXEIRA, M.B.; SOUZA, S.P.; SANTOS, M.H.C.A.; SILVA, M.O.; L. M.; MORENO, L.; SAMPAIO, J.C.M.; MENDONÇA, R.; ULTCHAK, S.S.; AMORIM, F.S.; ROSA, J.G.; BATISTA, P.B.P.; GUARDA, S.N.F.; MENDES, A.V.A.; PASSOS, R.H. Efficacy of propolis as an adjunct treatment for hospitalized COVID patients: a randomized, controlled clinical trial. **Biomedicine & Pharmacotherapy.** v. 138, 111526, 2021.

SULAIMAN, S. A.; HASAN, H.; DERIS, Z. Z.; WAHAB, M. S. A.; YUSOF, R.C.; NAING, N.N.; OTHMAN, N. H. The benefit of tualanh honey in reducing acute respiratory symptoms among Malaysian hajj pilgrims: a preliminary study. **Journal of ApiProduct and ApiMedical Science.** v. 3(1), p. 38-44, 2011.

TERZO, S.; MULE, F.; SOUKA, U. D.; AMATO, A. Honey and obesity-related dysfunctions: a summary on health benefits. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 82, 2020.

TRADEMAP. **Trade Statistics for International Business Development.** 2021. Disponível em: <www.trademap.org>.

Wu J., Deng W., Li S., Yang X. Advances in research on ACE2 as a receptor for 2019-nCoV. **Cell Mol Life Science.** v. 78(2), p. 531-544, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

A CONTROVERSA PRESENÇA DE *MACROCOCCUS* SPP. EM ALIMENTOS

THE CONTROVERSIAL PRESENCE OF *MACROCOCCUS* SPP. IN FOOD

MACHADO, Mariana Ambrósio Andrade[1]; RAMOS, Gustavo Luis de Paiva Anciens[2]; VIGODER, Hilana Ceotto[1]; NASCIMENTO, Janaína dos Santos[1].

[1]Laboratório de Microbiologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil; [2]Departamento de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil. *Contato: hilana.ceotto@ifrj.edu.br

RESUMO

Macrococcus spp. são encontrados em diversos tipos de alimentos, principalmente em produtos de origem animal. Diversos estudos relatam a sua participação em processos benéficos ao desenvolvimento e/ou maturação de alimentos, como geração de sabor, cor, aroma, além da atividade antioxidante. Embora os macrococos não sejam diretamente associados a doenças humanas, eles ganharam crescente atenção que antes era dispensada apenas para patógenos clássicos associados a doenças transmitidas por alimentos. A detecção de *macrococos* resistentes e multirresistentes a antibióticos em diferentes tipos de alimentos destacam o possível papel destes alimentos como reservatórios de genes de resistência. Através de mecanismos de transferência gênica, esse reservatório pode facilitar à disseminação desses genes para estafilococos patogênicos, para outros grupos comumente encontrados nos alimentos, ou até mesmo, para a microbiota intestinal humana, podendo colocar a saúde do consumidor em risco.

Palavras-chave: *Macrococcus*, alimentos, resistência a antimicrobianos.

ABSTRACT

Macrococcus spp. are found in different types of foods, mainly in animal products. Several studies report its participation in beneficial processes for the development and/or maturation of foods, such as the generation of flavor, color, aroma, in addition to antioxidant activity. Although macrococci are not directly associated with human diseases, they have gained increasing attention that was previously only devoted to classic pathogens associated with foodborne diseases. The detection of antibiotic resistant and multiresistant macrococci in different types of foods highlights the possible role of these foods as reservoirs of resistance genes. Through gene transfer mechanisms, this reservoir can facilitate the dissemination of these genes to pathogenic staphylococci, to other groups commonly found in foods, or even to the human intestinal microbiota, constituting a possible risk to the consumer's health.

Keywords: *Macrococcus*, food, antimicrobial resistance.

INTRODUÇÃO

Macrococcus spp. são cocos gram-positivos catalase-positivos, pertencentes à família *Staphylococccaceae* e intimamente relacionados aos estafilococos, mas, ao contrário desses, não são considerados patógenos humanos clássicos. No entanto, os macrococos são reconhecidos como patógenos veterinários relevantes, e sua presença tem sido relatada em produtos alimentícios de origem animal (Kloos et al., 1998).

Alguns estudos relatam que, *Macrococcus* são geralmente isoladas de alimentos em meios seletivos e diferenciais para *Staphylococcus* spp., uma vez que apresentam colônias sugestivas desse micro-organismo em meios de cultura seletivos (Joishy et al., 2019; Kačániová et al., 2019; Machado et al., 2020). Outro fator que influencia o isolamento Macrococcus spp. juntamente com *Staphylococcus* spp. é o fato de que esses micro-organismos geralmente ocupam o mesmo nicho.

Esse compartilhamento de nichos pode acarretar problemas maiores, uma vez que estudos recentes sobre *Macrococcus* têm focado na presença de novos genes de resistência à meticilina em duas de suas espécies mais estudadas, *Macrococcus caseolyticus* e *Macrococcus canis*, com a descoberta,inclusive, do primeiro gene de resistência à meticilina codificado por plasmídeo em isolados clínicos de S. *aureus*, gene esse provavelmente de origem macrocócica (Mazhar et al., 2018).

Em contraste, M. *caseolyticus* foi associado ao desenvolvimento de sabor e outras características organolépticas em certos alimentos, fazendo com que esse micro-organismo seja incorporado propositalmente a asses alimentos (Mazhar et al., 2018; Ramos et al., 2021). Essa revisão, vem a contribuir, portanto, para uma compreensão um pouco mais abrangente sobre benefícios e possíveis riscos da presença de micro-organimos do gênero *Macrococcus* em alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desta revisão, foi realizado um levantamento de produções científicas disponíveis no banco de dados do Google Acadêmico e do Periódico Capes, utilizando-se palavras-chaves como “*Macrococcus*”, “catalase-positive cocci”, “food”, “*M. caseolyticus*”, “fermented food”, “technological applications”, “infections” e “*Staphylococcus*”, tanto de forma isolada quanto com diferentes combinações entre elas. Foram selecionados artigos publicados entre os anos de 1998, quando o gênero foi descrito, até 2021.

DESENVOLVIMENTO

O gênero *Macrococcus* pertence à família *Staphylococcaceae* e compreende cocos gram-positivos, catalase-positivos e oxidase-positivos intimamente relacionados aos estafilococos (Kloos et al., 1998; Gotz et al., 2006). Esses micro-organismos são geralmente encontrados na

superfície da pele de diferentes mamíferos e também em produtos alimentícios derivados deles, como leite cru e pasteurizado, demais produtos lácteos e carnes (Randazzo et al., 2002; Fontana et al., 2006; Machado et al., 2021). No entanto, alguns representantes também foram isolados de produtos vegetais (Arogunjo et al., 2018; Ouaba et al., 2019). Alguns estudos parresentando a detecção de *Macrococcus* spp. em diferentes alimentos estão apresentados na Figura 01.

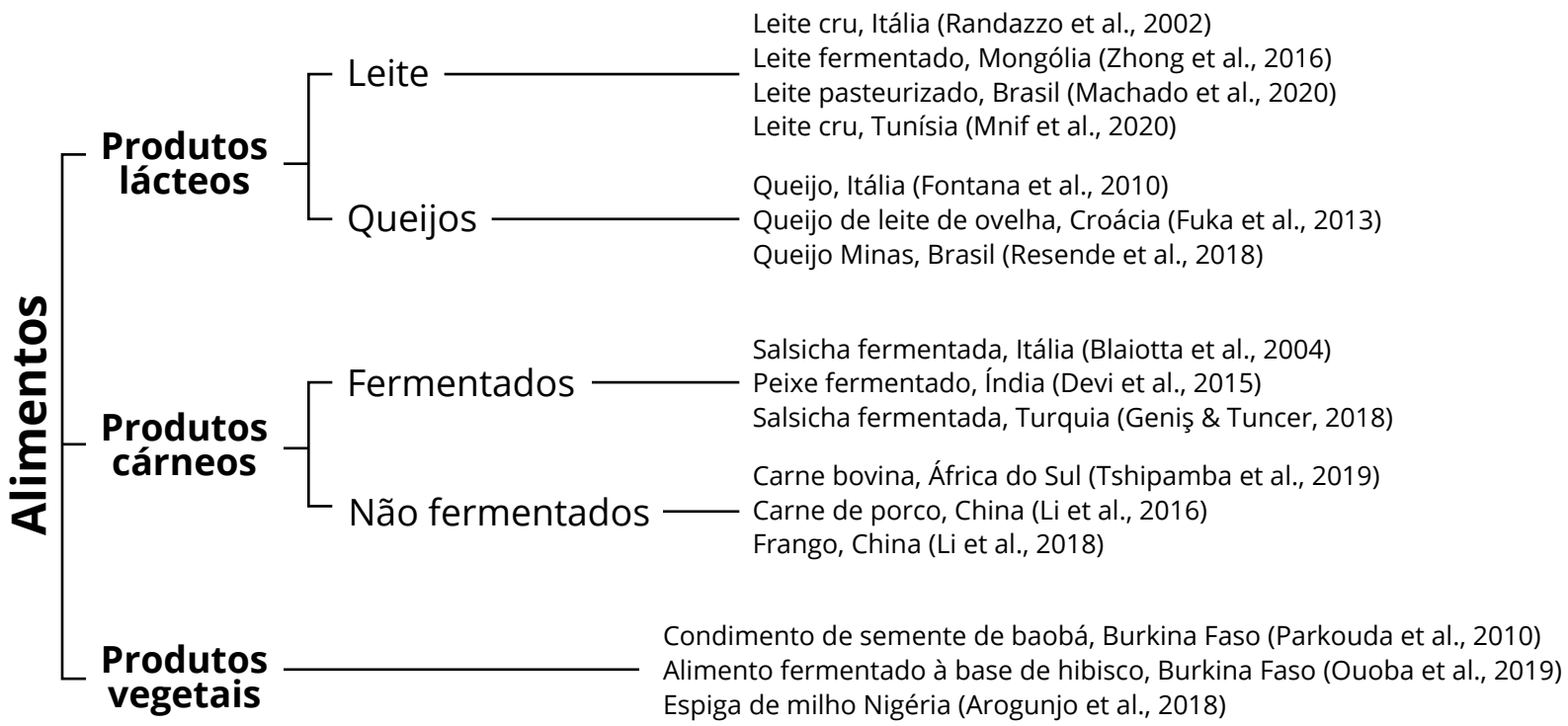


Figura 01: Estudos apontando a detecção de *Macrococcus* spp. em diferentes alimentos de origem vegetal e animal, fermentados e não fermentados (Adaptado de Ramos et al., 2021).

Até 2018, não havia sido relatada a presença de macrococos em amostras clínicas humanas. No entanto, nesse mesmo ano, três novas espécies de *Macrococcus* e uma nova subespécie de *M. caseolyticus*, que exibiram potencial de virulência, foram isoladas de material clínico humano (Li et al., 2018). Portanto, atualmente, o gênero atualmente compreende onze espécies, descritas na Tabela 01.

Tabela 01: Espécies do gênero *Macrococccus* descritas até o momento.

Espécie	Referência do primeiro isolamento
Macrococcus bohemicus	Mašlaňová et al., 2018
Macrococcus bovicus	Kloos et al., 1998
Macrococcus brunensis	Mannerová et al., 2003
Macrococcus canis	Brawand et al., 2017
Macrococcus carouselicus	Kloos et al., 1998
Macrococcus caseolyticus	(Schleifer et al., 1982) Kloos et al., 1998
Macrococcus epidermidis	Mašlaňová et al., 2018
Macrococcus equipercicus	Kloos et al., 1998
Macrococcus goetzii	Mašlaňová et al., 2018
Macrococcus hajekii	Mannerová et al., 2003
Macrococcus lamae	Mannerová et al., 2003

Fonte: LSPN, 2021.

M. caseolyticus, por exemplo, tem sido associado ao desenvolvimento de sabor em certos alimentos fermentados e seu potencial como bioconservante de alimentos foi documentado (Mazhar et al., 2020; Ramos et al., 2020).

Assim como outros cocos gram-positivos catalase-positivos, estirpes de *Macrococcus*, em especial, *M. caseolyticus* podem ser intencionalmente utilizadas na fermentação de alimentos, devido as suas atividades lipolíticas e proteolíticas, entre outras, como apresentado na Figura 02.

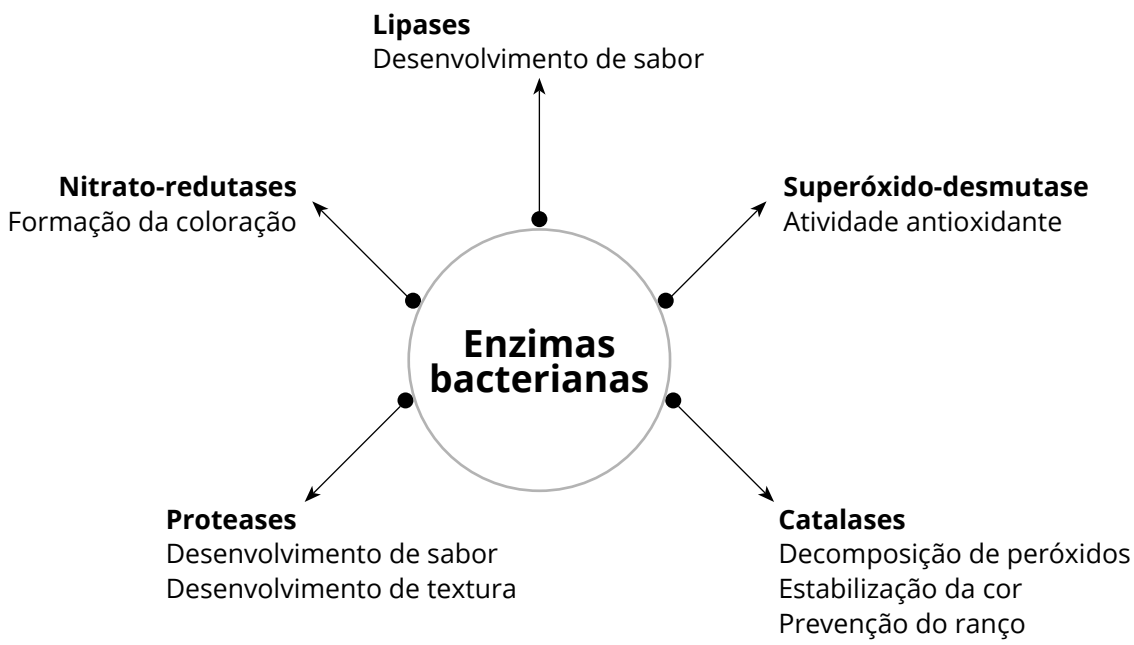


Figura 02: Enzimas produzidas por cocos gram-positivos e suas respectivas atuações nos processos de maturação de alimentos fermentados (Adaptado de Cruxen et al.,2019 e de Kamiloğlu et al., 2019).

Entretanto, o papel da presença de macrococos em alimentos é muito controversa (Figura 03). A aplicação potencial desses organismos em alimentos parece estar em desacordo com as informações emergentes sobre a resistência a antibióticos e está levando a um exame mais aprofundado dos possíveis problemas de segurança associados a essas cepas, dado o quadro da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos para a avaliação da segurança de micro-organismos na cadeia alimentar (Mazhar et al., 2018).

O papel dos macrococos como patógenos veterinários têm se destacado nos últimos anos. *M. caseolyticus* e *M. canis* são as principais espécies relacionadas a infecções em animais e já foram isoladas de infecções como abscessos, mastite, otite e dermatitis em ovinos, bovinos e caninos (Ramos et al., 2020).

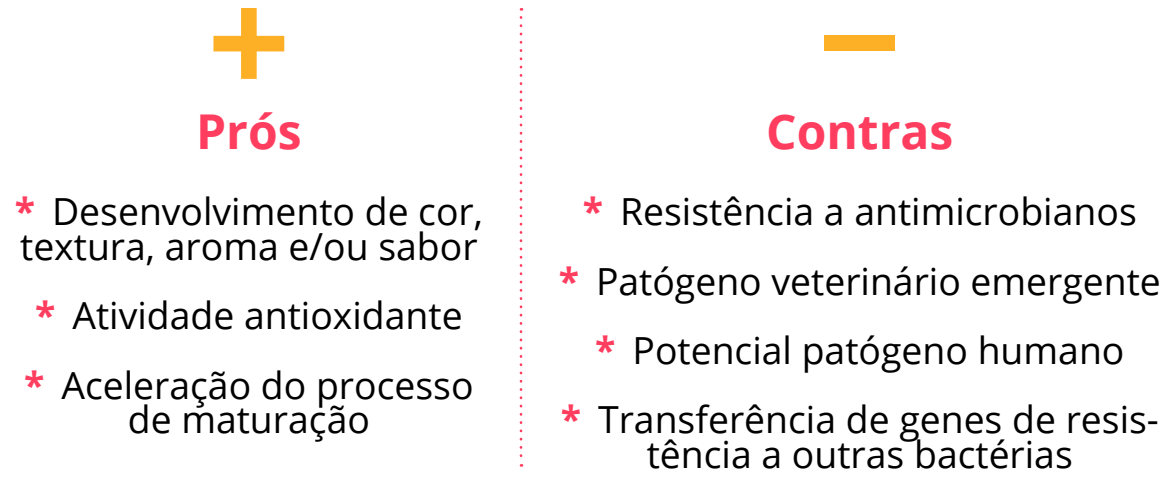


Figura 03: Prós e contras da presença de *Macrococcus* spp. em alimentos.

Recentemente, as espécies *M. goetzii*, *M. epidermidis, M. bohemicus* e a subspécie *hominis* de *M. caseolyticus* foram identificadas a partir de material clínico humano, em estudos realizados na República Tcheca (Mašlaňová et al. 2018), mostrando o potencial patogênico dessas bactérias também para seres humanos.

Trabalhos recentes sobre *Macrococcus* concentraram-se na presença de novos genes de resistência à meticilina em *M. caseolyticus* e *M. canis,* com a descoberta do primeiro gene de resistência à meticilina codificado por plasmídeo em *S. aureus* clínico de provável origem macrocócica, gerando maior interesse nesses organismos (Mazhar et al., 2018; Mnif et al., 2019). Já foram relatados isolados *M. caseolyticus* resistentes a antibióticos em diferentes alimentos. Estirpes resistentes à meticilina já foram relatadas para *M. caseolyticus* isolados de frango, leite bovino e seres humanos (Schwendener et al., 2017). Foi verificado, inclusive, que eles podem disseminar essa resistência para outros micro-organismos mais patogênicos, como os estafilococos (MacFadyen et al., 2018).

Geniş e Tuncer (2018) investigaram a presença de estafilococos coagulase-negativa em salsicha turca fermentada e descobriram que 16% das colônias presuntivas foram identificadas como *M. caseolyticus*. Desses isolados, 70% exibiram resistência à eritromicina e 60% foram resistentes a até cinco antimicrobianos, incluindo eritromicina, ampicilina, tetraciclina, penicilina e cefoxitina. No Brasil, *M. caseolyticus* resistentes à penicilina e tetraciclina eram isolados de amostras de leite pasteurizado comercializado (Machado et al., 2020).

Vale ressaltar que uma compreensão abrangente do gênero também poderia contribuir para entender a evolução dos estafilococos em termos de aquisição de resistência a antibióticos e potencial patogênico (Mazhar et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

M. caseolyticus, a espécie mais estudada do gênero *Macrococcus*, está associada ao desenvolvimento de aroma e sabor em alimentos fermentados e é, portanto, utilizada como cultura inicial em fermentações. No entanto, certas questões importantes relacionadas à segurança do alimento devem ser levadas em consideração ao se empregar esses microrganismos em fermentações.

Estudos recentes relataram a presença de genes associados à resistência à meticilina e outros antibióticos em espécies de *Macrococcus*. Isso pode ser prejudicial à saúde humana, pois esses genes podem ser transferidos para outras bactérias presentes nos alimentos, principalmente espécies estafilocócicas, que são evolutivamente relacionadas aos macrococos. Faz-se necessária, portanto, uma visão mais crítica sobre a presença de macrococos nos alimentos e os possíveis riscos indiretos à saúde humana.

REFERÊNCIAS

AROGUNJO, A. O.; AROTUPIN, D. J. Millet Cobs: A Source of Microbial Enzymes. **Journal of Microbial and Biochemistry Technology**, v. 10, p. 124-133, 2018.

BLAIOTTA, G.; PENNACCHIA, C.; VILLANI, F.; RICCIARDI, A.; TOFALO, R.; PARENTE, E. Diversity and dynamics of communities of coagulase-negative staphylococci in traditional fermented sausages. **Journal of Applied Microbiology**, v. 97, n. 2, p. 271-284, 2004.

CRUXEN, C. E. S.; FUNCK, G. D.; HAUBERT, L; DANNENBERG, G. S.; MARQUES, J. L.; CHAVES, F. C.; SILVA, W.P.; FIORENTINI, A. M. Selection of native bacterial starter culture in the production of fermented meat sausages: Application potential, safety aspects, and emerging technologies. **Food Research International**, v. 122, p. 371-382, 2019.

DEVI, K. R.; DEKA, M.; JEYARAM, K. Bacterial dynamics during yearlong spontaneous fermentation for production of ngari, a dry fermented fish product of Northeast India. **International Journal of Food Microbiology**, v. 199, p. 62-71, 2015.

FONTANA, C.; CAPPA, F.; REBECCHI, A.; COCCONCELLI, P.S. Surface microbiota analysis of Taleggio, Gorgonzola, Casera, Scimudin, and Formaggio di Fossa Italian cheeses. **International Journal of Food Microbiology**, v. 138, p. 205-211, 2010.

FUKA, M. M.; WALLISCH, S.; ENGEL, M.; WELZL, G.; HAVRANEK, J.; SCHLOTER, M. Dynamics of bacterial communities during the ripening process of different croatian cheese types derived from raw ewe's milk cheeses. **PLoS ONE,** v. 8, n. 11, p. e80734, 2013.

GENIS, B., TUNCER, Y. Determination of antibiotic susceptibility and decarboxy activity of coagulase-negative Staphylococcus and Macrococcus caseolyticus strains isolated from fermented Turkish sausage (sucuk). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n.1, 2018

GOTZ, F.; BANNERMAN, T.; SCHLEIFER, K.H. The genera *Staphylococcus* and *Macrococcus*. In M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, S. Karl-Heinz, & E. Stackebrandt (Eds.), Bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria: Vol. 4. **The Prokaryotes**, (pp. 5e75). New York; 2006.

JOISHY, T. M.; DEHINGIA, M.; KHAN, M. R. Bacterial diversity and metabolite profiles of curd prepared by natural fermentation of raw milk and back sloping of boiled milk. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 35, n. 7, p. 1-12, 2019.

KAČÁNIOVÁ, M.; KUNOVÁ, S.; NAGYOVÁ, Ľ.; HORSKÁ, E.; HAŠČÍK, P.; TERENTJEVA, M. Application of MALDI-TOF mass spectrometry for identification of bacteria isolated from traditional Slovak cheese "Parenica". **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, p. 1294-1297, 2021.

KAMILOĞLU, A.; KABAN, G.; KAYA, M. Contribution of catalase positive cocci on flavour formation in fermented sausages. **Current Journal Applied Science and Technology**, v. 17, n.1, p. 1-8, 2016.

KLOOS, W. E.; BALLARD, D. N.; GEORGE, C. G.; WEBSTER, J. A.; HUBNER, R. J.; LUDWIG, W.; SCHLEIFER, K. H.; FIEDLER, F.; SCHUBERT, K. Delimiting the genus *Staphylococcus* through description of *Macrococcus caseolyticus* gen. nov., comb. nov. and *Macrococcus equipercicus* sp. nov., and *Macrococcus bovicus* sp. no. and *Macrococcus carouselicus* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 48, p. 859-877, 1998.

LI, G.; DU, X.; ZHOU, D.; LI, C.; HUANG, L.; ZHENG, Q.; CHENG, Z. Emergence of pathogenic and multiple-antibiotic-resistant *Macrococcus caseolyticus* in commercial broiler chickens. **Transboundary Emerging Disease**, v. 65, n. 6, p.1605-1614, 2018.

LI, L.; OLSEN, R. H.; YE, L.; YAN, H.; NIE, Q.; MENG, H.; & SHI, L. Antimicrobial Resistance and Resistance Genes in Aerobic Bacteria Isolated from Pork at Slaughter. **Journal of Food Protection**, v. 79, n. 4, p. 589–597.

LPSN - List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature. Disponível em: **<https://lpsn.dsmz.de/search?word=macrococcus>**.

MACFADYEN, A. C; FISHER, E. A; COSTA, B.; CULLEN, C.; & PATERSON, G. K. P. Genome analysis of methicillin resistance in *Macrococcus caseolyticus* from dairy cattle in England and Wales. **Microbial Genomics**, v.4, n. 8, 2018.

MACHADO, M. A. A.; RIBEIRO, W. A.; TOLEDO, V. S.; RAMOS, G. L. P. A.; VIGODER, H. C.; NASCIMENTO, J. S. Antibiotic resistance and biofilm production

in catalase-positive gram-positive cocci isolated from Brazilian pasteurized milk. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, v. 7, n. 2, 67-74, 2020.

MAŠLAŇOVÁ, I.; WERTHEIMER, Z.; SEDLÁČEK, I.; ŠVEC, P.; INDRÁKOVÁ, A.; KOVAŘOVIC, V.; KRIŠTOFOVÁ, L. Description and comparative genomics of *Macrococcus caseolyticus* subsp. *hominis* subsp. nov., *Macrococcus goetzii* sp. nov., *Macrococcus epidermidis* sp. nov., and *Macrococcus bohemicus* sp. nov., novel macrococci from human clinical material with virulence potential and suspected uptake of foreign DNA by natural transformation. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 1178, 2018.

MAZHAR, S.; HILL, C.; MCAULIFFE, O. The Genus *Macrococcus:* An insight into its biology, evolution, and relationship with *Staphylococcus*. *In*: Advances in Applied Microbiology, v. 105, p. 1-50, 2018.

MAZHAR, S.; KILCAWLEY, K. N.; HILL, C.; MCAULIFFE, O. A systems- wide analysis of proteolytic and lipolytic pathways uncovers the flavor-forming potential of the Gram-positive bacterium *Macrococcus caseolyticus* subsp *caseolyticus*. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1533, 2020.

MNIF, S., JARDAK, M., YAICH, A., AIFA, S. Enzyme-based strategy to eradicate monospecies *Macrococcus caseolyticus* biofilm contamination in dairy industries. **Internacional Dairy Journal**, v. 100, 104560, 2019.

PARKOUDA, C.; THORSEN, L.; COMPAORÉ, C. S.; NIELSEN, D. S.; TANO-DEBRAH, K.; JENSEN, J. S.; DIAWARA, B.; JAKOBSEN, M. Microorganisms associated with Maari, a Baobab seed fermented product. **International Journal of Food Microbiology**, v. 142, n. 3, p. 292-301, 2010.

RAMOS, G. L. P. A.; VIGODER, H. C.; NASCIMENTO, J. S. Technological Applications of *Macrococcus caseolyticus* and its impact on food safety. ***Current Microbiology*****,** v. 78, n. 1, p. 11-16, 2021.

SCHWENDENER, S.; COTTING, K.; & PERRETEN, V. Novel methicillin resistance gene *mecD* in clinical *Macrococcus caseolyticus* strains from bovine and canine sources. **Scientific Report***,* v. 7, p. 43797, 2017.

RANDAZZO, C. L.; TORRIANI, S.; AKKERMANS, A. D.; DE VOS, W. M.; VAUGHAN, E. E. Diversity, dynamics, and activity of bacterial communities during production of an artisanal Sicilian cheese as evaluated by 16S rRNA analysis. **Applied Environmental Microbiology**, v. 68, p.1882–1892, 2002.

RESENDE, J. A.; FONTES, C. O.; FERREIRA-MACHADO, A. B.; NASCIMENTO, T. C.; SILVA, V. L.; DINIZ, C. G. Antimicrobial-resistance genetic markers in potentially pathogenic Gram-positive cocci isolated from Brazilian soft cheese. **Journal of Food Science**, v. 83, n.2, p. 377-385, 2018.

TSHIPAMBA, M. E.; LUBANZA, N.; ADETUNJI, M. C.; MWANZA, M. Molecular characterization and antibiotic resistance of foodborne pathogens in street-vended ready-to-eat meat sold in South Africa*.* **Journal of Food Protection***,* v. 81, n.12, p. 1963–1972, 2018.

ZHONG, Z.; HOU, Q.; KWOK, L.; YU, Z.; ZHENG, Y.; SUN, Z.; MENGHE, B.; ZHANG, B. Bacterial microbiota compositions of naturally fermented milk are shaped by both geographic origin and sample type. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 7832-7841, 2016.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

A READEQUAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE MANIPULAÇÃO EM UM SERVIÇO DE ALIMENTAÇÃO EM GRAVATAÍ-RS NO CONTEXTO DA COVID-19

THE READJUSTMENT OF GOOD HANDLING PRACTICES IN A FOOD SERVICE IN GRAVATAÍ-RS IN THE CONTEXT OF COVID-19

ANTELO, Francine[1]*; SOARES, Kéllen S.[2]

[1]Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos/Universidade Federal do Rio Grande-FURG; [2]Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos/Universidade Federal do Rio Grande-FURG. *Contato: francine.antelo@furg.br

RESUMO

Desde março de 2020, quando a Organização Mundial da Saúde declarou oficialmente a pandemia ocasionada pelo novo coronavírus, a COVID-19 (*Coronavirus Disease*), foi necessário instituir uma série de medidas e mudanças comportamentais para buscar conter a circulação do coronavírus 2 que ocasiona a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS-CoV-2). Mediante as orientações e normas sanitárias que visam mitigar a proliferação desse coronavírus, tornou-se imprescindível readaptar as rotinas nos serviços de alimentação de forma a garantir a segurança dos alimentos, dos colaboradores e dos consumidores. Ainda que a COVID-19 não seja transmitida por alimentos, os cuidados com a higiene pessoal, ambiental assim como o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e o distanciamento social são fundamentais na prevenção da disseminação da doença. Desta forma, esse trabalho teve como objetivo verificar a readequação das Boas Práticas de Manipulação em um serviço de alimentação localizado na cidade de Gravataí - RS no contexto da pandemia da COVID-19. Para tanto, foi aplicado um questionário online com 14 questões a uma amostra que compreendeu nove colaboradores, incluindo o responsável técnico do serviço de alimentação. A partir das respostas obtidas foi possível verificar que algumas condutas essenciais para conter a transmissão da COVID-19 ainda não foram absorvidas completamente à rotina do estabelecimento. Sendo assim, se mostra necessária uma supervisão mais atenta e colaborativa nas práticas rotineiras desenvolvidas na empresa, sobretudo no cenário pandêmico assim como a intensificação de treinamentos periódicos que evidenciem a importância do cumprimento nas normas preconizadas pelos órgãos sanitários e de saúde.

Palavras-chave: Pandemia, segurança de alimentos, higiene, qualidade.

ABSTRACT

Since March 2020, when the World Health Organization officially declared the pandemic caused by the new coronavirus, COVID-19 (Coronavirus Disease), it was necessary to institute a series of measures and behavioral changes to try to contain the circulation of the coronavirus 2 that causes the Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS-CoV-2). Through the guidelines and sanitary standards that aim to mitigate the proliferation of this coronavirus, it became essential to readjust the routines in food services in order to ensure the safety of food, employees and consumers. Even though COVID-19 is not transmitted by food, care with personal and environmental hygiene, as well as the use of

PPE and social distance are fundamental in preventing the spread of the disease. Thus, this work aimed to verify the readjustment of Good Handling Practices in a food service located in the city of Gravataí - RS in the context of the COVID-19 pandemic. For this purpose, an online questionnaire with 14 questions was applied to a sample comprising nine employees, including the technical manager of the food service. From the responses obtained, it was possible to verify that some essential conducts to contain the transmission of COVID-19 have not yet been fully absorbed into the establishment's routine. Therefore, it is necessary a more attentive and collaborative supervision in the routine practices developed in the company, especially in the pandemic scenario, as well as the intensification of periodic training that highlights the importance of complying with the standards recommended by health agencies.

Keywords: Pandemic, food safety, hygiene, quality.

INTRODUÇÃO

Desde que a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a existência de uma pandemia associada ao novo coronavírus SARS-CoV-2 (Síndrome Respiratória Aguda Severa Coronavírus 2) no dia 11 de março de 2020, o mundo tem passado por severas mudanças em virtude da situação emergencial de saúde (Lima et al., 2020). O SARS-CoV-2 causa graves dificuldades respiratórias, podendo levar à síndrome respiratória aguda grave e causar a morte (Nogueira e Dilva, 2020).

A COVID-19 (*CoronaVIrus Disease*), doença causada pelo SARS-CoV-2, se propaga rápida e facilmente entre as pessoas pela proximidade ou pelo compartilhamento de ambientes e objetos e, para contê-la, o isolamento social e rigorosas medidas de higiene estão sendo necessárias desde então (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2020).

No que diz respeito à higiene, as Boas Práticas estão diretamente relacionadas ao controle de contaminação, sobretudo no ambiente de produção de alimentos. As Boas Práticas de Fabricação (BPF), ou de Manipulação (BPM) quando no âmbito dos serviços de alimentação, são normas que devem ser adotadas pelo setor afim de garantir a qualidade higiênico-sanitária e a conformidade dos alimentos com a legislação sanitária vigente e suas diretrizes podem ser empregadas também para a prevenção da COVID-19 (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2020).

Dados os desafios impostos pela COVID-19, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) publicou a NT nº 48/2020, Nota Técnica com orientações para a produção e manipulação seguras de alimentos durante a pandemia (Brasil, 2020 b). As NT n° 47/2020 e NT n° 49/2020 (Anvisa) contribuem ainda com orientações ao setor sobre o uso de luvas e máscaras nos estabelecimentos assim como com recomendações para os serviços de alimentação com atendimento ao cliente, nessa ordem (Brasil, 2020 a; Brasil, 2020 c). Com isso, buscou fornecer informações corretas sobre o assunto à população e minimizar os riscos de contágio pelo novo coronavírus, seja entre os colaboradores ou entre os colaboradores e os consumidores. A Anvisa, em conjunto com a OMS, a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação

e a Agricultura) e autoridades estrangeiras relacionadas ao controle sanitário de alimentos, advertem não haver evidências de contaminação pelo novo coronavírus por meio de alimentos (Brasil, 2020 b). Ainda que o vírus precise de um hospedeiro vivo para reprodução, um controle rigoroso da cadeia de produção, comercialização e distribuição de alimentos continua sendo imprescindível para o controle da sua transmissão. Assim, a indústria de alimentos e setores relacionados, precisaram responder às rápidas mudanças para a oferta de produtos e serviços (Lima et al., 2020).

Dado que toda a cadeia de alimentos, da produção até a entrega ao consumidor, é considerada uma atividade essencial conforme descreve o inciso XII, art. 3º, do Decreto nº 10.282/2020, que regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, é imprescindível que sejam adaptadas, implementadas e reforçadas as medidas que evitem a disseminação do vírus (Brasil, 2020 d).

Nesse contexto, esse trabalho se propôs a verificar a readequação das Boas Práticas de Manipulação em um serviço de alimentação localizado na cidade de Gravataí - RS no contexto da pandemia da COVID-19.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no restaurante que atende a uma empresa do setor de metalurgia situada na cidade de Gravataí, estado do Rio Grande do Sul. Esse serviço de alimentação serve 1050 refeições/dia e seus colaboradores são parte de uma grande equipe que contempla cerca de 16000 colaboradores no país, vinculada a uma empresa cujo foco são os restaurantes corporativos que atende cerca de 1250 estabelecimentos desse tipo.

Para alcançar os objetivos propostos, a abordagem qualitativa foi utilizada contemplando duas fases: a coleta de informações e o tratamento dos dados. Primeiramente, um formulário online confeccionado através da ferramenta virtual *Google Forms* foi aplicado a uma amostra de 9 colaboradores desse serviço de alimentação (total de colaboradores da unidade: 20), incluindo o responsável técnico, sem nenhuma identificação além da função desempenhada pelo inquerido. Cada formulário continha 14 questões que abordaram as condutas relacionadas às Boas Práticas de Manipulação no que diz respeito ao cenário pandêmico. Para cada questão, foram disponibilizadas múltiplas escolhas para as respostas, fundamentadas cientificamente nas recomendações fornecidas pelos órgãos de saúde nacionais e internacionais. Um link eletrônico foi enviado para que os formulários pudessem ser acessados. Os questionários ficaram disponíveis à equipe entre os dias 12 e 13 de maio de 2021.

Os dados obtidos foram então processados e quantificados separadamente para cada uma das questões propostas, resumindo o conjunto de respostas em forma de gráficos de colunas em valores percentuais. O parâmetro de avaliação considerado foi entre 95 e 100% de respondentes por alternativa proposta.

DESENVOLVIMENTO

Dos nove questionários disponibilizados, oito deles foram preenchidos com todas as informações questionadas. No Quadro 01, estão listadas as 14 questões disponibilizadas no formulário.

De acordo com as informações preenchidas, além do responsável técnico nutricionista, houve a participação de colaboradores que desempenham as seguintes funções: supervisor de operações, técnico em nutrição, chefia de cozinha, cozinheiro, oficial de cozinha, auxiliar de cozinha e estoquista.

De acordo com a Figura 01 (a), "informar a empresa" foi a orientação, em caso de suspeita de COVID-19, que 66,7% dos nove colaboradores apontaram. Na sequência, "afastamento do trabalho" e "procurar atendimento médico" foram assinaladas por 55,6% e 44,4% dos participantes, nessa ordem. Com base nessa amostragem, que a empresa orientou de alguma forma seus funcionários em relação ao cenário atual de pandemia, ainda que nenhuma das respostas tenha alcançado percentuais entre 95 e 100%.

Segundo a Anvisa, através da NT n° 48/2020, os trabalhadores da área de alimentação devem ser orientados a comunicar imediatamente a ocorrência de sintomas compatíveis com a COVID-19, prioritariamente antes de ingressar no ambiente de trabalho. Para tanto, é imprescindível que as empresas capacitem seu quadro funcional de maneira a tornar o colaborador capaz de reconhecer os sintomas da doença precocemente, procurar os devidos cuidados médicos, auto notificar a sua situação e afastar-se do trabalho por iniciativa própria, minimizando o risco de contaminar os seus colegas (Brasil 2020 b).

Quadro 01: Questões que compuseram o formulário eletrônico aplicado.

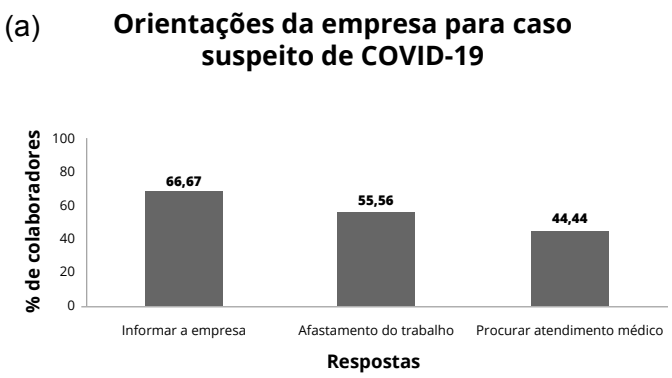
Cargo/função desempenhada na empresa:
Q1. Quais orientações da empresa para caso de suspeita de COVID-19?
Q2. Houve treinamento de Boas Práticas de Manipulação diante da pandemia de COVID-19?
Q3. Quais medidas de higiene a empresa está seguindo para controle de doenças transmitidas por alimentos (DTA) e de transmissão de COVID-19?
Q4. Quanto a higienização das mãos, quais são as orientações de quando deve ocorrer?
Q5. Quais foram as alterações no fluxo de clientes do restaurante?
Q6. Como está sendo controlado o distanciamento entre as mesas?
Q7. Como está sendo feita a triagem na entrada dos clientes no restaurante? E na entrada dos funcionários?
Q8. Como está sendo controlado o distanciamento entre os colaboradores?
Q9. Quais as condutas requeridas para os fornecedores de matérias-primas e/ou embalagens?
Q10. Houve caso positivo para COVID-19 entre os funcionários?
Q11. E houve transmissão de COVID-19 entre os funcionários?
Q12. Gostaria de acrescentar algum comentário não relatado no questionário sobre as Boas Práticas de Manipulação no controle e combate à pandemia de COVID-19?

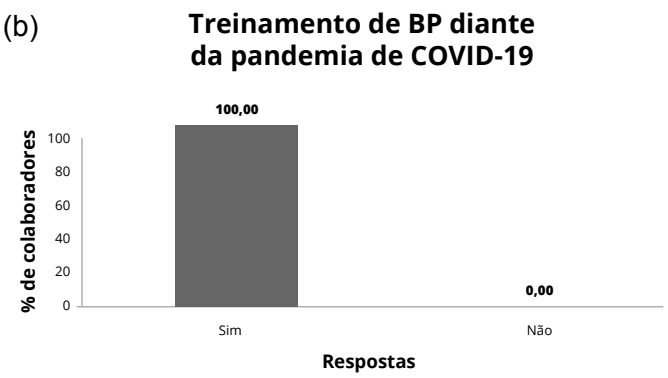
Q13. Houve alguma alteração no Manual de Boas Práticas da empresa após a pandemia? (Exclusiva para o responsável técnico)
Q14. O que foi mudado no Manual de Boas Práticas? (Exclusiva para o responsável técnico)

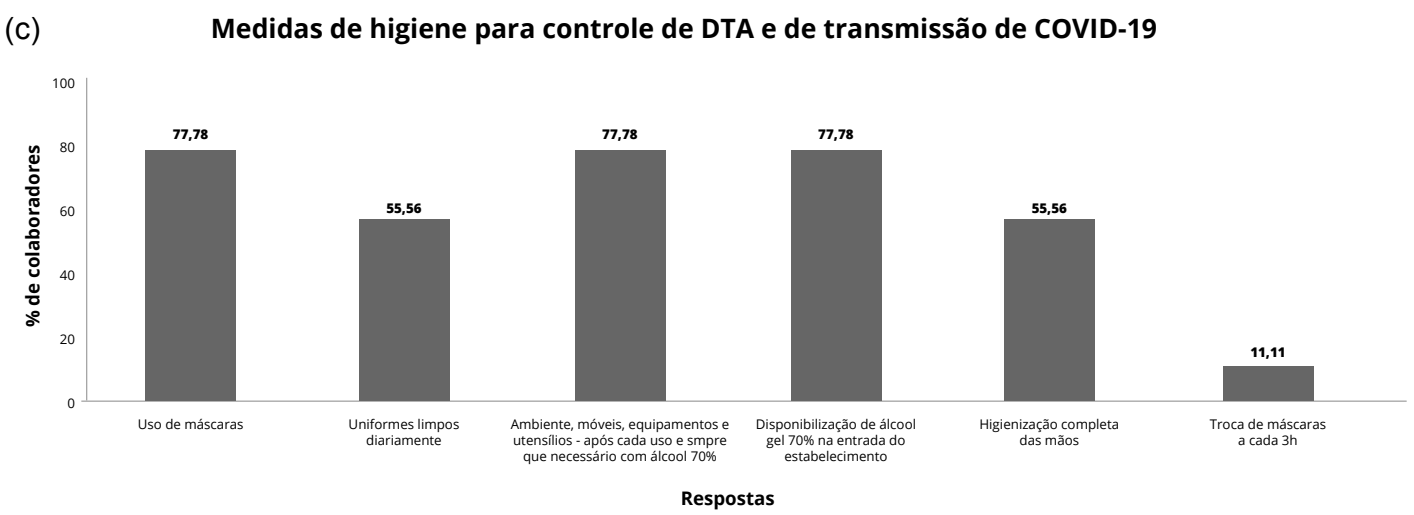
Fonte: Própria (2021).

Nesse sentido, a Figura 01 (b) identifica que os colaboradores receberam treinamento em relação às Boas Práticas, conforme preconiza a agência sanitária e os órgãos de saúde. A capacitação na forma de treinamento não significa somente promover qualidade e segurança higiênico-sanitária, mas também o aprimoramento do processamento e das técnicas já utilizadas (Saccol et al., 2006).

No que se refere às medidas de higiene para o controle de doenças transmitidas por alimentos (DTA) e da transmissão de COVID-19 (Figura 01 (c)), das seis possibilidades de resposta oferecidas, três foram assinaladas por 77,8% dos participantes: o "uso de máscaras", a "higienização do ambiente" e a "disponibilização de álcool em gel na entrada". As alternativas sobre limpeza dos uniformes e higienização das mãos foram respondidas por 55,6% dos inquiridos. Nas questões que dispunham de múltiplas alternativas como resposta, foi disponibilizado o espaço "outros", para que o colaborador pudesse complementar com alguma colocação que considerasse pertinente e que não estivesse dentre as opções oferecidas. Nesse espaço, apenas um participante (11,1%) fez a seguinte adição: "troca de máscara a cada três horas" como outra medida de higiene seguida pela empresa para controle da transmissão da COVID-19. A NT n° 47/2020 da Anvisa recomenda a troca de máscaras de proteção sempre que estiver úmida ou suja, não ultrapassando o tempo de uso por mais de 2 a 3 horas (Brasil, 2020 a).







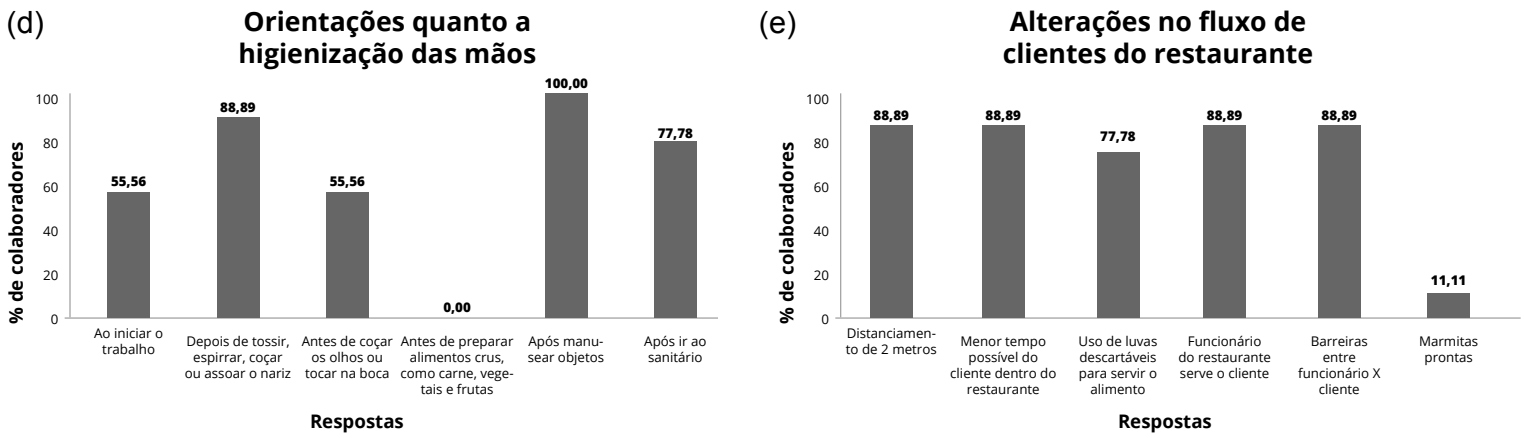


Figura 01: Resultados percentuais das respostas obtidas nas questões (a) 1, (b) 2, (c) 3, (d), 4 e (e) 5, expostas no Quadro 01.

Fonte: Própria (2021).

Cabe ressaltar que os serviçoes de alimentação não podem deixar de cumprir com os requisitos de Boas Práticas de Manipulação de alimentos conforme estabelece a RDC nº 216/2004, da Anvisa, no sentido de manter a produção segura em relação às DTA (Brasil, 2004), paralelamento ao cumprimento das medidas higiênico-sanitárias recomendadas para a contenção da disseminação da COVID-19.

A higienização (limpeza e sanitização) das mãos não é uma medida de Boas Práticas exclusiva ao cenário pandêmico. A RDC n° 275/2002 e a RDC n° 216/2004, ambas da Anvisa, assim como a Portaria n° 78/2009, da Secretaria Estadual de Saúde do Estado do Rio Grande do Sul, já estabeleceram a mais de uma década esse procedimento como uma das regras básicas higiênico-sanitárias contempladas pelas BPF/BPM para garantir a segurança dos alimentos (Brasil, 2002; Brasil 2004; Rio Grande do Sul, 2009). Segundo a Figura 01 (d), apenas uma das cinco possibilidades de respostas para a questão 4, foi respondida por 100% dos participantes: “manusear celular, dinheiro, lixo, chaves, maçanetas”. Na sequência, 88,9% responderam “depois de tossir, espirrar, coçar ou assoar o nariz”, 77,8% marcaram a opção “após ir ao sanitário” e 66,7% marcaram “ao iniciar o trabalho” assim como “antes de coçar os olhos ou tocar na boca”.

A NT nº 49/2020, da Anvisa, enfatiza que é imprescindível que os colaboradores sejam corretamente treinados e orientados a realizar a lavagem das mãos frequentemente e sempre que necessário, enquanto que a NT nº 47/2020 reforça o uso de máscara associado à medidas e cuidados de higiene, principalmente das mãos, são importentes na garantia da segurança do colaborador (Brasil 2020 a, c). Nesse sentido, seria indispensável que todas as alternativas fossem assinaladas por no mínimo mais de 95% dos colaboradores e demonstra a importância e necessidade de uma supervisão ainda mais atenta na aplicação correta das informações repassadas nos treinamentos, seguindo as orientações dos órgãos de saúde.

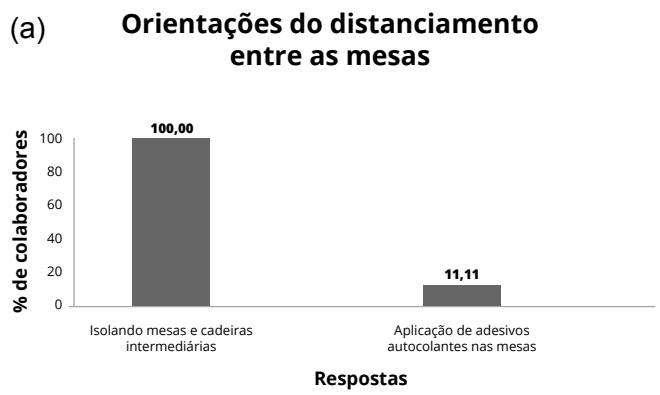
Das seis alternativas oferecidas como respostas à questão 5, as quatro que obtiveram maior percentual de escolha (88,9%) em relação às mudanças no fluxo de clientes no estabelecimento, foram o “distanciamento de no mínimo 2 metros”, “menor tempo possível do cliente dentro do restaurante”, “funcionário do restaurante serve o cliente” e “barreiras entre

funcionário e cliente". Sete colaboradores (77,8%) selecionaram a opção "uso de luvas descartáveis" e apenas um optou pela resposta "marmitas prontas" (Figura 01 (e)). A Associação Nacional de Restaurantes (ANR), dentre outras medidas, ressalta a importância dos fatores propostos como respostas para a mitigação dos riscos de contaminação por COVID-19 (Associação Nacional de Restaurantes, 2020) e, diante dos percentuais obtidos, não ficou claro se o restaurante cumpre exatamente com todas as normas orientadas.

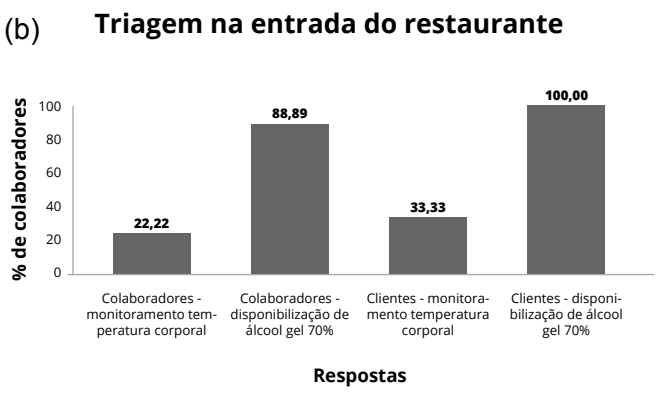
Segundo a Figura 02 (a), 100% dos participantes assinalaram que o controle de distanciamento dentro do espaço está sendo feito "isolando mesas e cadeiras intermediárias" e um deles (11,1%) complementou com "aplicação de adesivo autocolante nas mesas". Isso corrobora com as orientações da ANR sobre os distanciamentos necessários: mínimo de 1 m entre as cadeiras de clientes e 2 m entre as mesas e sugestão de remoção de algumas mesas ou algumas de suas cadeiras (Associação Nacional de Restaurantes, 2020).

A Figura 02 (b) demonstra que a "disponibilização de álcool gel 70%" foi selecionada por 100% dos participantes enquanto que o "monitoramento da temperatura corporal" foi assinalado 33,3% como medidas relacionadas à triagem na entrada dos clientes no restaurante. Já no que se refere à entrada dos funcionários, os percentuais foram 88,9 e 22,2%, na mesma ordem. Sendo assim, o estabelecimento vem cumprindo o que preconizam os órgãos de saúde: a disponibilização de álcool gel 70%. De acordo com o Conselho Federal de Química (CFQ), o grau alcoólico de 70% propicia a desnaturação de proteínas e de estruturas lipídicas da membrana celular, e a consequente destruição do microrganismo (Conselho Federal de Química, 2021). Em relação à medição da temperatura corporal, segundo Moreno e Menna -Barreto (2020), a febre é um dos sintomas da COVID-19, mas não o único. Contudo sua aferição contribui para a redução do contágio desde que realizada adequadamente e, em caso de febre, sugere-se procurar um serviço de saúde para avaliação.

(a)



(b)



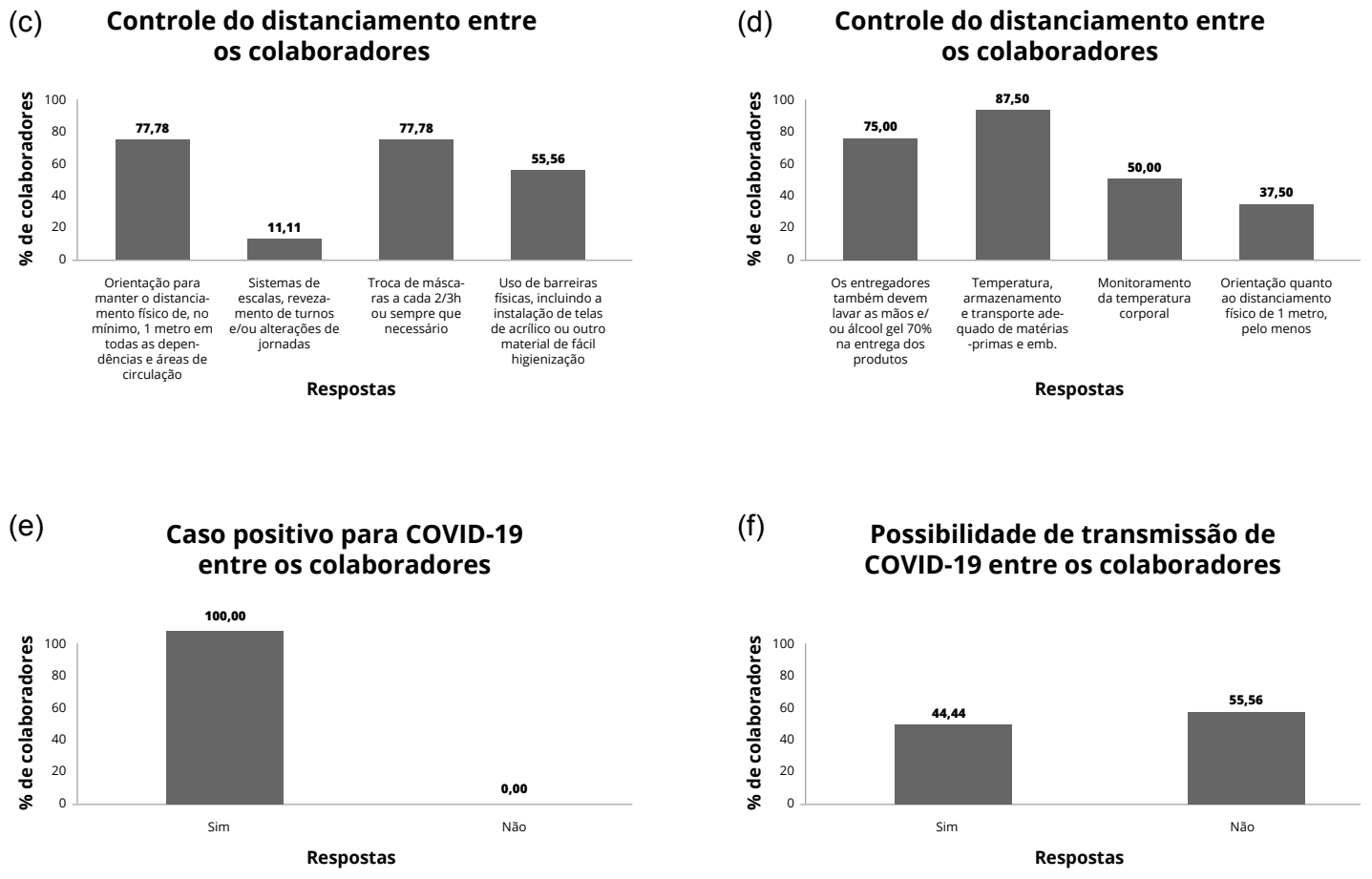


Figura 02: Resultados percentuais das respostas obtidas nas questões (a) 6, (b) 7, (c) 8, (d), 9, (e) 10 e (f) 11, expostas no Quadro 01.

Fonte: Própria (2021).

Quando questionados sobre o como está sendo feito o controle de distanciamento entre os colaboradores (Figura 01 (c)), a “orientação para manter distanciamento físico” e a “troca de máscaras” foram assinaladas por 77,8% dos participantes, enquanto que 55,6% marcaram o “uso de barreiras físicas” e apenas 11,1% (um participante) selecionou “sistema de escalas, revezamento de turnos e/ou alterações de jornadas”.

A Anvisa assim como o Decreto nº 55.154/2020, do governo do estado do Rio Grande do Sul orientam essas práticas para evitar propagação da COVID-19 em serviços de alimentação (Rio Grande do Sul, 2020): que os funcionários usem máscaras e que sejam trocadas adequadamente, que as empresas adotem sistemas de escalas, revezamento de turnos e alterações de jornadas, para reduzir fluxos, contatos e aglomerações de seus funcionários, além de manter distanciamento de 1 m no mínimo entre os colegas de trabalho. Complementando, a OMS (Organização Mundial da Saúde, 2021) diz que o distanciamento social é uma das medidas mais importantes e eficazes para reduzir o avanço da pandemia da covid-19. Portanto, o uso de máscaras e o distanciamento físico, medidas essenciais à contenção da COVID-19 deveriam ter sido assinalados por todos passados mais de 12 meses de pandemia, mostrando uma inadequação na conduta da empresa uma vez que não atingiu os 100% esperado.

A questão 9 foi respondida por 8 dos 9 participantes. Conforme expõe a Figura 02 (d), os percentuais registrados para as quatro alternativas sugeridas foram bastante variados: 87,5% selecionaram “os alimentos devem ser mantidos nas temperaturas adequadas...”, 75%

marcaram que “os entregadores devem lavar as mãos e/ou álcool gel 70%”, 50% selecionaram “monitoramento da temperatura corporal” e 37,5% marcaram a “orientação de distanciamento físico” no que diz respeito às condutas requeridas por parte dos fornecedores no contexto da pandemia. Chama a atenção o baixo percentual na alternativa referente ao distanciamento físico tendo em vista que esta é uma das ações mais importantes no combate à pandemia.

Em contrapartida, o mais alto percentual relaciona-se às condições adequadas de recebimento de matéria-prima e embalagens, uma etapa de extrema relevância para produção do alimento, uma vez que se esse processo não for realizado dentro dos procedimentos corretos, comprometerá as demais etapas e consequentemente a qualidade dos alimentos (Silva e Cardoso, 2011). Apesar da relevância irrefutável desta prática no âmbito das BPF, no contexto da pandemia, foco dessa pesquisa, o distanciamento social colaborador-fornecedor é tão importante quanto, uma vez que é uma das principais medidas no combate à disseminação do coronavirus estabelecida desde o início da pandemia. No recebimento de insumos esta ação é da mesma forma importante e precisa ser comunicada de forma efetiva entre os colaboradores e entregadores de modo que se torne um hábito nas interações diárias.

Uma vez destacado que medidas básicas relacionadas, por exemplo, à lavagem das mãos, manter distanciamento mínimo, não foram assinaladas por 100% do grupo participante da pesquisa, era esperado que em algum momento tenha havido (ou ainda possa acontecer) casos positivos para COVID-19. De acordo com a Figura 02 (e), 100% dos colaboradores estavam cientes de que houveram contaminados pelo coronavírus. Contudo, quanto à possibilidade de transmissão do vírus entre os colaboradores houve divergência nas respostas (Figura 02 (f)), pois 55,6% responderam “não” enquanto que 44,4%, “sim”, que houve transmissão do novo coronavírus entre os funcionários. Pontuar que um colaborador foi contaminado no seu ambiente de trabalho é muito complexo, uma vez que o vírus pode ser transmitido durante o trajeto residência-empresa-residência, através do transporte público, em atividades que possam ter sido realizadas nos momentos de lazer. Mas dada a análise dos dados gerais, é possível que o ambiente tenha propiciado a contaminação entre colaboradores tendo em vista que não houve ainda a absorção plena de todas as medidas necessárias para evitar o contágio.

A questão 12 permitiu que fossem citadas outras medidas que não as disponibilizadas, relacionadas às Boas Práticas de Manipulação, sobretudo no controle e combate à pandemia de COVID-19: alteração e simplificação do cardápio, retirada da ilha de temperos, retirada do café na saída do restaurante, talheres e guardanapos para a refeição embalados individualmente, diálogo diário para falar sobre a COVID-19 - das 8:30 às 9:00 horas e treinamento periódico de como lavar corretamente as mãos. Essas condutas demonstram que a empresa dá a devida importância às medidas para evitar a propagação do vírus, como por exemplo eliminando pontos de contato multipessoal.

Por fim, nas questões 13 e 14, direcionadas exclusivamente ao responsável técnico (RT), foi descrito que houve alteração no Manual de Boas Práticas do estabelecimento após o estabelecimento da pandemia de COVID-19, informando, na que foi criado um novo Procedimento Operacional Padronizado (POP). Esse POP seria específico para o enfretamento da pandemia, garantindo a proteção e saúde dos clientes e colaboradores dos restaurantes. O nutricionista, reconhecido como o RT, é o profissional requerido para tomar decisões e liderar a equipe de produção das refeições (Aranha et al., 2020). É o RT quem deve garantir o cumprimento da legislação vigente, a segurança dos alimentos, dos colaboradores bem como o bem-estar da população (Furtado et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O panorama geral estabelecido após a aplicação desse questionário contribuiu para a verificação, mesmo que com base em uma amostra, da realidade diária de um serviço de alimentação no cenário pandêmico. É indiscutível que houve promoção de mudanças na rotina de trabalho no estabelecimento em virtude das notas técnicas e decretos publicados mas ainda assim algumas condutas não foram incorporadas da forma com que seria esperado após mais de um ano da pandemia mundial. Qualquer alteração ou implementação de procedimentos invariavelmente sobrecarrega toda uma equipe, sobretudo o RT, e com as mudanças necessárias para adaptar as práticas durante a pandemia do novo coronavírus, não seria diferente. Entretanto, é fundamental compreender o papel dos serviços de alimentação no combate à disseminação da COVID-19. Compartilhar a carga de repassar as informações necessárias à conduta adequada pode ser uma alternativa efetiva para transmissão de orientações. Designar um colaborador diferente a cada dia para esse auxílio propicia, além do fortalecimento do trabalho em equipe, a redução do desgaste de um único profissional.

Diante da necessidade da orientação e treino constantes da equipe, uma ferramenta que também pode contribuir para a pronta resposta necessária seria o Diálogo Diário de Segurança (DDS), com reuniões de alinhamento diárias para reforçar as diretrizes publicadas pelos órgãos sanitários e de saúde aos colaboradores. Além disso, é essencial o monitoramento efetivo da realização dessas orientações repassadas.

Higiene e saúde sempre foram pontos de cruciais para o setor de setor de alimentação e evitar contaminação sempre foram práticas cotidianas. Mas hoje, nesse momento, é preciso redobrar os cuidados não só no que diz respeito ao ambiente como também nas relações entre as pessoas: entre os colaboradores, entre os colaboradores e os clientes e, da mesma forma, entre os próprios clientes dentro do estabelecimento. O cenário pandêmico é complexo e dinâmico e a atualização e acompanhamento das práticas orientadas são cruciais na redução e eliminação dos riscos de contaminação pela COVID-19.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE RESTAURANTES - ANR. Protocolo de Procedimentos de Boas Práticas das Operações para Restaurantes, Bares e Lanchonetes Pós-Covid-19. 2021. Disponível em: **<https://www.anrbrasil.org.br/new/boaspraticas/ProtocolodeBoasPraticas.pdf.**

ARANHA, F. Q.; MIANO, A. C.; ROSA, C. S. da C; SANTOS, C. H. E. de S.; SMITH, J. B.; OLIVEIRA, M. C. D.; DIANGIÓ, T. D.; BELIN, M. A. F. Mudanças no serviço de alimentação coletiva devido a pandemia de COVID-19. **Revista de Alimentação e Cultura das Américas**, v. 2, p. 252-267, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre regulamento técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação de Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos** (RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre regulamento técnico de Boas Práticas para serviços de alimentação** (RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Uso de luvas e máscaras em estabelecimentos da área de alimentos no contexto do enfrentamento ao COVID-19** (Nota Técnica n° 47 de 03 de junho de 2020). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Documento orientativo para produção segura de alimentos durante a pandemia de Covid-19** (Nota Técnica nº 48 de 05 de junho de 2020). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Orientações para os serviços de alimentação com atendimento direto ao cliente durante a pandemia de Covid-19** (Nota Técnica nº 49 de 02 de junho de 2020). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2020.

BRASIL. **Regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, para definir os serviços públicos e as atividades essenciais; regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020** (Decreto nº 10.282, de 20 de março de 2020). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2020.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências** (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2010.

CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA - CFQ. Nota Oficial Esclarecimentos sobre álcool gel caseiro, limpeza de eletrônicos e outros. 2020. Disponível em: **<http://cfq.org.br/noticia/nota-oficial-esclarecimentos-sobre-alcool-gel-caseiro-higienizacao-de-eletronicos-e-outros/>.**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Guia básico de higiene doméstica para a prevenção da Covid-19 e outras doenças. 2021. Disponível em: **<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124525/guia-basico-de-higiene-domestica-para-a-prevencao-da-covid-19-e-outras-doencas>.**

FURTADO, C. R.; SILVA, L. O.; BERTANI, J. P. B.; FASSINA, P. Avaliação do resto ingesta durante campanha contra o desperdício de alimentos em duas unidades de alimentaçao e nutrição do Vale do Taquari – RS. **South American Jounal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, p. 81-94, 2019.

LIMA S. K. R.; PINHO, L. X.; SILVA, M. G. de O.; LIMA, E. da C. Impactos da COVID-19 no controle higiênico-sanitário no setor alimentício. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 53414-53442, 2020.

MORENO, C. R. C.; MENNA-BARRETO, L. A temperatura corporal na pandemia: medir ou não medir? Jornal da USP. 2020. Disponível em: **<https://jornal.usp.br/artigos/a-temperatura-corporal-na-pandemia-medir-ou-nao-medir/>**.

NOGUEIRA, J. V. D; SILVA, C. M. Conhecendo a origem do sars-cov-2 (covid-19). **Revista Saúde e Meio Ambiente.** v. 11, p. 115-124, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. Folha informativa sobre COVID-19. 2021. Disponível em: **<https://www.paho.org/pt/covid19>**.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Saúde do estado do Rio Grande do Sul. **Aprova a Lista de Verificação em Boas Práticas para Serviços de Alimentação, aprova Normas para Cursos de Capacitação em Boas Práticas para Serviços de Alimentação e dá outras providências** (Portaria n° 78/2009, de 30 de janeiro de 2009). Diário Oficial do Rio Grande do Sul, 2009.

RIO GRANDE DO SUL. **Reitera a declaração de estado de calamidade pública em todo o território do Estado do Rio Grande do Sul para fins de prevenção e de enfrentamento à epidemia causada pelo COVID-19 (novo Coronavírus), e dá outras providências** (Decreto nº 55.154, de 1º de abril de 2020). Diário Oficial do Rio Grande do Sul, 2020.

SACCOL A. L. F.; RUBIM, B. A.; MESQUITA, M. O.; WELTER, L. Importância de Treinamento de Manipuladores em Boas Práticas. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 7, p. 91-99, 2006.

SILVA, V. B.; CARDOSO, R. C. V. Controle da qualidade higiênico-sanitária na recepção e no armazenamento de alimentos: um estudo em escolas públicas municipais de Salvador, Bahia. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, p. 43-57, 2011.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

ADIÇÃO DE PREBIÓTICOS EM PRODUTOS LÁCTEOS: UMA VISÃO GERAL SOBRE BENEFÍCIOS À SAÚDE, ASPECTOS TECNOLÓGICOS E SENSORIAIS

PREBIOTICS ADDITION IN DAIRY PRODUCTS: AN OVERVIEW OF HEALTH BENEFITS, TECHNOLOGICAL AND SENSORY ASPECTS

ROSA, Mariana C.[1]*; CARMO, Matheus R. S.[1]; ESMERINO, Erick A.[2]; SILVA, Marcia C.[1]; PIMENTEL, Tatiana C.[3]; CRUZ, Adriano G.[1]

[1]Departamento de Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ); [2]Faculdade de Veterinária/Universidade Federal Fluminense (UFF); [3]Campus Paranavaí/Instituto Federal do Paraná (IFPR)
*Contato: marianaacabral@gmail.com

RESUMO

Esta revisão apresenta os aspectos gerais dos componentes prebióticos e resume os benefícios para a saúde associados ao consumo de laticínios com prebióticos, bem como o impacto de sua adição nos parâmetros de qualidade dos produtos. O consumo de produtos lácteos com prebióticos foi associado a propriedades antidiabéticas e anti-hipertensivas, além de melhorias no perfil lipídico do sangue, imunidade e saúde intestinal. Os componentes prebióticos podem ser usados como substitutos de gordura em produtos lácteos, resultando em produtos sem gordura com propriedades reológicas, físico-químicas e sensoriais semelhantes às dos produtos com gordura total. O efeito da adição de prebióticos nas propriedades tecnológicas dos laticínios foi dependente da matriz alimentar, tipo de prebiótico e concentração de prebióticos, no entanto, melhorias nas propriedades de qualidade foram observadas para sorvetes, queijos, iogurtes, bebidas de soro de leite, queijos processados, e sobremesa láctea. Mais estudos com ensaios clínicos são necessários para comprovar os efeitos na saúde.

Palavras-chave: Prebióticos, laticínios, tecnologia, saúde, microbiota.

ABSTRACT

This review presents the general aspects of prebiotic components and summarises the health benefits associated with the consumption of dairy products with prebiotics, as well as the impact of their addition on the quality parameters of the products. The consumption of dairy products with prebiotics was associated with anti-diabetic and anti-hypertensive properties, and improvements in the blood lipid profile, immunity, and intestinal health. The prebiotic components could be used as fat replacers in dairy products, resulting in non-fat products with rheological, physicochemical, and sensory properties similar to the full-fat products. The effect of prebiotic addition on the technological properties of the dairy products was dependent on the food matrix, prebiotic type, and prebiotic concentration, however, improvements in the quality properties were observed for ice creams, cheeses, yoghurts, whey beverages, processed cheese, and dairy dessert. More studies with clinical trials are needed to prove the health effects.

Keywords: Prebiotics, dairy, technology, health, microbiota.

INTRODUÇÃO

Atualmente, é consenso que a alimentação e o estilo de vida desempenham papéis importantes na saúde da população, sendo a alimentação o principal fator responsável por alterar a microbiota intestinal, o que auxilia na manutenção da homeostase dos processos fisiológicos e na prevenção de doenças. Portanto, há um interesse crescente em intervenções que possam regular a microbiota e suas interações com o hospedeiro. Nesse sentido, os prebióticos representam uma das substâncias mais utilizadas para estabelecer uma microbiota saudável ou restaurá-la quando seu equilíbrio é afetado (Farias et al., 2019)

Prebiótico é um substrato utilizado seletivamente por microrganismos hospedeiros que conferem benefício à saúde (Gibson et al., 2017). Esse conceito abrange todas as bactérias promotoras de saúde que respondem aos prebióticos não apenas no intestino grosso, mas também em todo o trato gastrointestinal, que compreende da cavidade oral ao reto, o trato urogenital e a pele (Scott et al., 2020).

Os prebióticos têm sido estudados e utilizados como ingredientes no desenvolvimento de alimentos funcionais (Neri-Numa et al., 2020). O mercado global de prebióticos foi avaliado em US $ 4,95 bilhões em 2020 e deve ultrapassar US $ 9,5 bilhões em 2027. Os produtos lácteos, tais como iogurtes, leites fermentados, queijos e sorvetes, estão entre os mais estudados como veículos de componentes prebióticos (Pop et al., 2019). O mercado de prebióticos em produtos lácteos foi avaliado em mais de US $ 3,5 bilhões em 2020.

O consumo de produtos lácteos com prebióticos foi associado a alguns efeitos à saúde, como propriedades antidiabéticas e anti-hipertensivas, melhorias no metabolismo de lipídios, na imunidade e na saúde intestinal (Souza et al., 2019). Além disso, a utilização de componentes prebióticos em laticínios pode impactar positivamente nas características físico-químicas, reológicas e sensoriais, sendo os efeitos dependentes da matriz alimentar, tipo de prebiótico e concentração de prebióticos (Da Silva et al., 2020). Sendo assim, esta revisão apresenta uma visão geral acerca dos componentes prebióticos e resume os benefícios para a saúde associados ao consumo de laticínios com prebióticos, bem como o impacto de sua adição nos parâmetros de qualidade dos produtos.

METODOLOGIA

Foi feita uma busca bibliográfica nas bases de dados CAPES e Science Direct em 2021, selecionando artigos que abordam a utilização de prebióticos em produtos lácteos e descrevem seus aspectos tecnológicos e sensorias e os benefícios à saúde. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave para realização da busca: “prebiotic”, “dairy”, “technology”, “health”, e “microbiota”. Os artigos utilizados na presente revisão foram publicados entre os anos de 2012 e 2021 para obedecer o critério prévio de seleção de trabalhos recentes.

DESENVOLVIMENTO

Prebióticos: Aspectos gerais

Os prebióticos mais conhecidos e com mais evidências sobre seus efeitos são carboidratos não digeríveis, como os frutanos (frutooligossacarídeos ou FOS e inulina) e os galactanos (galactooligossacarídeos ou GOS) (Gibson et al., 2017). Esses prebióticos são mais disponíveis comercialmente e podem ser obtidos por fontes naturais ou por vias biotecnológicas (Neri-Numa et al., 2020).

FOS e inulina são polissacarídeos estruturais de cadeia linear ou ramificada encontrados como carboidratos de reserva em diversas espécies vegetais, como cebola, alcachofra de Jerusalém, raíz de chicória, batata yacon, entre outros. A inulina é um polímero linear com ligações β (2-1), possui grau de polimerização de 11 a 65 unidades de frutose com glicose terminal (Rolim, 2015). A inulina é obtida comercialmente a partir da raiz de chicória e da alcachofra de Jerusalém (Ashwini et al., 2019). O FOS pertence ao grupo da inulina e pode ser obtido a partir da hidrólise parcial da inulina ou da sacarose pela ação da frutosiltransferase (Fonteles e Rodrigues, 2018). O GOS é composto por um grupo de oligo-galactose com ligações β (1-4) e β (1-6) e com 2 a 10 resíduos de comprimento (Scott et al., 2020), encontrado naturalmente no leite humano. Pode ser produzido a partir da lactose via transgalactosilação, pela atividade da β-galactosidase extraída de diversas fontes, sendo a microbiana a mais utilizada (Ashwini et al., 2019). Além disso, a lactulose, um dissacarídeo composto de frutose e galactose, foi reconhecida como um componente prebiótico, pode ser produzida por isomerização da lactose através do reagrupamento do resíduo de glicose na molécula de frutose (Ruszkowski e Witkowski, 2019).

Outros compostos tem sido estudados quanto ao seu potencial prebiótico, como os oligossacarídeos (xylooligossacarídeo (XOS), isomaltooligossacarídeo (IMO), rafinose (RFO), isomaltulose), os polióis (xilitol, manitol, lactiol), os polissacarídeos não amiláceos (pectinas, β-glucanos e ligninas) e o polissacarídeo amido resistente (Al-Sheraji et al., 2013; FARIAS et al., 2019). A maioria dos prebióticos é baseada em carboidratos, mas evidências recentes apontam outras substâncias com potencial prebiótico, tais como os compostos fenólicos (Neri-Numa et al., 2020), os carotenoides (Yan et al., 2018), os ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) como o ômega 3 e o ômega 6 e vitaminas (como vitamina k e algumas vitaminas do complexo B). Esses compostos bioativos em alimentos funcionais possuem a capacidade de modular a microbiota intestinal, estimulando o crescimento da microbiota comensal benéfica e inibindo a colonização de diferentes patógenos entéricos (Gibson et al., 2017).

A dose do prebiótico depende do tipo de prebiótico utilizado. Vulevic et al. (2013) demonstraram que a ingestão de 5,5 g/dia de GOS induziu alterações na microbiota intestinal. Ferrão et al. (2018) sugeriram que o efeito prebiótico de XOS é alcançado na concentração de 1,4 gramas. Al-Sheraji et al. (2013) relataram que a quantidade necessária de IMO para aumentar os níveis de bactérias probióticas estaria na faixa de 8 a 10 g/dia. No entanto, a dose

do prebiótico depende da matriz alimentar e deve ser avaliada com base no tipo de prebiótico e no efeito esperado na saúde. Além disso, também depende das características dos indivíduos, como composição da microbiota, estado de saúde (saudável, hipercolesterolêmico, diabético, hipertenso, obeso) e outros (pós-menopausa, tipo de dieta). Por fim, é afetado pela idade (crianças, jovens, adultos e idosos) e pelo gênero (mulheres e homens) (Gibson et al., 2017; Ruszkowski e Witkowski, 2019).

Produtos lácteos com prebióticos: efeitos na saúde

A presença de prebióticos no trato gastrointestinal pode alterar a composição da microbiota intestinal ao estimular seletivamente o desenvolvimento e a ativação de bactérias probióticas como Lactobacilos e Bifidobacterias (Xavier-Santos et al., 2020). Os prebióticos, ao serem fermentados pelas bactérias, dão origem aos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), entre eles o acetato, butirato e propionato são os mais abundantes e importantes fontes de energia utilizadas pelas células intestinais, melhorando a função da membrana intestinal (Scott et al., 2020). O consumo de leite de cabra e de vaca com adição de inulina e FOS resultou em aumento do número de Bifidobacterias e maior produção de metabólitos, como ácidos graxos de cadeia curta e ácidos orgânicos, em modelo animal (Paturi et al., 2018).

A adição de componentes prebióticos aos laticínios pode aumentar as propriedades antioxidantes, antidiabéticas, e anti-hipertensivas dos produtos avaliados em testes in vitro. Esses efeitos podem estar associados a um possível efeito protetor dos componentes prebióticos sobre os compostos bioativos da matriz, promoção da proteólise dos produtos, ou aumento da funcionalidade das proteínas do leite devido à promoção de reações de Maillard (da Silva et al., 2020). A adição de XOS em produtos lácteos resultou no aumento da atividade antioxidante e na atividade inibitória da ECA, da α-amilase e α-glicosidase (Souza et al., 2019). A adição de inulina em um sorvete de leite de ovelha resultou no aumento da atividade antioxidante e na inibição da ECA (Balthazar et al., 2018). Esses compostos têm a capacidade de quelar metais de transição pró-oxidativos, inativar espécies reativas de oxigênio, eliminar os radicais livres e reduzir os radicais hidroxila, melhorando as atividades antioxidantes. Além disso, eles podem bloquear a conversão da angiotensina I em II e degradar a bradicinina (peptídeo vasodilatador), resultando em propriedades anti-hipertensivas (Souza et al., 2019).

Quanto às propriedades antidiabéticas, o consumo de um leite fermentado simbiótico (*Lactobacillus acidophilus*, FOS e IMO) por coelhos diabéticos por 28 dias resultou em declínio no nível de glicose no sangue. Os autores concluíram que o potencial antidiabético estaria relacionado à melhora da eficiência da insulina promovida por prebióticos e probióticos, aumentando a utilização da glicose pelas células e reduzindo a glicemia (Shafi et al., 2019).

Prebióticos podem exercer um efeito hipocolesterolêmico ao reduzirem a absorção do colesterol no jejuno, com consequente excreção pelas fezes. Além disso, os ácidos graxos de cadeia curta também estão associados à esse efeito (Al-Sheraji et al., 2013). O consumo

de produtos lácteos com prebióticos foi relacionado a melhorias nos lipídios sanguíneos. A adição de FOS em uma bebida de soro de leite foi associada à redução de colesterol sérico, colesterol LDL e triglicerídeos, e ao aumento de colesterol HDL (Yasmin et al., 2015). Moroti et al. (2012) observaram um aumento significativo do colesterol HDL e diminuição da glicemia em indivíduos idosos com diabetes que consumiram uma bebida contendo probióticos e FOS por 30 dias.

Pode-se observar que mais estudos são necessários para comprovar os efeitos à saúde associados ao consumo de laticínios com prebióticos, uma vez que a matriz alimentar pode alterar a funcionalidade do componente prebiótico. Além disso, é importante mencionar que em alguns estudos não foi possível separar os efeitos associados à cultura probiótica dos componentes prebióticos, visto que alguns produtos avaliados apresentavam os dois componentes.

Aspectos tecnológicos e sensoriais dos produtos lácteos com prebióticos

A figura 01 apresenta os principais efeitos da adição dos componentes prebióticos aos laticínios.

Figura 01: Principais efeitos tecnológicos da adição de prebióticos em laticínios.

Fonte: Própria (2021).

Os componentes prebióticos podem ser usados como substitutos de gordura, resultando em produtos com propriedades reológicas, físico-químicas e sensoriais semelhantes aos produtos integrais (Farias et al., 2019). Balthazar et al. (2017) demonstraram que a adição de componentes prebióticos (inulina, FOS, GOS, amido resistente, oligossacarídeo do milho e polidrextose, 10%) em sorvetes, melhorou alguns parâmetros de qualidade, resultando na for-

mação cristais de gelo menores, intensificação da cor branca característica, maior sabor doce e maior aceitação sensorial. Os sorvetes com inulina e FOS tiveram propriedades reológicas (dureza, viscoelasticidade e consistência) semelhantes ao produto integral e foram percebidos como mais cremosos e brilhantes.

A adição de XOS (3,3%) em um queijo processado resultou em melhorias nas propriedades físico-químicas, aumentando elasticidade, firmeza e taxa de fusão. Além disso, diminuiu a viscosidade e o tamanho das partículas. Melhorias nas propriedades sensoriais também foram relatadas, como melhora do sabor salgado e ácido, maior homogeneidade e diminuição do sabor amargo (Ferrão et al., 2018).

Costa et al. (2019) demonstraram que a adição de GOS, polidextrose e inulina (2,5%) em iogurtes grego melhorou as propriedades reológicas, resultando em produtos mais consistentes, elásticos e firmes, atributos esperados nestes produtos e, portanto, melhor aceito pelos consumidores. Além disso, muitos compostos voláteis foram observados nesses produtos prebióticos que contribuíram para os aromas amanteigados e doces. Souza et al. (2019) também observaram aumento da viscosidade e, consequente, melhora da aceitação sensorial nos atributos aroma, textura e sabor geral, ao avaliarem a adição de XOS (1,25%) em uma bebida de soro de leite com sabor de morango.

A seleção dos componentes prebióticos para suplementar laticínios deve ser baseada nos efeitos tecnológicos, além de seu efeito esperado sobre a saúde. A adição de inulina (0, 2, 4 ou 6%) no iogurte de leite de ovelha conferiu menor elevação de ácido lático, resultando em um sabor menos ácido e mais aceito sensorialmente. Além disso, aumentou a concentração de muitos ácidos graxos de cadeia média e longa, especialemte o ácido linoleico conjugado (CLA), considerado importante do ponto de vista da saúde (Balthazar et al., 2016).

O efeito dos componentes prebióticos também é dependente da concentração de prebióticos nos produtos. A adição de IMO na concentração de 1% no queijo cheddar resultou em um produto com melhor textura (menor dureza, adesividade, coesão e mastigabilidade) e maior aceitação sensorial (sabor, aroma e textura) em comparação com os produtos adicionados de IMO nas concentrações de 0,5 e 1,5% (Liu et al., 2015).

Os componentes prebióticos também podem ser usados para aumentar a sobrevivência probiótica em produtos lácteos, resultando em produtos simbióticos. Speranza et al. (2018) observaram um aumento da viabilidade das bactérias probióticas (*Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* e *Limosilactobacillus reuteri*) ao desenvolverem um creme de queijo fresco com adição de lactulose e FOS. Em iogurtes, oligofrutose e polidextrose foram responsáveis pelo aumento de *Lactobacillus casei* (Costa et al., 2019). Em sobremesas cremosas de chocolate, a adição de FOS contribuiu para aumentar a aceitação do produto e a viabilidade do probiótico *L. casei* (Valencia et al., 2016). A adição de IMO no queijo cheddar resultou em contagens aumentadas de organismos probióticos (*Lactobacillus rhamnosus*) (Liu et al., 2015). O efeito

protetor dos componentes prebióticos nas culturas probióticas depende da cepa probiótica, do componente prebiótico e da matriz láctea.

A partir dos resultados, pode-se observar que a adição de componentes prebióticos pode contribuir para melhorias nas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais dos laticínios, ao mesmo tempo em que é necessário estabelecer um tipo e concentração de prebióticos adequados para atingir as melhores propriedades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As avaliações do impacto da adição de componentes prebióticos nos parâmetros de qualidade dos laticínios demonstraram sua adequação, proporcionando melhorias nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais. Além disso, eles podem aumentar a sobrevivência probiótica em produtos lácteos simbióticos e ainda conferir benefícios à saúde humana. O campo de desenvolvimento de produtos lácteos ricos em prebióticos torna-se cada vez mais promissor na ciência e na indústria. Dessa forma, são necessários estudos futuros para identificar novos compostos prebióticos e ensaios clínicos para explorar melhor os efeitos de saúde associados a esses compostos.

REFERÊNCIAS

AL-SHERAJI, S. H.; ISMAIL, A.; MANAP, M. Y.; MUSTAFA, S.; YUSOF, R. M.; HASSAN, F. A. Prebiotics as functional foods: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p. 1542-1553, 2013.

ASHWINI, A.; RAMYA, H. N.; RAMKUMAR, C.; REDDY, K. R.; KULKARNI, R. V.; ABINAYA, V.; NAVEEN, S.; RAGHU, A. V. Reactive mechanism and the applications of bioactive prebiotics for human health: Review. **Journal of Microbiological Methods**, v. 159, p. 128-137, 2019.

BALTHAZAR, C. F.; SILVA, H. L. A.; ESMERINO, E. A.; ROCHA, R. S.; MORAES, J.; CARMO, M. A. V.; AZEVEDO, L.; CAMPS, I.; ABUD, Y. K. D.; SANT'ANNA, C.; FRANCO, R. M.; FREITAS, M. Q.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L.; ESCHER, G. B.; GRANATO, D.; RANADHEERA, C. S.; NAZARRO, F.; CRUZ, A, G. The addition of inulin and Lactobacillus casei 01 in sheep milk ice cream. **Food Chemistry**, v. 246, p. 464-472, 2018.

BALTHAZAR, C. F.; CONTE JÚNIOR, C. A.; MORAES, J.; COSTA, M. P.; RAICES, R. S. L.; FRANCO, R. M.; CRUZ, A. G.; SILVA, A. C. O. Physicochemical evaluation of sheep milk yogurts containing different levels of inulin. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 4160-4168, 2016.

BALTHAZAR, C. F.; SILVA, H. L. A.; VIEIRA, A. H.; NETO, R. P. C.; CAPPATO, L. P.; COIMBRA, P. T.; MORAES, J.; ANDRADE, M. M.; CALADO, V. M. A.; GRANATO, D.; FREITAS, M. Q.; TAVARES, M. I. B.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Assessing the effects of different prebiotic dietary oligosaccharides in sheep milk ice cream. **Food Research International**, v. 91, p. 38-46, 2017.

COSTA, M. F.; PIMENTEL, T. C.; GUIMARAES, J. T.; BALTHAZAR, C. F.; ROCHA, R. S.; CAVALCANTI, R. N.; ESMERINO, E. A.; FREITAS, M. Q.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. **LWT - Food Science and Technology**, v. 105, p. 371-376, 2019.

DA SILVA, J. M.; KLOSOSKI, S. J.; SILVA, R.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; FREITAS, M. Q.; BARÃO, C. E.; PIMENTEL, T. C. Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components? **LWT - Food Science and Technology**, v. 128, p. 109472, 2020.

FARIAS, D. D. P.; DE ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 23-35, 2019.

FERRÃO, L. L.; FERREIRA, M. V. S.; CAVALCANTI, R. N.; CARVALHO, A. F. A.; PIMENTEL, T. C.; SILVA, H. L. A.; SILVA, R.; ESMERINO, E. A.; NETO, R. P. C.; TAVARES, M. I. B.; FREITAS, M. Q.; MENEZES, J. C. V.; CABRAL, L. M.; MORAES, J.; SILVA, M. C.; MATHIAS, S. P.; RAICES, R. S. L.; PASTORE, G. M.; CRUZ, A. G. The xylooligosaccharide addition and sodium reduction in requeijão cremoso processed cheese. **Food Research International**, v. 107, p. 137-147, 2018.

FONTELES, T. V.; RODRIGUES, S. Prebiotic in fruit juice: Processing challenges, advances, and perspectives. **Current Opinion in Food Science**, v. 22, p. 55-61, 2018.

GIBSON, G. R.; HUTKINS, R.; SANDERS, M. E.; PRESCOTT, S. L.; REIMER, R. A.; SALMINEN, S. J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K. S.; CANI, P. D.; VERBEKE, K.; REID, G. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 14, n. 8, p. 491-502, 2017.

LIU, L.; LI, X.; BI, W.; ZHANG, L.; MA, L.; REN, H.; LI, M. (2015). Isomaltooligosaccharide increases the Lactobacillus rhamnosus viable count in Cheddar cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v. 68, p. 389-398, 2015.

MORAIS, E. C.; MORAIS, A. R.; CRUZ, A. G.; BOLINI, H. M. A. Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 2600-2609, 2014.

MOROTI, C.; MAGRI, L. F. S.; COSTA, M. R.; CAVALLINI, D. C.; SIVIERI, K. Effect of the consumption of a new symbiotic shake on glycemia and cholesterol levels in elderly people with type 2 diabetes mellitus. **Lipids in Health and Disease**, v. 11, p. 1-8, 2012.

NERI-NUMA, I. A.; ARRUDA, H. S.; GERALDI, M. V.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Natural prebiotic carbohydrates, carotenoids and fla-

vonoids as ingredients in food systems. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 98-107, 2020.

PATURI, G.; BUTTS, C. A.; HEDDERLEY, D.; STOKLOSINSKI, H.; MARTELL, S.; DINNAN, H.; CARPENTER, E. A. Goat and cow milk powder-based diets with or without prebiotics influence gut microbial populations and fermentation products in newly weaned rats. **Food Bioscience**, v. 24, p. 73-79, 2018.

POP, O. L.; SALANȚA, L. C.; POP, C. R.; COLDEA, T.; SOCACI, S. A.; SUHAROSCHI, R.; VODNAR, D. C. Prebiotics and Dairy Applications. **Dietary fiber: Properties, recovery, and applications**, v. 8, p. 247-277, 2019.

ROLIM, P. M. Prebiotic food development. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 3-10, 2015.

RUSZKOWSKI, J.; WITKOWSKI, J. M. Lactulose: Patient- and dose-dependent prebiotic properties in humans. **Anaerobe**, v. 59, p. 100-106, 2019.

SCOTT, K. P.; GRIMALDI, R.; CUNNINGHAM, M.; SARBINI, S. R.; WIJEYESEKERA, A.; TANG, M. L. K.; LEE, J. C. Y.; YAU, Y. F.; ANSELL, J.; THEIS, S.; YANG, K.; MENON, R.; ARFSTEN, J.; MANURUNG, S.; GOURINENI, V.; GIBSON, G. R. Developments in understanding and applying prebiotics in research and practice–an ISAPP conference paper. **Journal of Applied Microbiology**, v. 128, n. 4, p. 934-949, 2020.

SHAFI, A.; RAJA, H. N.; FAROOQ, U.; AKRAM, K.; HAYAT, Z.; NAZ, A.; NADEEM, H. R. Antimicrobial and antidiabetic potential of synbiotic fermented milk: A functional dairy product. **International Journal of Dairy Technology**, v. 72, p. 15-22, 2019.

SOUZA, F. P.; BALTHAZAR, C. F.; GUIMARÃES, J. T.; PIMENTEL, T. C.; ESMERINO, E. A.; FREITAS, M. Q.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. The addition of xyloligoosaccharide in strawberry-flavored whey beverage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 109, p. 118-122, 2019.

SPERANZA, B.; CAMPANIELLO, D.; MONACIS, N.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Functional cream cheese supplemented with Bifidobacterium animalis subsp. lactis DSM 10140 and Lactobacillus reuteri DSM 20016 and prebiotics. **Food Microbiology**, v. 72, p. 16-22, 2018.

VALENCIA, M. S.; SALGADO, S. M.; ANDRADE, S. A. C.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A. V. S.; STAMFORD, T. L. M. Development of creamy milk chocolate dessert added with fructo-oligosaccharide and Lactobacillus paracasei subsp. paracasei LBC 81. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 104-109, 2016.

VULEVIC, J.; JURIC, A.; TZORTZIS, G.; GIBSON, G. R. A mixture of transgalactooligosaccharides reduces markers of metabolic syndrome and modulates the fecal microbiota and immune function of overweight adults. **Journal of Nutrition**, 143, 324-331, 2013.

XAVIER-SANTOS, D.; BEDANI, R.; LIMA, E. D.; SAAD, S. M. I. Impact of probiotics and prebiotics targeting metabolic syndrome. **Journal of Functional Foods**, v. 64, p. 103666, 2020.

YAN, Y. L.; HU, Y.; GANZLE, M. G. Prebiotics, FODMAPs and dietary fiber - conflicting concepts in development of functional food products? **Current Opinion in Food Science**, v. 20, p. 30-37, 2018.

YASMIN, A.; BUTT, M. S.; VAN BAAK, M.; SHAHID, M. Z. Supplementation of prebiotics to a whey-based beverage reduces the risk of hypercholesterolaemia in rats. **International Dairy Journal**, 48, 80-84, 2015.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

AMIDO DE ARROZ: MODIFICAÇÃO POR TRATAMENTO TÉRMICO DE BAIXA UMIDADE E FORMAÇÃO DE COMPLEXO AMILOSE-LIPÍDIO

RICE STARCH: MODIFICATION BY HEAT-MOISTURE TREATMENT AND AMYLOSE-LIPID COMPLEX FORMATION

FRASSON, Sabrina Feksa[1]*; BORGES, Caroline Dellinghausen[2]; COLUSSI, Rosana[2]; MENDONÇA, Carla Rosane Barboza[2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [2]Docente do Centro de Ciências, Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas. *Contato: sfrasson@gmail.com

RESUMO

A modificação do amido é empregada para superar as limitações e melhorar as características funcionais e nutricionais, ampliando as possibilidades de sua aplicação na indústria de alimentos. Objetivou-se com o presente trabalho realizar uma revisão de literatura sobre o amido de arroz e os processos de modificação física por tratamento térmico de baixa umidade e formação de complexo amilose-lipídio. Foram consultadas duas bases de dados (*Google* acadêmico e *Web Of Science*), usando-se os descritores: "*rice starch*", "*resistant starch*", "*starch lipid complex*". A modificação física é de grande interesse por se tratar de uma modificação que não utiliza produtos químicos e não deixa resíduos no alimento, além de não agredir o meio ambiente. Alguns benefícios na formação de complexos amido-lipídio é a redução da digestibilidade, efeitos significativos na qualidade e no valor nutricional dos alimentos à base de amido, e a potencial aplicação como substituto da gordura no desenvolvimento de alimentos com baixas calorias. Assim, surgem várias oportunidades para serem trabalhadas na formulação de novos produtos alimentícios, modulando a digestibilidade do amido para obtenção de alimentos de baixo índice glicêmico com benefícios à saúde.

Palavras-chave: Arroz, modificação física, amido resistente, digestibilidade.

ABSTRACT

The modification of starch is used to overcome limitations and improve functional and nutritional characteristics, expanding the possibilities of its application in the food industry. The objective of this work was to carry out a literature review on rice starch and the physical modification processes by low moisture heat treatment and formation of amylose-lipid complex. Two databases (academic Google and Web Of Science) were consulted, using the descriptors: "rice starch", "resistant starch", "starch lipid complex". Physical modification is of great interest because it is a modification that does not use chemical products and does not leave residues in the food, in addition to not harming the environment. Some benefits of starch-lipid complex formation are reduced digestibility, significant effects on the quality and nutritional value of starch-based foods, and potential application as a fat substitute in the development of low-calorie foods. Thus, several opportunities arise to be worked on in the formulation of new food products, modulating starch digestibility to obtain of low glycemic index foods with health benefits.

Keywords: Rice, physical modification, resistant starch, digestibility.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal produzido e consumido mundialmente em forma integral ou beneficiado. O arroz polido, ou arroz branco, é o tipo de arroz mais consumido no mundo (Goyon; Mestres, 2017). O seu beneficiamento ocorre através de uma série de processos, incluindo etapas de descasque e polimento, até chegar no produto final. Entretanto, estima-se que 14% da produção resulta em grãos quebrados, denominado de quirera, que tem seu valor reduzido no mercado, um coproduto interessante para a indústria de alimentos, devido ao seu elevado teor de amido (Limberger et al., 2009).

O grão de arroz é composto por aproximadamente 90% de amido (Silva; Da Costa; Garcia-Rojas, 2017). O amido de arroz possui características únicas, que o tornam um dos amidos mais interessantes na indústria de alimentos, pois é hipoalergênico, não contém glúten, apresenta coloração branca e textura suave quando está na forma de gel. No entanto, os géis compostos apenas por amido apresentam elevada sinérese e retrogradação, quando submetidos a cozimento, tensão de cisalhamento e resfriamento, o que pode levar a formação de géis com dureza aumentada e características indesejáveis (Viturawong; Achayuthakan; Suphantharika, 2008).

Na forma nativa, o amido de arroz apresenta algumas propriedades indesejáveis para a indústria alimentícia, tais como: pouca absorção e insolubilidade em água fria, instabilidade frente a ciclos de congelamento e descongelamento, tendências à retrogradação, não formação de gel a frio e alta digestibilidade (CONAB, 2015). Quando na presença de água e calor, o grânulo de amido começa a sofrer alterações na sua estrutura, resultando na gelatinização, considerada uma vantagem muito importante (Zavareze et al., 2010).

A modificação do amido é empregada para superar as limitações e melhorar as características funcionais e nutricionais, ampliando as possibilidades de sua aplicação na indústria de alimentos. A modificação do amido pode se dar por meio de processos físicos, químicos, enzimáticos e genéticos (Zia-Ud-Din; Xiong; Fei, 2017).

A modificação física é de grande interesse por se tratar de uma modificação que não utiliza produtos químicos e não deixa resíduos no alimento, além de não agredir o meio ambiente, pela toxidade de efluentes industriais. A modificação física denominada tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) ocorre quando o amido é submetido a temperaturas acima da temperatura de gelatinização com umidade insuficiente para completa gelatinização dos grânulos, o que ajuda a preservar a estrutura granular; retardar a gelatinização; reduzir o poder de inchamento; reduzir a solubilidade do amido e o lixiviamento da amilose; aumentar a estabilidade ao aquecimento e, diminuir a taxa de digestão enzimática. Essas alterações resultam em propriedades desejáveis para o processamento de vários tipos de produtos alimentícios na indústria (Hoover, 2010; Wang et al., 2020).

Além da modificação por TTBU, outra possibilidade que tem produzido resultados inte-

ressantes, especialmente com relação à digestão *in vitro*, é a formação do complexo de amido com lipídio. Nesse processo foi observada a redução na digestão do amido, quando associado à farinha de arroz ou ao amido de arroz, o óleo de milho. Essa associação resultou na diminuição no índice glicêmico do alimento (Chen et al., 2017). Alguns pontos positivos que se destacam na formação de complexos amido-lipídio é a redução da digestibilidade, efeitos significativos na qualidade e no valor nutricional dos alimentos à base de amido, e a potencial aplicação como substituto da gordura no desenvolvimento de alimentos com baixas calorias (Wang et al., 2020). Entretanto, são poucos os estudos que aplicam estes complexos em matrizes alimentares.

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho realizar uma revisão de literatura sobre o amido de arroz e os processos de modificação física por tratamento térmico de baixa umidade e formação de complexo com lipídio, visando contribuir com a produção de informações sobre esse tema que beneficiem as pesquisas, aplicações industriais e também os consumidores, pela possibilidade de novas alternativas alimentares.

METODOLOGIA

O presente artigo constitui-se em uma pesquisa bibliográfica, que é definida como um método que sintetiza sistematicamente o conhecimento científico produzido sobre determinados assuntos.

A pesquisa bibliográfica foi realizada de janeiro de 2020 a maio de 2021, por meio de busca eletrônica nas seguintes bases de dados: *Google* acadêmico e *Web Of Science*. A busca *online* nas bases de dados ocorreu mediante consulta dos termos/descritores no idioma inglês: "*rice starch*", "*resistant starch*", "*starch lipid complex*". Com o intuito de garantir uma busca eficiente fez-se uso do operador booleano "and" para cruzar os descritores da seguinte forma: "*rice and resistant starch*". Foram incluídos neste estudo artigos originais que respondiam à questão norteadora, publicados em periódicos científicos, disponíveis na íntegra e priorizando os mais recentes (últimos 10 anos).

DESENVOLVIMENTO

Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é cultivado em todos os continentes, destacando em primeiro lugar o asiático, com uma produção equivalente a 90% da mundial. Segue-se o americano com 5,1%, o africano com 4,2%, o europeu 0,6% e o oceânico com 0,1% da produção mundial de arroz. Esse cereal é a base alimentar para mais de um terço da população mundial, especialmente nos países do oriente, como China, Índia e Japão (Goyon; Mestres, 2017).

A produção de arroz no Brasil chegou a 11.749.192 toneladas em 2018, abrangendo 1.861.313 hectares. A região Sul é a principal responsável pela produção dessa cultura, totali-

zando 9.627.816 toneladas em 2018 (IBGE, 2019).

O arroz é uma fonte rica de carboidratos, possui uma quantidade moderada de proteínas e gorduras, contém também vitaminas do complexo B, como niacina, riboflavina e tiamina. O principal carboidrato do arroz é o amido, composto de amilose e amilopectina (Verma; Srivastav, 2020).

No Brasil, o arroz é consumido preferencialmente na forma de grãos inteiros, nas apresentações branco polido, parboilizado polido e integral (CONAB, 2015). O arroz é um cereal que permite diversos usos, os principais produtos e subprodutos possíveis da industrialização do arroz são o arroz branco, parboilizado, integral e a quirera. Esses podem ser pré-cozido, extrudado, desidratado, expandido, sucrilhos, alimento infantil, pasta de arroz, bebidas fermentadas, vinagre, biscoito, macarrão, farinha, amido, entre outros produtos. Entretanto, apenas uma pequena quantidade de arroz é consumida como ingrediente em produtos processados (Pereira, 2002).

Amido de arroz

O grão de arroz é um órgão de reserva, o endosperma é composto praticamente por amido. O amido está na forma de grânulos, constituindo uma cadeia com dois tipos de polissacarídeos: amilose e amilopectina (Walter; Marchezan; Avila, 2008). As proporções de amilose/amilopectina das cadeias de amido variam conforme as cultivares do arroz, condições climáticas, tipo de solo, entre outros fatores. Os níveis típicos de amilose nos amidos variam entre 15% e 25%. Pode-se classificar o arroz como ceroso (0-2% de amilose), conteúdo de amilose muito baixo (2-12%), baixo (12-20%), intermediário (20-25%) e alto (25-33%) (Wani et al., 2012).

O conteúdo de amilose é considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz. De forma geral, grãos com maior teor de amilose apresentam textura mais firme após o cozimento, sendo preferidos em diversos países, como no Brasil. Entretanto, outros fatores, como a estrutura das cadeias de amilopectina e o teor de proteína também influenciam nas características do amido (Walter; Marchezan; Avila, 2008).

Em geral o amido de arroz tem sua composição aproximada de 75% de amilopectina e de 25% de amilose, esta porcentagem varia em função da variedade e do processamento. As principais características do amido de arroz são a fácil digestibilidade, ser hipoalergênico, apresentar cor branca e sabor suave. A pasta de amido de arroz se torna opaca formando um gel translúcido e fluido. Apresenta boa resistência a ácidos, sendo mais estável ao processo de congelamento e descongelamento em relação a outros cereais (Vandeputte; Delcour, 2004).

A propriedade de pasta é a propriedade físico-química mais importante do amido, sendo a chave para determinar suas aplicações no processamento de alimentos e em outras indústrias. Compreender a propriedade de pasta é fundamental para entender a mudança de textura e a capacidade de retrogradação em produtos aos quais este é aplicado (Qian; Zhang, 2013).

Os grânulos de amido íntegros são insolúveis em água fria, mas podem absorver água

de forma reversível, retornando ao seu tamanho original ao secar. Quando aquecidos na presença de água, os grânulos de amido passam por um processo chamado de gelatinização, que é a ruptura dos grânulos, acarretando no intumescimento irreversível do grânulo, perda de birrefringência e perda de cristalinidade. Durante a gelatinização ocorre lixiviação da amilose, a aplicação de forças de cisalhamento, com a ruptura total dos grânulos, resulta na formação de uma pasta de amido. Então, o intumescimento e a ruptura do grânulo produzem uma goma viscosa (pasta). A pasta ocorre após ou simultaneamente com a gelatinização. As propriedades de pasta do amido são indicadores importantes de como o amido se comportará durante o processamento (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010; Wani et al., 2012).

As propriedades térmicas do amido de arroz podem ter variações devido à diferentes proporções de amilose/amilopectina, diferentes formas e tamanhos de partículas e, em função do teor de gordura existente. Estudos de calorimetria diferencial de varredura (DSC) foram conduzidos para confirmar a formação de complexos de amilose com lipídio, os autores reportaram que em condições de excesso de água, o arroz sofre um processo de gelatinização a 70°C, e a fusão do complexo amilose/lipídio ocorre a 104°C (Qian; Zhang, 2013).

O maior teor de amilose no arroz, assim como em outros alimentos amiláceos, resulta em maior formação de amido resistente e menor resposta glicêmica e insulinêmica (Miller et al., 1992). Essas diferenças fisiológicas são úteis na prevenção e no tratamento de doenças, como a *Diabetes mellitus* tipo 2, pois a menor digestão e absorção de carboidratos auxiliam na manutenção de níveis regulares de glicemia (Velangi et al., 2005). O consumo de alimentos com menor resposta glicêmica também tem sido associado à redução dos lipídios séricos em pacientes hiperlipidêmicos, diminuindo os riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Amido Resistente (AR)

De acordo com a taxa de digestão, os amidos são classificados como amido rapidamente digestível (ARD), amido lentamente digestível (ALD) e amido resistente (AR). ARD é a fração de amido que causa um aumento no nível de glicose no sangue imediatamente após a ingestão; ALD é a fração de amido que é digerida completamente no intestino delgado a uma taxa menor em comparação com ARD. Amido resistente (AR) é definido como uma porção de amido que não é digerido pelas amilases no intestino delgado e passa para o cólon para ser fermentado parcial ou totalmente pela microbiota (Englyst; Cummings, 1985).

O AR faz parte da fibra dietética que possui muitas propriedades nutricionais, como a redução das respostas à glicose e insulina, a redução de calorias nos alimentos, o aumento do volume fecal e a redução do tempo de trânsito intestinal, promovendo o crescimento de bactérias intestinais benéficas e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (Brown et al., 2000). Tanto a fibra alimentar quanto as formas de amidos resistentes desempenham um papel positivo na redução dos fatores de risco para doenças crônicas, incluindo doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (Lovegrove et al., 2017). Com o reconhecimento desses

benefícios para a saúde, a introdução do AR em produtos alimentícios tem ganhado cada vez mais interesse nos últimos anos.

O amido resistente é classificado em cinco categorias, o AR tipo 1 é amido fisicamente inacessível pela amilase pancreática, está incorporado no material da parede celular ou na matriz proteica, diminuindo a digestão (exemplo: leguminosas). Em seguida, o AR tipo 2 é amido granular nativo, subdividido em tipo A (cereais), B (tubérculos) e C (leguminosas e sementes), sendo resistente à digestão enzimática. A forma AR tipo 3 representa o amido retrogradado, próprio de alimentos amiláceos cozidos e resfriados. Assim, a amilose cristalina permanece altamente resistente à hidrólise enzimática. A quarta forma, AR tipo 4 é amido quimicamente modificado, enquanto AR tipo 5 é a designação para o amido na forma de complexo amilose-lipídio (Birt et al., 2013).

Várias vantagens de usar o AR como ingrediente comercial em aplicações de uma variedade de alimentos são apresentadas nos seguintes aspectos: o fato de serem derivados de fontes botânicas naturais, o desempenho de excelentes propriedades funcionais, incluindo a baixa capacidade de retenção de água, cor branca, sabor brando e tamanho de partícula pequena – baixa interferência na textura, ambos fazem do AR um ingrediente com potencial promissor a ser incorporado em uma série de produtos alimentícios com melhor aceitabilidade e maior palatabilidade do que aquelas preparadas com fibras tradicionais (Ma; Boye, 2018).

Modificação do amido por tratamento térmico de baixa umidade (TTBU)

As propriedades físicas e químicas dos amidos nativos normalmente não estão adequadas para alguns tipos de processamento. A intenção de modificar o amido é alcançar propriedades funcionais não encontradas na forma nativa e ampliar o uso em indústrias de alimentos, papel e têxtil. Os amidos são frequentemente modificados por processos físicos, químicos e enzimáticos para promover propriedades funcionais específicas. A modificação física do amido por umidade, calor, cisalhamento ou radiação vem conquistando uma aceitação mais ampla, porque não deixa resíduos de reagentes químicos no amido modificado (Zavareze; Dias, 2011).

O tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) é uma modificação física que altera as propriedades físico-químicas do amido sem destruir sua estrutura granular (Maache-Rezzoug et al., 2008). Este processo exige que a taxa de amido/umidade, a temperatura e o tempo de aquecimento sejam controlados (Chung; Liu; Hoover, 2009). O TTBU é realizado com um conteúdo de umidade restrito de 10 a 30%, e temperaturas mais altas que a temperatura de gelatinização, entre 90 a 120°C (Maache-Rezzoug et al., 2008).

Os amidos tratados com TTBU têm aplicações importantes na indústria de alimentos, principalmente devido à sua melhor estabilidade térmica e à menor extensão da retrogradação. A diminuição do inchaço granular e da lixiviação de amilose, o aumento da estabilidade ao calor e ao cisalhamento resultantes da TTBU também são propriedades desejáveis (Horm-

dok; Noomhorm, 2007). Além disso, este tratamento tem sido utilizado para melhorar os níveis de amido resistente, mantendo a estrutura dos grânulos (Brumovsky; Thompson, 2001). Essas propriedades tornam os amidos modificados com tratamento hidrotérmico adequados para utilização na indústria de alimentos.

Hormdok e Noomhorm (2007) observaram redução no intumescimento do amido de arroz com TTBU. Essa redução no poder de intumescimento também foi atribuída ao aumento da cristalinidade, redução da solubilidade, aumento da interação entre moléculas de amilose e amilopectina, a formação de complexos amilose-lipídios (Waduge et al., 2006) e mudanças nos arranjos das regiões cristalinas do amido.

A solubilidade do amido ocorre devido a lixiviação da amilose, que se dissocia e se difunde dos grânulos durante o intumescimento. Essa lixiviação representa uma transição da ordem para a desordem nos grânulos de amido que ocorre quando o amido é aquecido com água (Brumovsky; Thompson, 2001). Hormdok e Noomhorm (2007) não observaram diferença significativa na solubilidade do arroz tratado hidrotermicamente e do amido de arroz nativo, observaram também um aumento na dureza do gel de amido de arroz. Khunae, Tran e Sirivongpaisal (2007) relataram que o TTBU não alterou o tamanho ou a forma dos grânulos de amido de arroz.

No estudo de Chang et al. (2014) com amido de milho e ácido láurico mostrou-se que o TTBU retardou a gelatinização. Neste estudo o teor de umidade ideal para a formação do complexo amilose-lipídio foi de 40% e a adição do ácido graxo antes do aquecimento favoreceu a formação de amido de digestão lenta.

Em um estudo sobre propriedades físico-químicas e digestibilidade *in vitro* de arroz após parboilização associada com TTBU, Cheng, Chen e Yeh (2019) mostraram que esses dois tratamentos induziram a formação do complexo amilose-lipídio, aumentando a concentração de amido de digestão lenta e do amido resistente.

Complexo amido-lipídio

A formação de complexos amido-lipídios ocorre naturalmente nos alimentos e pode se dar a partir do aquecimento e resfriamento – gelatinização – no processamento de alimentos (Chao et al., 2018). Vários fatores podem afetar nessa complexação, como a razão amilose/amilopectina do amido usado, o grau de polimerização da amilose, tipo e comprimento da cadeia do lipídio, grau de insaturação e estrutura química do lipídio influenciam a formação de complexos de inclusão (Zheng et al., 2018). Os lipídios mais facilmente encontrados inseridos nas hélices da amilose são os ácidos graxos insaturados, monoglicerídios e lisofosfolípidios (Karkalas et al., 1995). Cada ácido graxo apresenta uma faixa de concentração ideal para formarem complexos com amido, que varia de acordo com as propriedades de cada lipídio. Acima de uma certa concentração, há uma tendência maior de os lipídios se autoassociarem, em vez de formarem complexos com amilose (Wang et al., 2020). Tang e Copeland

(2007) analisaram a complexação entre vários ácidos graxos com amido de trigo, observou-se que em uma amostra de 2,5 g de amido a quantidade de lipídio para a formação máxima do complexo amido-lipídio foi de > 60 mg de ácido caprílico, > 27 mg de ácido láurico, 18 a 27 mg de ácido mirístico, 14 a 23 mg de ácido palmítico, 9 a 14 mg de ácido esteárico, 14 a 18 mg de ácido oleico e 18 a 23 mg de ácido linoleico.

O complexo amido-lipídio é formado principalmente entre amilose e lipídios. O complexo amilose-lipídio é resistente à hidrólise enzimática devido à sua conformação helicoidal e estrutura cristalina, resultante da interação hidrofóbica entre amilose e ácidos graxos. Apenas uma pequena porção de amilopectina pode formar um complexo com lipídios, devido ao seu impedimento estérico e ao seu comprimento curto da cadeia ramificada (Chang et al., 2014).

A temperatura possui um papel muito importante na complexação, com o aumento do calor a mobilidade das cadeias de amido aumentam também, facilitando um maior contato entre o amido e o lipídio (Wang et al., 2020). As condições de temperatura e tempo controladas podem formar dois tipos de complexos diferentes. O complexo amido-lipídio tipo I é formado com baixa temperatura (< 60°C) após nucleação rápida e temperatura de dissociação inferior a 100°C, possui uma estrutura parcialmente ordenada e nenhuma região cristalina distinta. O tipo II tem uma temperatura de dissociação mais alta (> 100°C), é formado a uma temperatura alta de complexação (> 90°C) por meio de nucleação lenta, com estrutura semicristalina distinta (Garcia et al., 2016).

O pH do meio também influencia muito para ocorrer a formação dos complexos, que são mais facilmente formados como precipitados insolúveis em meio aquoso a pH neutro (Wang et al., 2020).

Se o amido é aquecido com excesso de água, os grânulos de amido absorvem a água e incham, são transformados em pasta em um processo conhecido como gelatinização. Os complexos amido-lipídio formam um filme insolúvel na superfície dos grânulos de amido, que retarda a absorção de água nos grânulos de amido e aumenta a temperatura de gelatinização (Wang; Copeland, 2013).

A adição de lipídio para a formação do complexo pode retardar a retrogradação do amido, uma explicação para esse fenômeno é a diminuição da solubilidade quando o complexo é formado, consequentemente diminuindo a lixiviação da amilose durante o aquecimento, reduzindo a retrogradação (Becker et al., 2001).

O uso da farinha de arroz e diferentes fontes de ácido graxo (ácido palmítico, mirístico e esteárico) na formação do complexo amilose-lipídio também foi estudado (Kaur; Singh, 2000). De acordo com suas descobertas, o ácido mirístico tem a maior capacidade de formar o complexo, enquanto o ácido esteárico a menor. Foi relatado que o aumento do nível de ácido graxo usado e cozimento, também aumentou a extensão do complexo amilose-lipídio (Kaur; Singh, 2000).

Os complexos formados com maior grau de polimerização da amilose ou com amido

com maior teor de amilose, apresentam maior estabilidade (Zhang et al., 2012). A resistência à digestibilidade enzimática aumenta à medida que a quantidade de lipídios adicionados aumenta (Ahmadi-Abhari, et al. 2013). No entanto, não está claro se os complexos amido-lipídio afetam apenas a digestibilidade das cadeias de amilose complexadas, conforme sugerido por Ahmadi-Abhari et al. (2013), ou a taxa geral de digestão do amido.

Segundo Kugimiya et al. (1980), a formação do complexo ocorre imediatamente após a gelatinização, em um processo exotérmico. Antes da gelatinização o amido possui capacidade limitada de ligação aos lipídios. À medida que o amido é disperso, a amilose fica disponível para complexação. A amilose atua como um inibidor do intumescimento, principalmente na presença de lipídios. Isso pode formar complexos insolúveis com parte da amilose durante o intumescimento e a gelatinização (Chen et al., 2015).

A formação de complexos amido-lipídio interfere na propriedade de pasta, estrutura do gel, retrogradação e digestibilidade do amido. A formação de complexos, durante o processamento, pode alterar significativamente as funcionalidades do amido de maneira a influenciar a qualidade e as propriedades nutricionais dos produtos. O complexo amido-lipídio possui potencial muito interessante para uso em pães, substituição parcial de gorduras em preparações, estabilizantes alimentares, controle da glicemia pós-prandial e da resposta insulínica (Panyoo; Emmambux, 2017).

No estudo de Okumus et al. (2018) com amido de lentilha marrom e óleo de girassol hidrogenado, a formação de AR5 foi promissora para aplicações em produtos alimentícios, aumentando o teor de amido resistente nas formulações. Particularmente, esses complexos podem ser usados como alternativas nas formulações alimentares especialmente para consumidores que exigem respostas mais baixas de insulina.

Foi revelado que a ingestão de pão com AR5 resultou em respostas pós-prandial substancialmente com valores séricos menores de glicose e insulina em humanos em comparação com a ingestão de pão controle feito com farinha de trigo (HASJIM et al., 2010). O consumo de AR5 indica a redução da resposta glicêmica pós-prandial, relata-se ter potencial para intervenção de síndromes metabólicas como diabetes, obesidade, hipertensão e doenças cardíacas (Hasjim et al., 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modificação do amido por TTBU e a formação de complexo amido-lipídio, podem contribuir na produção de alimentos com a exclusão de farinhas que contenham glúten, podendo ainda promover benefícios à saúde e a melhorar a autonomia alimentar dos pacientes celíacos. Entretanto, processos tecnológicos que viabilizem adequada qualidade sensorial e potencial nutritivo a estes alimentos representam um desafio para a pesquisa científica e para tecnologia de alimentos.

REFERÊNCIAS

AHMADI-ABHARI, S.; WOORTMAN, A. J. J.; OUDHUIS, A.; HAMER, R. J.; LOOS, K. The influence of amylose-LPC complex formation on the susceptibility of wheat starch to amylase. **Carbohydrate Polymers**, v. 97, n. 2, p. 436-440, 2013.

BIRT, D. F.; BOYLSTON, T.; HENDRICH, S., JANE, J. L.; HOLLIS, J.; LI, L.; MCCLELLAND, J.; MOORE, S.; PHILLIPS, G. J.; ROWLING, M.; SCHALINSKE, K.; SCOTT, M. P.; WHITLEY, E. M. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 6, p. 587-601, 1 nov. 2013.

BROWN, I. L.; MCNAUGHT, K. J.; ANDREWS, D.; MORITA, T. Resistant Starch: Plant Breeding, Applications Development and Commercial Use. In: MCCLEARY, B. V.; PROSKY, L. (Eds.). **Advanced Dietary Fibre Technology.** Malden, MA: Blackwell Science Ltd, 2000. p. 399-412.

BRUMOVSKY, J. O.; THOMPSON, D. B. Production of boiling-stable granular resistant starch by partial acid hydrolysis and hydrothermal treatments of highamylose maize starch. **Cereal Chemistry**, v. 78, p. 680-689, 2001.

CHANG, F.; HE, X.; FU, X.; HUANG, Q.; JANE, J. L. Effects of heat treatment and moisture contents on interactions between lauric acid and starch granules. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 31, p. 7862-7868, 2014.

CHAO, C.; CAI, J.; YU, J.; COPELAND, L.; WANG, S.; WANG, S. Toward a better understanding of starch-monoglyceride-protein interactions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 50, p. 13253-13259, 2018.

CHEN, X.; HE, X.; FU, X.; HUANG, Q. In vitro digestion and physicochemical properties of wheat starch/flour modified by heat-moisture treatment. **Journal of Cereal Science**, v. 63, p. 109-115, 2015.

CHEN, X.; HE, X.; FU, X.; ZHANG, B.; HUANG, Q. Complexation of rice starch/flour and maize oil through heat moisture treatment: Structural, in vitro digestion and physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 557-564, 1 maio 2017.

CHENG, K. C.; CHEN, S. H.; YEH, A. I. Physicochemical properties and in vitro digestibility of rice after parboiling with heat moisture treatment. **Journal of Cereal Science**, v. 85, p. 98-104, 1 jan. 2019.

CHUNG, H. J.; LIU, Q.; HOOVER, R. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 436-447, 2009.

CONAB. **A cultura do arroz.** Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2015. v. 1.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4ª ed. Porto Alegre - RS: Artmed, 2010.

ENGLYST, H. N.; CUMMINGS, J. H. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the human small intestine. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 42, n. 5, p. 778-787, nov. 1985.

GARCIA, M. C.; PEREIRA-DA-SILVA, M. A.; TABOGA, S.; FRANCO, C. M. L. Structural characterization of complexes prepared with glycerol monoestearate and maize starches with different amylose contents. **Carbohydrate Polymers**, v. 148, p. 371-379, 5 set. 2016.

GOYON, A.; MESTRES, C. Le riz: bénéfices et risques pour la santé. **Cahiers de Nutrition et de Dietetique**, v. 52, n. 4, p. 202-209, 1 set. 2017.

HASJIM, J.; LEE, S. O.; HENDRICH, S.; SETIAWAN, S.; AI, Y.; JANE, J. L. Characterization of a novel resistant-starch and its effects on postprandial plasma-glucose and insulin responses. **Cereal Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 257-262, 2010.

HORMDOK, R.; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 10, p. 1723-1731, dez. 2007.

IBGE, 2019. Disponível em: **<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457#resultado>.** Acesso em: 20 mar. 2020.

KARKALAS, J.; MA, S.; MORRISON, W. R. & PETHRICK, R. A. Some factors determining the thermal properties of amylose inclusion complexes with fatty acids. **Carbohydrate Research**, v. 268, n. 2, p. 233-247, 5 out. 1995.

KAUR, K.; SINGH, N. Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour. **Food Chemistry**, v. 71, n. 4, p. 511-517, 1 dez. 2000.

KHUNAE, P.; TRAN, T.; SIRIVONGPAISAL, P. Effect of heat-moisture treatment on structural and thermal properties of rice starches differing in amylose content. **Starch**, v. 59, p. 593-599, 2007.

KUGIMIYA, B. M.; DONOVAN, J. W.; WONG, R. Y. **Phase transitions of amylase lipid complexes in starches: a calorimetric study. Starch**, v. 32, p. 265, 1980.

LIMBERGER, V. M.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D.; BRUM, F. B.; EMANUELLI, T. & SILVA, L. P. DA. Produção de salgadinho extrusado de quirera de arroz para uso na indústria de alimentos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2590-2594, dez. 2009.

LOVEGROVE, A.; EDWARDS, C. H.; DE NONI, I.; PATEL, H.; EL, S. N.; GRASSBY, T.; ZIELKE, C.; ULMIUS, M.; NILSSON, L.; BUTTERWORTH, P. J.; ELLIS, P. R. & SHEWRY, P. R. Role of polysaccharides in food, digestion, and health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 2, p. 237-253, 22 jan. 2017.

MA, Z.; BOYE, J. I. Research advances on structural characterization of resistant starch and its structure-physiological function relationship: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 7, p. 1059-1083, 2018.

MAACHE-REZZOUG, Z.; ZARGUILI, I.; LOISEL, C.; QUEVEAU, D.; BULÉON, A. Structural modifications and thermal transitions of standard maize starch after DIC hydrothermal treatment. **Carbohydrate Polymers**, v. 74, p. 802-812, 2008.

MILLER, J. B.; PANG, E.; BRAMALL, L. Rice: a high or low glycemic index food? **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 56, n. 6, p. 1034-1036, dec. 1992.

OKUMUS, B. N.; TACER-CABA, Z.; KAHRAMAN, K. & NILUFER-ERDIL, D. Resistant starch type V formation in brown lentil (*Lens culinaris* Medikus) starch with different lipids/fatty acids. **Food Chemistry**, v. 240, p. 550-558, 1 fev. 2018.

PEREIRA, J. A. Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 226 p. 2002.

QIAN, H.; ZHANG, H. Rice flour and related products. In: Handbook of Food Powders: Processes and Properties. **Elsevier Inc.**, 2013. p. 553-575.

SILVA, T. N.; DA COSTA, A. R.; GARCIA-ROJAS, E. E. Textural behavior of gels formed by rice starch and whey protein isolate: Concentration and crosshead velocities. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 6, p. 713-723, 1 nov. 2017.

TANG, M. C.; COPELAND, L. Analysis of complexes between lipids and wheat starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 67, n. 1, p. 80-85, 2 jan. 2007.

VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: A focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 3, p. 245-266, 25 nov. 2004.

VELANGI, A.; FERNANDES, G.; WOLEVER, T. M. Evaluation of a glucose meter for determining the glycemic responses of foods. **Clinical Chimica Acta**, Amsterdam, v. 356, n. 1-2, p. 191-198, jun. 2005.

VERMA, D. K.; SRIVASTAV, P. P. Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa* L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. **Trends in Food Science and Technology**, Elsevier Ltd, 1 mar. 2020.

VITURAWONG, Y.; ACHAYUTHAKAN, P.; SUPHANTHARIKA, M. Gelatinization and rheological properties of rice starch/xanthan mixtures: Effects of molecular weight of xanthan and different salts. **Food Chemistry**, v. 111, n. 1, p. 106-114, 1 nov. 2008.

WADUGE, R. N.; HOOVER, R.; VASANTHAN, T.; GAO, J.; LI, J. Effect of annealing on the structure and physicochemical properties of barley starches of varying amylose content. **Food Research International**, v. 39, p. 59-77, 2006.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. DE. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, jul. 2008.

WANG, S.; CHAO, C.; CAI, J.; NIU, B.; COPELAND, L.; WANG, S. Starch–lipid and starch–lipid–protein complexes: A comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2020.

WANG, S.; COPELAND, L. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: A review. **Food & Function**, v. 4, n. 11, p. 1564-1580, 2013.

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; GUL, K.; WANI, I. A. Rice Starch Diversity: Effects on Structural, Morphological, Thermal, and Physicochemical Properties-A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 5, p. 417-436, ago. 2012.

ZAVAREZE, E. D. R.; DIAS, A. R. G. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 317-328, 10 jan. 2011.

ZAVAREZE, E. DA R.; STORCK, C. R.; DE CASTRO, L. A. S.; SCHIRMER, M. A.; DIAS, A. R. G. Effect of heat-moisture treatment on rice starch of varying amylose content. **Food Chemistry**, v. 121, n. 2, p. 358-365, 15 jul. 2010.

ZHANG, B.; HUANG, Q.; LUO, F. XING; FU, X. Structural characterizations and digestibility of debranched high-amylose maize starch complexed with lauric acid. **Food Hydrocolloids**, v. 28, n. 1, p. 174-181, 2012.

ZHENG, M.; CHAO, C.; YU, J.; COPELAND, L.; WANG, S.; WANG, S. Effects of chain length and degree of unsaturation of fatty acids on structure and *in vitro* digestibility of starch-protein-fatty acid complexes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 8, p. 1872-1880, 2018.

ZIA-UD-DIN; XIONG, H.; FEI, P. Physical and chemical modification of starches: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 12, p. 2691-2705, 13 ago. 2017.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

AMORA-PRETA, BUTIÁ E PITANGA: COMPOSTOS BIOATIVOS E SUA ESTABILIDADE APÓS O PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

BLACKBERRY, BUTIÁ AND PITANGA: BIOACTIVE COMPOUNDS AND THEIR STABILITY AFTER FOOD PROCESSING

VERGARA, Lisiane[1]*; BUCHWEITZ, Lucia Tamires[2]; PRIETSCH, Kennia[3]; BORGES, Caroline[4]; CHIM, Josiane[4]; ZAMBIAZI, Rui Carlos[4]

[1]Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [2]Curso de Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [3]Mestra em Nutrição e Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [4]Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas
*Contato: lisianevergara@yahoo.com.br

RESUMO

A amora-preta, o butiá e a pitanga apresentam propriedades benéficas à saúde, as quais são atribuídas pela presença de compostos potencialmente bioativos, no entanto, esses compostos presentes nestas frutas são instáveis a altas temperaturas, na presença de luz e de oxigênio, condições que estão presentes durante o processamento de alimentos. Assim, com este estudo objetivou-se apresentar informações sobre frutas nativas, como a amora-preta, o butiá e a pitanga com foco nos compostos bioativos e sua estabilidade após o processamento. Este estudo tem por base uma revisão bibliográfica, realizada durante o período de dezembro de 2020 a janeiro de 2021, por meio de busca eletrônica no portal de Periódicos CAPES e Google acadêmico. O estudo foi dividido em tópicos, os quais abordaram sobre as frutas nativas (amora-preta, butiá e pitanga) e a estabilidade dos compostos bioativos após o processamento de alimentos. Com esta revisão, foi possível evidenciar o efeito do processamento sobre as características químicas relevantes das frutas, a exemplo dos compostos potencialmente bioativos, sendo observadas perdas desses compostos e com isso surge a necessidade de utilizar técnicas alternativas para aumentar a estabilidades destes compostos.

Palavras-chave: Polpas de frutas, processamento, degradação, estabilidade.

ABSTRACT

Blackberry, butiá and pitanga have beneficial health properties, which are attributed to the presence of potentially bioactive compounds. However, these compounds present in these fruits is unstable at high temperatures, in the presence of light and oxygen, conditions that are present during food processing. This study is based on a literature review, carried out from December 2020 to January 2021, through an electronic search on the CAPES Journal portal and google academic. The study was divided in topics which addressed native fruits (blackberry, butiá and pitanga) and the stability of bioactive compounds after food processing. With this review, it was possible to demonstrate the effect of processing on the relevant chemical characteristics of fruits, such as potentially bioactive compounds, with losses of these compounds being observed and with this arises the need to use alternative techniques to increase the stability of these compounds.

Keywords: Fruit pulp, processing, degradation, stability.

INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil tem se destacado pelo potencial de produção de pequenas frutas e frutas nativas, devido às condições edafoclimáticas e adaptação de espécies, resultando na produção de frutas *in natura* e de produtos derivados como balas mastigáveis, sucos, geleias, sorvetes, frutas secas, polpas, dentre outros. Dentre essas frutas nativas estão incluídas a amora-preta, o butiá e a pitanga.

A amora-preta (*Rubus* spp.) pertence à família Rosaceae, fruta originária da Ásia e produzida em países da Europa, da América do Norte e da América do Sul, em função do clima frio (Vizzotto, 2008). Esses frutos, incluindo a cv. Tupy, contêm quantidades apreciáveis de compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, taninos e antocianinas (Machado et al., 2015). Estudos demonstraram várias atividades biológicas da amora-preta em função de sua composição, incluindo a proteção contra estresse oxidativo (OS), endotoxicidade, doenças neurodegenerativas relacionadas à idade, obesidade, câncer e doenças cardiovasculares (Kaume et al., 2012; Sautebin et al., 2004; Serraino et al., 2003).

O butiá (*Butia* spp.) pertence à família Arecaceae, com distribuição no sul da América do Sul, ocorrendo naturalmente no sul do Brasil, leste do Paraguai, nordeste da Argentina e no noroeste e sudeste do Uruguai. No Rio Grande do Sul foi registrada a ocorrência de cinco espécies: *B. capitata*, *B. eriospatha*, *B. odorata*, *B. paraguayensis* e *B. yatay* (Rossato, 2007). O butiá contém vários compostos biologicamente ativos com potenciais benefícios à saúde, como o ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides (Hoffmann et al., 2017).

A pitanga (*Eugenia uniflora* L.) pertence à família Myrtaceae, e é originária da região que se estende desde o Brasil Central até o norte da Argentina. Esse fruto se destaca pela fácil adaptação às mais diferentes condições de clima e solo, o que permite seu cultivo em outras regiões do Brasil e do mundo. A pitanga é uma fruta que contém quantidades apreciáveis de vitaminas, principalmente as precursoras da vitamina A, e de compostos fenólicos e carotenoides, os quais estão relacionados com a capacidade antioxidante do fruto (Franzon, 2013; Moura et al., 2011; Lira et al., 2007; Vinholes et al., 2017).

As polpas desses frutos podem ser utilizadas para a elaboração de diversos alimentos, com o intuito de substituir o uso de corantes e aromatizantes artificiais, além de incorporar compostos benéficos à saúde que estão associados a estes frutos. No entanto, os compostos bioativos presentes nesses frutos são instáveis a altas temperaturas e na presença de luz e de oxigênio, condições que estão presentes durante o processamento de alimentos.

Assim, com esta revisão, objetiva-se apresentar informações sobre frutas nativas, como a amora-preta, o butiá e a pitanga com foco nos compostos bioativos e sua estabilidade após o processamento de alimentos.

METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica foi realizada no período de dezembro de 2020 a janeiro de 2021, por meio de busca eletrônica no portal Periódicos CAPES e Google acadêmico. A busca *online* ocorreu mediante consulta dos termos/descritores nos idiomas português e inglês: butiá, pitanga, amora-preta (*blackberry*), compostos bioativos (*compounds bioactive*), processamento (*processing*), degradação (*degradation*), estabilidade (*stability*).

DESENVOLVIMENTO

Amora-preta

A amora-preta (*Rubus* spp.) pertence à família Rosaceae, é uma espécie nativa do sudoeste da Ásia e produzida em países da Europa, da América do Norte e da América do Sul (Vizzotto, 2008; Carpanezzi et al., 2019; Sganzerla et al., 2021). A região Sul do Brasil tem se destacado como um dos principais polos de produção de pequenas frutas devido às condições edafo-climáticas e adaptação de espécies, resultando na produção de frutas *in natura* e de produtos derivados como polpas, sucos, geleias, sorvetes, frutas secas, dentre outros. Segundo Antunes et al. (2014), por ser uma cultura em expansão, há pouca informação atualizada a respeito da produção e da área plantada de amora-preta. De acordo com Strick et al. (2007), a área plantada com amora-preta no Brasil chega a aproximadamente, 500 ha, sendo que os principais estados produtores são Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Minas Gerais (Tullio e Ayub, 2013; Valeriano et al., 2021).

Dentre as cultivares de amora-preta, a cv. Tupy é considerada uma das mais importantes e mais cultivadas no Brasil. Essa cultivar apresenta como característica um porte ereto e vigoroso, presença de espinhos em suas hastes, que produz frutos em média de 8 a 10 g com sabor equilibrado da acidez e açúcar, sendo bastante apreciada pelos consumidores para consumo "*in natura*" (Raseira et al., 2012). Essa fruta contém quantidades apreciáveis de compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, taninos e antocianinas (Machado et al., 2015).

Vários estudos demonstraram as atividades biológicas da amora-preta, incluindo a proteção contra estresse oxidativo (OS), endotoxicidade, doenças neurodegenerativas relacionadas à idade, obesidade, câncer e doenças cardiovasculares (Kaume et al., 2012; Sautebin et al., 2004; Serraino et al., 2003).

A atividade antioxidante e, consequentemente, a atividade biológica da amora-preta é atribuída aos compostos fenólicos (Machado et al., 2015; Sariburun et al., 2010). Dentre esses, as antocianinas são responsáveis pela cor típica das amoras, e têm sido consideradas como potenciais substitutos dos corantes sintéticos na indústria de alimentos (Haminiuk et al., 2012; Li et al., 2012). Além disso, a amora-preta tem atividade antioxidante notavelmente maior do que o mirtilo (Kylli et al., 2010; Mzla et al., 2013; Wu et al., 2021). O conteúdo de compostos fenólicos em amora-preta varia de 261,95 a 929,62 mg EAG.100 g^{-1} de amostra fresca, dos

quais o grupo de ácidos fenólicos compreende entre 0,19 a 258,90 mg.100 g^{-1}, os flavonoides de 2,50 a 387,48 mg.100 g^{-1} e as antocianinas de 12,70 a 197,34 mg.100 g^{-1} (Vizzotto, 2012).

Jacques et al. (2010) quantificaram os teores de compostos bioativos em polpa de amora -preta da cultivar Tupy, obtendo 1938,70 mg ácido gálico por 100 g^{-1} de compostos fenólicos; dos quais 140,73 mg cianidina-3-glicosídio por 100 g^{-1} de antocianinas, e dentre os compostos fenólicos individuais analisados, o ácido gálico foi o ácido fenólico predominante.

Souza et al. (2014) avaliaram os compostos bioativos presentes na amora-preta (*Rubus* ssp.), obtendo 850,52 mg equivalente de ácido gálico 100 g^{-1} de compostos fenólicos, 87,03 mg equivalente de catequina por 100 g^{-1} de flavonoides, 58,61 mg cianidina-3-glicosídio por 100 g^{-1} de antocianinas. De acordo com esses mesmos autores essa fruta pode ser caracterizada como tendo uma alta concentração de compostos fenólicos.

Butiá

O butiá (*Butia* spp.) é uma palmeira nativa brasileira que pertence à família Arecaceae com distribuição no sul da América do Sul, ocorrendo naturalmente no sul do Brasil, leste do Paraguai, nordeste da Argentina e no noroeste e sudeste do Uruguai. No Rio Grande do Sul, oito espécies de *Butia* foram reconhecidas, sendo elas: *B. catarinensis*, *B. eriospatha*, *B. exilata*, *B. lallemantii*, *B. odorata*, *B. paraguayensis*, *B. witeckii* e *B. yatay* (Deble et al., 2011; Hoffmann, 2016).

O butiazeiro desperta interesse tanto como alternativa de renda para a agricultura na metade sul do estado do Rio Grande do Sul, quanto na diversificação para a agricultura familiar, onde a maioria dos palmares se encontram ameaçados de extinção, como uma população natural e componente paisagístico (Nunes et al., 2010). O butiazeiro ainda não possui cultivo comercial, sendo o fruto coletado na natureza e cuja exploração comercial é oriunda do extrativismo. A polpa, em função de seu aroma atrativo e sabor doce-acidulado, são utilizados para a produção de doces, sucos, sorvetes e licores (Hoffmann, 2016).

O butiá contém vários compostos biologicamente ativos com potenciais benefícios à saúde, incluindo o ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides (HOFFMANN et al., 2017). Denardin et al. (2015) avaliaram os compostos bioativos de extratos de butiá, obtendo 359,50 mg EAG.100 g^{-1} de compostos fenólicos, 3,85 μg de β-caroteno.g^{-1} de carotenoides e 9,351 mg.100 g^{-1} de ácido L-ascórbico.

Beskow et al. (2015) caracterizaram frutos de *Butia odorata* quanto ao conteúdo de compostos bioativos, sendo observado variação no conteúdo de compostos fenólicos de 280,50 a 398,50 mg.100 g^{-1}, teor de carotenoides de 2,80 a 4,08 mg.100 g^{-1}, conteúdo de antocianinas de 1,05 a 25,13 mg.100 g^{-1} e o teor de ácido L- ascórbico de 34,63 a 63,84 mg.100 g^{-1}.

Vinholes et al. (2017) também avaliaram as características dos frutos de *Butia odorata* quanto aos compostos bioativos, e neste estudo, o conteúdo de compostos fenólicos variou de 454,5 a 540,9 mg de EAC.100 g^{-1} de massa fresca, o teor de antocianinas de 1,2 a 1,5 mg de equivalentes de cianidina-3-glicosídeo.100 g^{-1} peso fresco, e o conteúdo de carotenoides de

1710,3 a 2865,2 µg de equivalentes de β-caroteno.100 g^{-1} de massa fresca.

Pitanga

A pitanga (*Eugenia uniflora* L.) pertence à família Myrtaceae, sendo oriunda da região que se estende desde o Brasil Central até o norte da Argentina. É uma espécie de fácil adaptação, estando deste modo, distribuída ao longo de quase todo o território nacional e também em várias partes do mundo. Do ponto de vista econômico, a pitanga representa uma fruta promissora a ser explorada pela agroindústria, pois não é utilizada apenas para o consumo *in natura*, mas também pode ser processada, principalmente para o preparo de polpas e sucos e, também, para sorvetes, picolés, doces, licores e fermentados (Denardin et al., 2015; Franzon et al., 2018; Franzon, 2013).

Apesar de não haver dados oficiais quanto à produção e comercialização da pitanga, estima-se que o Brasil seja o principal produtor mundial, sendo a região nordeste a principal exploradora dessa fruta, sendo utilizada para produção de celulose e suco. Além disso, o óleo essencial da folha é utilizado na fabricação de cosméticos. Apesar de alguns pomares comerciais serem encontrados também no sul do Brasil, a pitanga tem sido usada em quantidades muito pequenas para a fabricação de néctares por alguns pequenos negócios, e geralmente são vendidos apenas no mercado local, principalmente em feiras e exposições (Franzon et al., 2018).

O nome comum, pitanga, é da língua indígena Tupy, “pi’tãg”, que significa vermelho, em referência à cor dos frutos. A pitanga tem a aparência de uma pequena abóbora, de cor verde quando imatura e, com colorações laranja, vermelho a roxo escuro quando amadurecida. Os frutos desta espécie apresentam sabor equilibrado entre doce e ácido.

A composição química dos frutos é altamente variável, com uma média de 77% de polpa e 23% de sementes, contendo quantidades apreciáveis de vitaminas, principalmente as precursoras da vitamina A, e de compostos potencialmente bioativos, como compostos fenólicos e carotenoides, os quais estão relacionados com a capacidade antioxidante do fruto. Estudos têm apontado que a pitanga é um fruto com grande potencial inibitório da enzima alfa-glicosidase, sendo um indicativo de seu uso no controle de diabetes tipo 2 (Lira et al., 2007; Moura et al., 2011; Franzon, 2013; Vinholes et al., 2017).

Bagetti et al. (2011) avaliaram os compostos bioativos de pitangas com diferentes colorações de polpa (roxa, vermelha e laranja) de seleções cultivadas na Embrapa Clima Temperado (RS-Brasil), sendo o conteúdo de compostos fenólicos de 463 ± 16, 210 ± 3 e 179 ± 5 mg EAG.100 g^{-1} e o teor de antocianinas de 136 ± 6, 69 ± 3 e 25 ± 1 mg.100g^{-1}, respectivamente. Os carotenoides encontrados nas amostras de pitanga vermelha e laranja no presente estudo foram o licopeno (166 ± 7 e 151 ± 30 ug.g^{-1}), a β-criptoxantina (16 ± 2 e 34 ± 7 ug.g^{-1}) e o β-caroteno (2,9 ± 8 e 5,1 ± 0,8 ug.g^{-1}), respectivamente.

Denardin et al. (2015) avaliaram os compostos bioativos dos extratos dos frutos de pitanga vermelha coletados em diferentes regiões do Rio Grande do Sul, encontrando teores de

compostos fenólicos, de carotenoides e de ácido ascórbico de 433,84 mg EAG.100 g^{-1}, 5,86 ug de β-caroteno.g^{-1}, 0,086 mg.100 g^{-1}, respectivamente.

Estabilidade dos compostos bioativos no processamento de alimentos

Os compostos bioativos são sensíveis ao calor, sendo que a taxa de degradação varia com a severidade do processo (Shinwari e Rao, 2018).

O efeito do processamento térmico e do período de armazenamento sobre as propriedades antioxidantes e qualidade de cor de geleia de amora com baixo teor de açúcar foi avaliada por Poiana et al. (2011). De acordo com os resultados, o processamento térmico dos frutos levou a alterações estatisticamente significativas, com redução no teor de antocianinas monoméricas (92-93%), no conteúdo de vitamina C (54-78%), na atividade antioxidante medida pelo método de FRAP (30-41%) e no de teor de compostos fenólicos (25-43%).

Hoffmann et al. (2017) avaliaram a estabilidade de compostos bioativos na polpa de butiá após a pasteurização, durante 12 meses de armazenamento congelado. Após o processamento térmico a polpa pasteurizada apresentou redução de 5% no teor de compostos fenólicos, 10% no teor de flavonoides, 10% no teor de carotenoides e 17% no teor de ácido ascórbico.

Rockett et al. (2021) avaliaram a estabilidade dos compostos bioativos no butiá minimamente processado, armazenado em embalagens (com ou sem atmosfera modificada) sob condições de armazenamento refrigerado a 5ºC por 35 dias. Os resultados demonstraram que o tratamento com atmosfera modificada foi capaz de aumentar progressivamente o teor de carotenoides ao longo do período de armazenamento e com relação ao teor de vitamina C, após 10 dias de armazenamento foi observado uma redução de 30% e após 20 dias de armazenamento uma redução de 70% para os tratamentos embalado e atmosfera modificada, mas apesar dessa redução os teores desse composto foi superior quando comparado com a amostra aberta nos dias 10 e 15.

Vergara et al. (2018 a) avaliaram os compostos potencialmente bioativos em balas mastigáveis *diet* formuladas com polpa de pitanga e butiá. Foi observado que as condições de processamento influenciaram na redução de 70,42% e 69,68% no teor de carotenoides e 30,35% e 52,83% no conteúdo de compostos fenólicos, para as balas elaboradas com polpa de pitanga e butiá, respectivamente. Vergara et al. (2018 b) também estudaram o efeito da retenção de compostos bioativos em balas mastigáveis formuladas com polpa *blend.* O estudo demonstrou que houve redução de 27,62% no teor de compostos fenólicos e de 32,64% no teor de carotenoides. No teor de antocianinas foi observado a degradação total desse pigmento, quando comparada com a quantidade de polpa adicionada na formulação, de 7,2%. Esses mesmos autores sugeriram buscar alternativas para aumentar a estabilidade desses compostos bioativos através do processo de encapsulação desses compostos.

Neiva et al. (2016) avaliaram a estabilidade dos compostos bioativos presentes na geleia

de amora-preta, armazenadas em diferentes condições de tempo (0, 30, 60, 90 e 120 dias) e temperatura (4ºC e 25ºC). Foi observado que após 60 dias de armazenamento houve uma redução no teor de antocianinas de 12,43% para as geleias armazenadas a 4ºC e de 26,87% para as armazenadas a 25ºC. Com relação ao teor de vitamina C, após 120 dias de armazenamento essa redução foi de 16,14% e de 30%. Conclui-se portanto, que o tempo e a temperatura influenciaram na retenção dos compostos bioativos, sendo que o maior teor de perdas foi observado nas geleias armazenadas em temperatura ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta revisão foi possível evidenciar que as frutas nativas estudadas apresentam potenciais bioativos para serem usadas na forma de polpas durante o processamento de alimentos, mas que o processo muitas vezes acarreta em reduções significativas desses compostos. Sendo assim, devem-se buscar alternativas para a retenção desses compostos bioativos em condições ambientais, e manutenção da sua estabilidade no processamento e armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, I. dos. S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 100-111, 2014.

BAGETTI, M.; FACCO, E. M. P.; PICCOLO, J.; HIRSCH, G. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KOBORI, C. N.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Physicochemical characterization and antioxidant capacity of pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). **Food Science Technology**, v. 31, p. 147-154, 2011.

CARPANEZZI, A. A.; ZANONA, K.; VOLTZ, R. R. Separação botânica de espécies de *Rubus* da Região Metropolitana de Curitiba, 2019. Disponível em: **<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/recursos-geneticos-1/especies-introduzidas>**.

BESKOW, G. T.; HOFFMANN, J. F.; TEIXEIRA, A. M.; FACHINELLO, J. C.; CHAVES, F. C.; ROMBALDI, C. V. Bioactive and yield potential of jelly palms (*Butia odorata* Barb. Rodr.). **Food Chemistry**, v. 172, p. 699-704, 2015.

DEBLE, L. P.; MARCHIORI, J. N. C.; ALVES, F. D.; OLIVEIRA-DEBLE, A. S. Survey on *Butia* (Becc.) (Arecaceae) from Rio Grande do Sul state (Brazil). **Balduinia**, v. 30, p. 3-24, 2011.

DENARDIN, C. C.; HIRSCH, G. E.; ROCHA, R. F.; VIZZOTTO, M.; HENRIQUES, A. T.; MOREIRA, J. C. F.; GUMA, F. T. C. R.; EMANUELLI, T. Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 23, p. 387-398, 2015.

FRANZON, R. C. Pitanga: fruta de sabor agradável e de usos diversos. Embrapa Clima Temperado, 2013. Disponível em: **<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/976014/1/PitangaFranzon.pdf>**.

FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; VIÑOLY, M. D.; RASEIRA, M. d. C. B. **Pitanga– *Eugenia uniflora* L.** Exotic fruits, Elsevier, p. 333-338, 2018.

HAMINIUK, C. W. I.; ACIEL, G. M.; PLATA-OVIEDO, M. S. V.; PERALTA, R. M. Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 2023–2044, 2012.

HOFFMANN, J. F. **Abordagem metabolômica para acessar características de qualidade em frutos e produtos de *Butia* spp.** 2016. 78f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

HOFFMANN, J. F.; ZANDONÁ, G. P.; SANTOS, P. S. dos.; DALLMANN, C. M.; MADRUGA, F. B.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar. **Food Chemistry**, v. 237, p. 638-644, 2017.

KAUME, L.; HOWARD, L. R.; DEVAREDDY, L. The blackberry fruit: A review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 5716-5727, 2012.

KYLLI, P.; NOHYNEK, L. J.; PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; WESTERLUND-WIKSTRÖM, B.; MCDOUGALL, G.; STEWART, D.; HEINONEN, M. Rowanberry phenolics: Compositional analysis and bioactivities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 11985 -11992, 2010.

LI, H.; DENG, Z.; ZHU, H.; HU, C.; LIU, R.; JOVEM, J. C.; TSAO, R. Highly pigmented vegetables: Anthocyanin compositions and their role in antioxidant activities. **Food Research International**, v. 46, p. 250-259, 2012.

LIRA, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; SILVA, J. F. **Pitangueira**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA, 1ed. Recife -PE, 2007. 87p.

MACHADO, A. P. DA F.; PASQUEL-REÁTEGUI, J. L.; BARBERO, G. F.; MARTÍNEZ, J. Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. **Food Research International**, v. 77, p. 675-683, 2015.

MOURA, G. C.; FETTER, M. da. R.; VIZZOTTO, M.; ANTUNES, L. E. C. Compostos bioativos e atividade antioxidante de pitangas em função de diferentes estádios de maturação e espaçamentos de plantio, 2011. Comunicado Técnico. Disponível em: **<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/926693>**.

MZLA.; DLASAMLDZE, M.; VANIDZE. I.; DJAFARIDZE. E.; QAMADADZE; ALEKO; KALANDIA. Phenol compounds of blackberry (*Rubus caucasicus* focke and *Rubus anatolicus* L.) fruit and leaf. **Jour-**

nal of Chemistry and Chemical Engineering, v. 7, p. 539-546, 2013.

NEIVA, M. A.; LIMA, J. C.; PIRES, C. R. F.; LIMA, J. P.; LIMA, L. C. O. Avaliação da estabilidade de compostos bioativos de geleias de amora-preta armazeandas em diferentes temperaturas. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016. Disponível em: **<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/>**.

RASEIRA, M. C. B; FRANZON, R.C. **Melhoramento genético e cultivares de amora-preta e mirtilo**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.33, p. 11-20, maio/jun. 2012.

ROCKETT, F.; SHMIDT, H.; RODRIGUES, E.; FLÔRES, S.; RIOS, A. Application of refrigeration and packing can extend Butiá fruit shelf life. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101162, 2021.

ROSSATO, M. **Recursos genéticos de palmeiras do gênero Butiá do Rio Grande do Sul**. 2007. 136f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

SARIBURUN, E.; ŞAHIN, S.; DEMIR, C.; TÜRKBEN, C.; UYLAŞER, V. Phenolic content and antioxidant activity of raspberry and blackberry cultivars. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 328-335, 2010.

SAUTEBIN, L.; ROSSI, A.; SERRAINO, I.; DUGO, P.; PAOLA, R. DI.; MONDELLO, L.; GENOVESE, T.; BRITTI, D.; PELI, A.; DUGO, G.; CAPUTI, A. P.; CUZZOCREA, S. Effect of anthocyanins contained in a blackberry extract on the circulatory failure and multiple organ dysfunction caused by endotoxin in the rat. **Planta Medica**, v. 70, p. 745-752, 2004.

SHINWARI, K. J.; RAO, P. S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 75, p. 181-193, 2018.

SERRAINO, I.; DUGO, L.; DUGO, P.; MONDELLO, L.; MAZZON, E.; DUGO, G.; CAPUTI, A. P.; CUZZOCREA, S. Protective effects of cyanidin-3-O-glucoside from blackberry extract against peroxynitrite-induced endothelial dysfunction and vascular failure. **Life Sciences**, v. 73, p. 1097-1114, 2003.

SGANZERLA, W. G.; RIBEIRO, C. P. P.; ULIANA, N. R.; RODRIGUES, M. B. C.; da ROSA, C. G.; FERRAREZE, J. P.; VEECK, A. P. de L.; NUNES, M. R. Bioactive and pH-sensitive films based on carboxymethyl cellulose and blackberry (*Morus nigra* L.) anthocyanin-rich extract: A perspective coating material to improve the shelf life of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, p. 101989, 2021.

Souza, V. R. de.; PEREIRA, P. A. P.; SILVA, T. L. T. da.; LIMA, L. C. de O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362-368, 2014.

STRIK, B. C.; CLARK, J. R.; FINN, C. E.; BAÑADOs, M. P. Worldwide blackberry production. **HortTechnology**, v. 17, p. 205-213, 2007.

TULLIO, L.; AYUB, R. A. Produção da amora-preta cv tupy, em função da intensidade da poda. **Seminários Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1147-1152, 2013.

VALERIANO, F. R.; MONTEIRO, H. de C.; SOTÃO, H. M. P.; FIALHO, C. M. T.; OLIVEIRA, I. T. de.; First report of *Kuehneola uredinis* (Link) Arthur infecting blackberry in Brazil. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. xxx, p. xxxx, 2021.

VINHOLES, J.; LEMOS, G.; BARBIERI, R. L.; FRANZON, R. C.; VIZZOTTO, M. *In vitro* assessment of the antihyperglycemic and antioxidant properties of araçá, butiá and pitanga. **Food Bioscience**, v. 19, p. 92-100, 2017.

VIZZOTTO, M. Amora-Preta: uma Fruta Antioxidante. 2008. Embrapa. Disponível em: **<http://www.cpact.embrapa.br/imprensa/artigos/artigos_2008.php/>**.

VERGARA, L. P.; OLIVEIRA, R. M.; CHIM, J. F.; BORGES, C. D.; ZAMBIAZI, R. C.; FRANZON, R. C. Avaliação dos compostos potencialmente bioativos em balas mastigáveis diet formuladas com polpa de pitanga e de butiá. Anais, **2º Workshop de compostos bioativos e qualidade de alimentos – Tecnologias emergentes para reaproveitamento de resíduos agroindustriais**, 2018a.

VERGARA, L. P.; OLIVEIRA, R. M.; FRANZON, R. C; CHIM, J. F.; BORGES, C. D.; ZAMBIAZI, R. C. Efeito da retenção de compostos bioativos em balas

mastigáveis formuladas com polpa *blend*. **Revista da 15º Jornada de Pós-graduação e Pesquisa**, Congrega Urcamp, v. 15, 2018b.

WU, G.; FAN, G.; ZHOU, J.; LIU, X.; WU, C.; WANG, Y. Structure and main polyphenols in the haze of blackberry wine. **LWT – Food Science and Technology**, v. 149, p. 111821, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

ANÁLISE DE ALIMENTOS VIA SMARTPHONE: UMA BREVE REVISÃO

SMARTPHONE-BASED FOOD ANALYSIS: A SHORT REVIEW

GONÇALVES, Jenisson Linike Costa[1]*; DE JESUS, Ellen Karine Santos[1]; DA SILVA, Patrícia Santos[1]; PAGANI, Alessandra Almeida Castro[1]

[1]Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe - UFS
*Contato: jenissonlinike@gmail.com

RESUMO

Os métodos tradicionais de análises de alimentos possuem algumas desvantagens em comparação com métodos modernos, como a necessidade de equipamentos e matérias-primas de alto valor, alto tempo de análise e de capacitação dos analistas, geração de resíduos poluentes e de difícil descarte, entre outros. Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos alternativos e com tecnologias "verdes" são necessários. O uso de smartphones como ferramenta de análise traz alta praticidade e rápida entrega de resultados para análises de alimentos. O objetivo deste artigo de revisão foi mostrar diferentes possibilidades de uso dessa tecnologia, através de artigos científicos obtidos nas bases de dados *Science Direct* e *Scholar Google*, dos quais foram verificadas análises para detecção de fraudes, resíduos de antibióticos, presença de alergênicos, oxidação em óleos, determinação de compostos bioativos e outros analitos. Essas pesquisas tem em comum a busca pela simplificação dos métodos, redução de custo de análise, eficiência na entrega de resultados, mantendo a confiabilidade dos métodos tradicionais de análise de alimentos.

Palavras-chave: Smartphone, análise de alimentos, imagens digitais, métodos alternativos.

ABSTRACT

Traditional food analysis methods have some disadvantages compared to modern methods, such as the need for high-value equipment and raw materials, long analysis time and analyst training, generation of pollutants and difficult-to-dispose residues, among others. In this context, the development of alternative methods with "green" technologies is necessary. Smartphone use as an analysis tool brings high practicality and fast delivery of results for food analysis. The purpose of this review article was to show different possibilities for using this technology, through scientific articles obtained from the Science Direct and Scholar Google databases, from which analysis were verified for fraud detection, antibiotic residues, presence of allergens, oxidation in oils, determination of bioactive compounds and other analytes. These researches have in common the search for the simplification of the methods, cost reduction of analysis, efficiency in the delivery of results, maintaining the reliability of the traditional methods of food analysis.

Keywords: Smartphone, food analysis, digital images, alternative methods.

INTRODUÇÃO

Os laboratórios de controle de qualidade que utilizam métodos tradicionais de análise de alimentos apresentam algumas desvantagens em relação aos métodos modernos e inovadorores, como a necessidade de equipamentos e matérias-primas de alto valor, tempo elevado para o preparo e realização das análises, e consequentemente para a liberação de resultados, treinamento avançado para os analistas (Masino et al., 2005; Lucas et al., 2021), grande geração de resíduos, os quais só podem ser descartados após tratamento adequado, tornando-se um problema ambiental de poluição com material tóxico quando manejado de forma incorreta (Galuszka et al., 2013; Lucas et al., 2021). Esses fatores dificultam a dinâmica de rapidez na entrega de resultados, principalmente em indústrias de alimentos, que dependem dessas análises para liberação de matérias-primas e produtos acabados.

Visando a solução dos problemas supracitados, a ciência de alimentos vem trabalhando para desenvolver métodos alternativos com o emprego de tecnologias que minimizem os gastos com matéria-prima, reduzam os impactos ambientais e tenham fácil aplicabilidade para uso em laboratórios e/ou diretamente no local de amostragem, tornando a entrega de resultados mais rápida e eficiente (Anastas e Eghbali, 2010; Lucas et al., 2021).

Dentre esses métodos alternativos, "verdes", o desenvolvimento de técnicas com a utilização de smartphones tem se mostrado promissora em razão da ampla utilização dos aparelhos e da sua alta praticidade (Rateni et al., 2017).

A maioria dos aparelhos possui câmeras com alta resolução permitindo a obtenção de imagens digitais que podem ser convertidas em dados, e com o auxílio de aplicativos e softwares, interpretar esses dados transformando-os em resultados para as mais diversas análises (Perino et al., 2013), a exemplo do teste colorimétrico para detecção de um analito ou composto bioativo específico (Caramês, et, al. 2021); combinação entre um olho eletrônico biônico e um sistema de leitura colorimétrica em smartphone para análises bioquímicas (Su et al., 2015); colorimetria digital em smartphone para determinação de proteínas do leite e detecção de adulteração (Silva e Rocha, 2020); sensor baseado em smartphone para detecção colorimétrica e quimioluminescente de flúor (Xing et al., 2020), entre outros.

Dentro desse contexto, e visto a necessidade da busca por métodos alternativos, rápidos e verdes de análise de alimentos, com confiabilidade semelhante aos métodos tradicionais, o objetivo deste artigo de revisão é mostrar as últimas atualizações em soluções viáveis para análise de alimentos utilizando smartphone como ferramenta.

METODOLOGIA

O presente artigo de revisão foi desenvolvido a partir dos trabalhos pesquisados nas bases de dados *Scholar Google* e *Science Direct*, nas quais foram utilizadas para pesquisa as palavras-chave *"smartphone-based" and "image" and "food analysis"*. O resultado foi filtrado para

2021, e após análise do conteúdo, foram selecionados os artigos da referida temática publicados em revistas internacionais para o desenvolvimento da revisão, a qual foi dividida nos subtemas detecção de fraude, detecção de resíduo de antibióticos, detecção de alergênicos, detecção de oxidação em óleos e determinação de compostos bioativos e analitos.

DESENVOLVIMENTO

Detecção de fraude

Historicamente, as fraudes alimentares constituem um dos principais problemas que a cultura de segurança de alimentos enfrenta, pois podem passar despercebidas pelas inspeções, prejudicando a saúde do consumidor e causando prejuízos para seus produtores (Esteki et al., 2019). Um dos produtos que mais sofrem com fraudes é o leite (Silva et al., 2021), o qual só pode ser aceito na plataforma de recepção das indústrias após uma série de análises para verificar suas características e a presença de substâncias não características do produto (Abrantes et al., 2014).

Os autores Silva et al. (2021) desenvolveram uma abordagem nova, rápida e econômica para determinar a presença do contaminante formaldeído no leite, popularmente conhecido como “formol”, substância que visa estender a vida útil do produto ao mascarar as más condições de higiene do local de produção e armazenamento.

O método consiste na colorimetria da imagem digital de smartphone do produto formado na reação entre o leite e o reagente de Schiff, seguido pela conversão das imagens em valores RGB (sistema de cores) usando o aplicativo gratuito *ColorGrab* (Loomatix®, versão 3.6.1, 2017). Essa metodologia utiliza somente a precipitação de proteínas em meio ácido para preparar a amostra e alguns µg dos reagentes na determinação do analito. Foi possível atingir um bom limite de detecção e em comparação com um procedimento de referência (HPLC com detecção de UV após derivatização do analito e extração líquido-líquido), os resultados concordaram em um nível de confiança de 95%. O procedimento pode ser facilmente implementado em indústrias, visto a baixa complexidade (Silva et al., 2021).

Um tipo de detecção de fraude em alimentos através do imunoensaio colorimétrico em smartphone foi desenvolvido para a detecção de adulteração de carne de porco (Seddaoui e Amine, 2021). O método consiste em comparar o IgG suíno padrão imobilizado com o IgG suíno alvo extraído em uma única etapa de amostras de carne. Os materiais utilizados foram microplacas de poliestireno como imunoplataformas estáveis e portáteis prontas para uso, TMB (tetrametilbenzidina) como substrato cromogênico, smartphone como leitura de sinal e o software Image J para processamento da imagem. Os resultados obtidos detectaram até 0,01% de carne suína, resposta seletiva em comparação com outras espécies de carnes, boa estabilidade em condições extremas de temperatura e erro relativo.

Detecção de resíduo de antibióticos

A detecção de antibióticos é uma análise importante para indústria de leite, uma vez que resíduos desses compostos podem aparecer no produto em razão dos tratamentos de doenças nas vacas, ou seja, caso não seja respeitado o período de carência do animal, o leite pode estar contaminado e representar um perigo para o consumidor (Abrantes et al., 2014). Nesse contexto, os autores Xu et al. (2021) desenvolveram um sensor baseado em papel de leitura dupla com detecção por smartphone para a determinação quantitativa de penicilinase. O sensor é obtido por hidrogelação de alginato mediada pela penicilinase, que altera a viscosidade e o pH da solução de reação. Essa solução é gotejada em um papel de filtro de éster de celulose, revestido com um indicador de cor. Os sinais são obtidos no ponto de detecção no papel, no qual se observa as mudanças no diâmetro de difusão e na cor do ponto, por meio de um dispositivo de leitura no smartphone. O método apresenta excelente sensibilidade e reprodutibilidade para detecção de penicilinase em amostras de leite (Xu et al., 2021).

Para detecção de cefalexina, foi projetada uma sonda de fluorescência ratiométrica de emissão dupla combinada com smartphone (Hao et al., 2021). Consiste na sintetização de pontos de carbono fluorescentes emissores das cores azul e vermelho, na razão de intensidade entre esses pontos de fluorescência com base no aumento da concentração de cefalexina. A detecção no smartphone foi construída de acordo com a mudança de cor sob a lâmpada UV, no qual uma imagem foi obtida através da câmera do smartphone para avaliação do valor RGB no aplicativo seletor de cores. O método, relativamente simples e portátil, mostrou-se eficaz para determinar a quantidade de cefalexina em amostras de leite, com recuperação entre 94,1% e 102,2% (Hao et al., 2021).

Detecção de alergênicos

A detecção de proteínas alergênicas pode ser utilizada como um indicador de contaminação cruzada em processos industriais, sendo uma etapa muito importante para indicação de alerta de alergênicos na rotulagem de alimentos (Marques e Damy-Benedetti, 2017; Palhares et al., 2021).

Os autores Zhang et al. (2021) desenvolveram um método de detecção baseado na utilização de nanozimas (enzimas sintéticas) bioinspiradas com atividade catalítica do tipo lacase, no qual foi construído um ensaio imunoenzimático tendo a nanozima como alternativa à enzima natural, para detecção da proteína alergênica alfa-lactalbumina. As nanozimas preparadas catalisam a reação de acoplamento oxidativo entre 2,4-diclorofenol (2,4-DP) e 4-aminoantipirina (4-AP) e produzem um produto vermelho, destinado à detecção da proteína. A técnica atingiu alto rendimento, amplo limite de detecção e alta especificidade, pela integração do ensaio imunoenzimático com o smartphone, mostrando excelente aplicabilidade na análise de amostras de alimentos (Zhang et al., 2021).

A histamina é uma substância reconhecidamente alergênica, a qual ocorre naturalmente

em frutos do mar e pode causar problemas de saúde aos consumidores quando consumida em alta quantidade (Takemoto et al., 2019). Nesse contexto, a detecção do nível de histamina em produtos com frutos do mar é de interesse dos produtores e dos órgãos fiscalizadores. Os autores Venkatesh et al. (2021) desenvolveram um sistema de detecção de histamina (100–500 ppm) baseado em impedância construído em um substrato flexível, com seletividade fornecida pela tecnologia de impressão molecular. Após a leitura molecular, um sinal via *blue-tooth* é enviado ao smartphone com o resultado da leitura, fornecendo resultados confiáveis.

Detecção de oxidação em óleos

A oxidação é um dos grandes desafios da indústria de alimentos, processo que pode ocorrer durante o processamento e armazenamento dos produtos, gerando substâncias indesejáveis como o malondialdeído (MDA). Geralmente, a análise de oxidação é realizada com ácido tiobarbitúrico (TBA) em uma reação lenta, dissolvido em uma solução aquosa de etanol, acidificado, para produzir um aduto MDA-TBA de cor rosa (Grazioli et al., 2021). Os autores Grazioli et al. (2021) reproduziram essa reação de maneira simplificada, utilizando um solvente eutético profundo, como cloreto de colina-ácido malônico, o que permitiu a detecção de MDA suficiente para montar rótulos inteligentes colorimétricos para uso em alimentos embalados.

Foram produzidos discos de papel embebidos em concentração controlada de ácido tiobarbitúrico dissolvido no solvente eutético, que ao entrar em contato com os vapores das amostras analisadas, proporciona a formação do aduto de cor rosa. Além disso, foi montado um dispositivo que permite a quantificação de MDA por medições de refletância em smartphone. Esse procedimento traz resultados em boa concordância com valores previamente relatados na literatura para amostras semelhantes (Grazioli et al., 2021).

Outro tipo de identificador de oxidação à base de papel é o nariz optoeletrônico simples, projetado em uma configuração de QR Code para avaliar o odor de azeite (Conrado et al., 2021). O código QR químico foi fabricado com a adição de 12 corantes, que fornecem dados resultantes da interação entre os compostos voláteis do produto e a matriz colorimétrica. Partindo dessa configuração, uma imagem de smartphone é obtida e a partir desta, é possível quantificar o nãoanaldeído como um marcador de oxidação, e além disso, discriminar azeite de oliva e outras amostras de óleo comestível e identificar óleos oxidados por meio de análise de componentes principais e análise de componentes hierárquicos (Conrado et al., 2021).

Determinação de compostos bioativos e analitos

A criação de métodos rápidos para determinação de compostos bioativos e analitos é de grande interesse, visto a complexidade dos métodos tradicionais. Para detecção de analitos, os autores Luo et al. (2021) desenvolveram um fotômetro de comprimento de onda múltiplo baseado em smartphone para detecção local, portátil e econômico, projetado para a quantificação de ensaios colorimétricos líquidos. Seis diodos emissores de luz (LEDs) com diferentes

comprimentos de onda foram montados em uma roleta para formar a fonte de detecção de luz. Um sensor de luz ambiente de smartphone foi aplicado como detector. Usando este sistema, foi possível detectar seis analitos séricos comuns, incluindo fosfatase alcalina, potássio, cloreto, alanina aminotransaminase, proteína sérica glicada e albumina. Os resultados mostraram excelente concordância do método com um leitor profissional de microplacas, podendo ser redesenhado para múltiplas indicações, como análises de segurança de alimentos (Luo et al., 2021).

Imagens de smartphone podem ser aplicadas no controle de qualidade do açaí liofilizado, através da determinação de antocianinas totais, teor de polifenóis e capacidade antioxidante, utilizando resultados de referência a métodos tradicionais. Camarês et al. (2021) construiu um modelo preditivo baseado em regressão quadrada parcial mínima que se mostrou promissor para uso na indústria de alimentos, apresentando desvio de predição residual baixa.

A determinação de cobre pode ser realizada com sucesso unindo a microextração baseada em microfluidos com a detecção em chip usando smartphone (Shahvar et al., 2021). Todas as etapas do método são realizadas em microchip, sendo o princípio baseado na formação de um par iônico entre o tetrabutilamônio e o ânion tetratiocianatocuprato (II), extraído com um extratante adequado e subsequente detecção de cor por meio de um smartphone, o qual serve como detector e unidade de processamento de dados. O método foi aplicado com sucesso para a determinação de cobre em cogumelos e amostras de água, e quando comparado com a técnica de absorção atômica, não foi observada diferença significativa em termos de precisão (Shahvar et al., 2021).

Outra possibilidade para detecção de cobre foi desenvolvida pelos autores Franco et al. (2021), baseando-se em uma tira de papel funcionalizada com cuprizone e otimizada por meio de um Box-Behnken, para analisar o teor de cobre em aguardente de cana-de-açúcar. A determinação quantitativa do metal pode ser realizada pela imagem digital obtida em smartphone, no qual a recuperação de Cu^{2+} variou de 80 a 103,8%. Representa uma proposta barata, precisa, simples e que pode ser facilmente disseminada no ambiente produtivo (Franco et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos alternativos e verdes de análise de alimentos são considerados tendência na ciência e tecnologia de alimentos, como exemplificado, técnicas que utilizam smartphone permitem uma alta praticidade e simplicidade em contextos nos quais os processos de produção do alimento em si já apresentam complexidade.

São diversas as possibilidades de uso dessa tecnologia, como análises de detecção de fraudes, resíduos de antibióticos, presença de alergênicos, oxidação em óleos, determinação de compostos bioativos e outros analitos, em métodos que visam redução de custo e entrega rápida de resultados, porém, mantendo a confiabilidade dos métodos tradicionais de análise de alimentos.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, M. R.; CAMPÊLO, C. S.; SILVA, J. B. A. Fraude em leite: Métodos de detecção e implicações para o consumidor. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, n. 3, p. 244-251, 2014.

CARAMÊS, E. T. S.; BAQUETA, M. R.; CONCEIÇÃO, D. A.; PALLONE, J. A. L. Near infrared spectroscopy and smartphone-based imaging as fast alternatives for the evaluation of the bioactive potential of freeze-dried acai. **Food Research Internacional**, Campinas, v.140, 2021.

CONRADO, J. A. M.; SEQUINEL, R.; DIAS, B. C.; SILVESTRE, M.; BATISTA, A. D.; PETRUCI, J. F. D. S. Chemical QR Code: A simple and disposable paper-based optoelectronic nose for the identification of olive oil odor. **Food Chemistry**, v. 350, p. 129243, 2021.

ESTEKI, M.; REGUEIRO, J.; SIMAL-GÁNDARA, J. Tackling fraudsters with global strategies to expose fraud in the food chain. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 18, n. 2, p. 425-440, 2019.

FRANCO, M. D. O. K.; SUAREZ, W. T.; DOS SANTOS, V. B.; RESQUE, I. S.; DOS SANTOS, M. H.; CAPITÁN-VALLVEY, L. F. Microanalysis based on paper device functionalized with cuprizone to determine Cu^{2+} in sugar cane spirits using a smartphone. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 253, p. 119580, 2021.

GAŁUSZKA, A.; MIGASZEWSKI, Z.; NAMIEŚNIK, J. The 12 principles of green analytical chemistry and the significance mnemonic of green analytical practices. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 50, p. 78-84, 2013.

GRAZIOLI, C.; FAURA, G.; DOSSI, N.; TONIOLO, R.; TUBARO, F.; TERZI, F.; BONTEMPELLI, G. A colorimetric paper-based smart label soaked with a deep-eutectic solvent for the detection of malondialdehyde. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 329, p. 129174, 2021.

HAO, A. Y.; WANG, X. Q.; MEI, Y. Z.; NIE, J. F.; YANG, Y. Q.; DAI, C. C. A smartphonecombined ratiometric fluorescence probe for specifically and visibly detecting cephalexin. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 249, p. 119310, 2021.

LUCAS, B. N.; SCHÚ, A. I.; MICHELON, F. Uso de smartphone como alternativa inovadora no controle de qualidade de alimentos: uma breve revisão. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Volume 3.** Editora Científica, v. 3, p. 278-288, 2021.

LUO, W.; DENG, J.; HE, J.; HAN, Z.; HUANG, C.; LI, Y.; CHEN, H. A smartphone-based multi-wavelength photometer for on-site detection of the liquid colorimetric assays for clinical biochemical analyses. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 329, p. 129266, 2021.

MASINO, F.; CHINNICI, F.; FRANCHINI, G. C.; ULRICI, A.; ANTONELLI, A. A study of the relationships among acidity, sugar and furanic compound concentrations in set of casks for. Aceto Balsamico Tradizionale of Reggio Emilia by multivariate techniques. **Food Chemistry**, v. 92, n. 4, p. 673-679, 2005.

PERINO, S.; PETITCOLAS, E.; DE LA GUARDIA, M.; CHEMAT, F. Portable microwave assisted extraction: Na original concept for green analytical chemistry. **Journal of Chromatography A**, v. 1315, p. 200-203, 2013.

RATENI, G.; DARIO, P.; CAVALLO, F. Smartphone-based food diagnostic technologies: a review. **Sensors**, v. 17, n. 6, p. 1453, 2017.

SEDDAOUI, N.; AMINE, A. Smartphone-based competitive immunoassay for quantitative on site detection of meat adulteration. **Talanta**, v. 230, p. 122346, 2021.

SHAHVAR, ALI; SHAMSAEI, D.; SARAJI, M.; ARAB, N.; ALIJANI, S. Microfluidic-based liquid-liquid microextraction in combination with smartphone-based on-chip detection for the determination of copper in biological, environmental, and food samples. **Microchemical Journal**, v. 160, p. 105655, 2021.

SILVA, A. F. S.; ROCHA, F. R. P. A novel approach to detect milk adulteration based on the determination of protein content by smartphone-based digital image colorimetry. **Food Control**, v. 115, p. 107299, 2020.

SILVA, A. F. S.; GONÇALVES, I. C.; ROCHA, F. R. P. Smartphone-based digital images as a novel approach to determine formaldehyde as a milk adulterant. **Food Control**, v. 125, p. 107956, 2021.

SU, K.; ZOU, Q.; ZHOU, J.; ZOU, L.; LI, H.; WANG, T.; HU, N.; WANG, P. High-sensitive and high-efficient biochemical analysis method using a bionic electronic eye in combination with a smartphone-based colorimetric reader system. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 216, p. 134-140, 2015.

TAKEMOTO, E.; MORICONI, P. R.; MAZON, E. M. D. A. D.; RODRIGUES, R. S. M.; GLÓRIA, M. B. A.; PINOTTI, A. M. S.; BERNARDES, E. R. Peixe bonito assado: um caso de surto de intoxicação por histamina. **BEPA, Boletim epidemiologico paulista (Impr.)**, v. 16, n. 185/186, p. 1-10, 2019.

VENKATESH, S.; YEUNG, C. C.; LI, T.; LAU, S. C.; SUN, Q. J.; LI, L. Y.; ROY, V. A. Portable molecularly imprinted polymer-based platform for detection of histamine in aqueous solutions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 410, p. 124609, 2021.

XING, Y.; ZHU, Q.; ZHOU, X.; QI, P. A dual-functional smartphone-based sensor for colorimetric and chemiluminescent detection: A case study for fluoride concentration mapping. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 319, p. 128254, 2020.

XU, J.; CHEN, X.; KHAN, H.; YANG, L. A dual-readout paper-based sensor for on-site detection of penicillinase with a smartphone. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 335, p. 129707, 2021.

ZHANG, X.; WU, D.; WU, Y.; LI, G. Bioinspired nanozyme for portable immunoassay of allergenic proteins based on A smartphone. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 172, p. 112776, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE LEITE CRU: REVISÃO DE LITERATURA

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF RAW MILK: LITERATURE REVIEW

PADILHA, Vinicius[1]*; MATTANNA, Paula[2]

[1]Agronomia/Universidade Tuiuti do Paraná. Contato: viniciuspadilhaagro@gmail.com
[2]Docente do curso de Agronomia/Universidade Tuiuti do Paraná

RESUMO

A ausência de qualidade no leite pode proporcionar perdas econômicas para os produtores e para a indústria e causar riscos à saúde dos consumidores. Com o mercado cada vez mais exigente, se faz necessário a realização de análises buscando padronizar a atividade leiteira. O presente artigo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura referente a análise físico-química e microbiológica de leite cru produzido no Brasil. Foram selecionados 25 artigos científicos com o objetivo de analisar os testes realizados e os resultados obtidos, bem como parâmetros adequados para obtenção de uma boa qualidade da matéria-prima, concluindo que a produção leiteira apresenta problemas de qualidade do produto, uma vez que os artigos revisados apresentaram altos valores de Contagem de Células Somáticas (CCS) e Contagem Bacteriana Total (CBT). Assim, se faz necessário a implantação de sistema de auxílio ao produtor em relação a correta realização das boas práticas de higiene e produção leiteira, bem como a realização de fiscalizações pelos órgãos governamentais a fim de melhorar a qualidade da matéria-prima.

Palavras-chave: Leite cru, Contagem Células Somáticas, Contagem Bacteriana Total.

ABSTRACT

The lack of quality in milk can lead to economic losses for producers and the industry and cause health risks for consumers. With the increasingly demanding market, it is necessary to carry out analyzes seeking to the dairy activity. This article aimed to conduct a literature review regarding the physical-chemical and microbiological analysis of raw milk produced in Brazil. 25 scientific articles were selected in order to analyze the tests performed and results obtained, as well as adequate parameters to obtain a good quality of raw material, concluding that dairy production presentes product quality problems, since the articles reviewed showed high values of somatic cell count (CCS) and total bacterial count (CBT), so it is necessary to implemente a suport system for the producer in relation to the correct implementation of good hygiene and milk production practices, as well as the implementation of inspections by government agencies in order to improve the quality of raw materials.

Keywords: Raw milk, somatic cell count, total bacterial count.

INTRODUÇÃO

O leite e seus derivados estão entre os alimentos mais consumidos no mundo por ser um alimento altamente nutritivo e essencial na alimentação humana, estando sujeito a fraudes e a transmissões de doenças caso não tenha um eficiente controle de qualidade (MOURA et al., 2020a).

A microbiota do leite também é importante no que diz respeito à saúde pública, pois várias zoonoses importantes podem ser transmitidas ao homem por agentes etiológicos (MENEZES et al., 2014).

Devido à disponibilidade de nutrientes, é um alimento suscetível às alterações físico-químicas e deterioração por microrganismos que encontram condições favoráveis para multiplicação (FILHO et al., 2020).

A má qualidade microbiológica e físico-química é um fator que ainda causa sérios problemas em toda a cadeia leiteira, mais especificamente para o leite cru, fatores como falta de controle sanitário do rebanho e de prática inadequadas de higiene, na cadeia produtiva do leite contribuem para a baixa produtividade e qualidade do leite cru no Brasil (VILELA et al., 2016).

A análise da composição físico-química do leite tem importância haja vista que, juntamente com as análises microbiológicas identifica os parâmetros de qualidade do leite possibilitando se estabelecer, desta forma, um critério de pagamento ao produtor (BRITO, 1998).

O teste de Dornic tem sido utilizado para a avaliação do leite, tendo por objetivo detectar aumentos na concentração de ácido láctico, uma vez que esse ácido é indicativo da fermentação da lactose por bactérias mesófilas e, consequentemente, pode indicar qualidade microbiológica inadequada da matéria- prima. No entanto, não é somente a presença de ácido lático que determina a acidez; outros componentes do leite também interferem nesse parâmetro e, entre esses compostos, podem-se destacar citratos, fosfatos e proteínas (FONSECA; SANTOS, 2000).

A análise de acidez é um dos testes preconizados e para avaliar o grau de qualidade do leite, pois qualquer aumento de acidez além dos valores normais é um indicativo da ação de microrganismos sobre a lactose, que é metabolizada a ácido láctico. A acidez pode ser determinada qualitativamente pelo teste de alizarol e quantitativamente pela titulação ou pH. A acidez titulável é expressa em graus Dornic (°D) e seu resultado pode variar de 14-18°D. A determinação do pH através de pHmetros é outra forma de se conhecer a acidez do leite e derivados, apresentando-se, normalmente, na faixa de variação entre 6,6 e 6,8 (MAGRI, 2015).

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, em que foram selecionados, reunidos e sintetizados artigos na área de interesse. As pesquisas foram realizadas em bases de dados científicos Scielo e Google Acadêmico, selecionando artigos nacionais a fim de revisar a bibliografia a respeito de análise físico-química e microbiológica de lei cru produzido no Brasil. As palavras- chaves utilizadas foram *Análise físico-química*, *Leite cru*, *Microbiológica*, *Contagem Células Somáticas* e *Contagem Bacteriana Total*. Foram selecionados 25 trabalhos entre artigos científicos e dissertações dos anos de publicação de 2000 até 2020, para apresentação de dados e resultados apresentados.

DESENVOLVIMENTO

As células somáticas do leite originam-se do sangue (linfócitos, macrófagos e neutrófilos) e células epiteliais de descamação da própria glândula mamária presentes no leite. Essas células são um indicativo da ocorrência de inflamação intramamária e podem ser usadas para distinguir uma glândula mamária infectada de uma não infectada (SANTOS; FONSECA, 2007). Os principais mecanismos pelos quais ocorre modificação nas concentrações dos componentes do leite, com a elevação dos níveis de Contagem de Células Somáticas (CCS), são as lesões às células do epitélio secretor, decorrente da mastite o que resulta em alteração da concentração de lactose, proteína e gordura e em aumento da permeabilidade das células epiteliais, que determina a elevação da passagem de substâncias do sangue para o leite, tais como sódio, cloro, imunoglobulinas e outras proteínas séricas (VARGAS et al., 2014).

A Contagem Bacteriana Total (CBT) do leite cru é um teste utilizado para avaliar a qualidade microbiológica do leite, indicando as condições de higiene na obtenção e no manuseio do leite nas propriedades. Altos valores indicam falhas na higiene dos equipamentos de ordenha, resfriamento, tempo e temperatura de armazenagem do leite, resultando em um produto com menor rendimento para queijo, diminuição do tempo de prateleira e falta de estabilidade dos produtos, prejudicando o processamento de derivados (HILL et al., 2011).

A instrução normativa N° 76 de novembro de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária Abastecimento (MAPA) busca padronização de qualidade de leite e apresenta os padrões aceitáveis de leite cru (refrigerado teor mínimo de gordura de 3,0g /100 g, teor mínimo de proteína total de 2,9 g/100 g), teor mínimo de lactose anidra de 4,3g /100 g, teor mínimo de sólidos não gordurosos de 8,4 g/100 g, teor mínimo de sólidos totais de 11,4 g/100 g, acidez titulável entre 0,14 e 0,18 expressada em gramas de ácido lático/100 mL, estabilidade ao alizarol na concentração mínima de 72% v/v, densidade relativa a 15ºC/15ºC entre 1,028 e 1,034, índice crioscópico entre -0,530ºH e -0,555°H equivalentes a -0,512ºC e a 0,536ºC, respectivamente (BRASIL, 2018).

Segundo Ramos et al. (2014), que realizaram a avaliação de produção de leite de produtores rurais de quatro comunidades identificadas por A, B, C e D, realizando a análise de qua-

lidade microbiológica na comunidade identificada pela letra (C) totalizando 10 produtores. Foi possível observar que os produtores identificados através dos números 1, 3, 4, 8 e 10 da comunidade (C) estavam em desacordo com o padrão exigido pela legislação em vigência em relação a CBT sendo que 55% dos resultados obtidos ficaram acima do padrão, sendo esse resultado atribuído a falta de procedimentos adequados na hora de obter o leite nas propriedades.

Analisando o estudo de Motta et al. (2015b) foi verificado que as amostras de leite analisadas estavam acima do limite aceitável para a CBT, sendo esse resultado atrelado a falhas de refrigeração e higiene e qualidade da água utilizada na ordenha e problemas em relação ao manejo dos animais, sendo destacado a falta de pré-dipping.

Observando o estudo de Neto et al. (2012) que foi desenvolvido a fim de analisar a influência sazonal sobre a composição química, a contagem bacteriana total e a cotagem de células somáticas do leite cru refrigerado de 116.989 amostras de leite da região nordeste, os autores encontraram médias mais elevadas entre o mês de março, abril e maio, que coincidem com o período mais chuvosos. Neste período ocorreu uma tendência a redução, porém 66,84% das amostras estavam acima do permitido pela legislação em vigência, sendo esse resultado atribuído também a contaminação ambiental como maior acúmulo de lama nas instalações.

O estudo de Baggio e Montanhini (2017) teve como objetivo analisar a qualidade da produção de leite dos produtores da região Norte Pioneiro do Estado do Paraná. Foram selecionados 25 produtores de leite das cidades de Carlópolis, Jacarezinho, Santo Antônio da Plantina, São José e Siqueira Campos, coletando três amostras de cada produtor nos meses de janeiro a março de 2013, totalizando 75 amostras. Após coletadas as amostras, foram encaminhadas para o Laboratório da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa para a realizar análises de proteínas, gordura, lactose, sólidos totais, caseína e extrato seco desengordurado (ESD), CCS e CBT. Os resultados obtidos foram de ESD, CBT proteína e gordura ficaram dentro dos padrões aceitáveis, porém a CCS ultrapassou o limite permitido determinado pela legislação em vigência. Realizando a análise dos resultados individualmente, foi possível observar que 26 amostras (34,7%) apresentavam uma das análises em desacordo com os limites permitidos, 11 amostras (14,5%) acima do máximo permitido para CBT e 13 amostras (17,3%) para CCS e 4 amostras (5,3%) ficaram abaixo do estabelecido para gordura.

O trabalho desenvolvido por Simioni et al. (2013) teve como finalidade analisar a qualidade do leite de municípios da região oeste do estado de Santa Catarina. Foi disponibilizado um questionário em 29 propriedades rurais para a obtenção de dados e também foram coletadas 58 amostras de leite dos tanques de resfriamento para a análise de CCS, CBT e níveis de gordura, proteína e lactose. Os resultados obtidos apontam que o tempo de desenvolvimento da atividade, a área de pastagem, o tipo de ordenha, a lavagem dos tetos são as variáveis que interferem na qualidade do leite. Aumentando a especialização na atividade mesmo que a

produção de leite com menor percentagem de gordura e proteína é possível a matéria-prima de boa qualidade pois a CCS e CBT estão em uma porcentagem reduzida, que está ligada a boas práticas na produção leiteira e por ser a principal atividade econômica da propriedade que estimula o produtor a adotar as boas práticas na produção de leite.

No estudo desenvolvido por Moura et al., (2020 b) foi realizada a análise de parâmetros físico, químico e microbiológico de leite cru comercializado no estado de Roraima. Foram coletadas 13 amostras em propriedades nos municípios de Alto Alegre, Cantá e Boa Vista, com o intuito de observar se as propriedades estão dentro dos parâmetros adequados referente a legislação em vigência. Os dados analisados foram coliformes totais e fecais, pH, temperatura, acidez em ácido láctico, prova de amido, determinação de cálcio, leite colostral e Salmonella, tendo como resultado que todas as análises estavam dentro do padrão em relação a substâncias fraudulentas. Apesar deste resultado, 100% das amostras apresentaram desacordo em relação ao teor de cálcio, temperatura e também apresentaram coliformes totais, 77% das amostras apontaram a presença de Salmonella e 62% apresentaram acidez em graus Dornic.

Sena et al. (2006) realizaram um estudo com o intuito de analisar a contagem de células somáticas e sua influência na qualidade do leite produzido. O trabalho foi desenvolvido observando a instrução normativa nº 51, publicada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Foram coletadas 301 amostras de leite cru do tipo C de animais em lactação em 13 propriedades no Estado de Pernambuco com sistemas de ordenha mecânica e manual. As amostras de leite foram submetidas a testes físico-químicos e microbiológicos e à contagem de células somáticas. Os resultados obtidos foram uma variação média da contagem de células somáticas 400.000 a 1.000.000 células/mL, gordura 3,34% a 3,56%, ESD 8,53% a 8,17%, CBT 1,8 x 109 a 4,0 x 109 mL. Grande parte das amostras estavam dentro do padrão exigido pela legislação em vigência, porém é necessário revisar a forma como são realizados os procedimentos de produção leiteira e desenvolver um programa para a educação sanitária, salientando as boas práticas na produção leiteira.

Ribeiro et al. (2014) desenvolveram um trabalho em 49 propriedades de Ivaiporã a fim de analisar os resultados da implantação de boas práticas na qualidade do leite, apresentando palestras e treinamentos coletivos. A instrução normativa nº 62 apresentou alguns parâmetros a serem seguidos em conjunto com a normativa nº 51 para obter uma melhor qualidade. Foi constatado em relação a contagem de células somáticas (CCS) que 83,57% das propriedades submetidas à análise obteram leite dentro dos padrões conforme legislação e uma redução de 88,05% da Contagem Bacteriana Total (CBT) em 28 propriedades, e 23 propriedades apresentaram CBT inferior ao máximo de 750.000 UFC/mL exigido pela legislação em vigência, tendo como média de 166.826,1 UFC/mL, não sendo observado variações em relação aos parâmetros físico-químicos após a implantação das boas práticas na higiene da

ordenha. Com a implantação das boas práticas foi possível adequar as propriedades para a produção de leite de qualidade aceitável ao padrão estabelecido pela legislação em vigência.

O trabalho desenvolvido por Camargos (2020) teve como objetivo analisar a qualidade de leite recepcionado na cooperativa agropecuária Goianésia LTDA. As amostras de leite foram coletadas para analisar CCS, CBT e teor de gordura, acidez titulável, cloretos, sacarose antibióticos SNAP, índice crioscópio de cinco propriedades rurais no mês de janeiro e junho de 2017 com o objetivo de correlacionar resultados com estação chuvosa e seca, sendo possível observar que os leites que foram recebidos atenderam as exigências dos padrões de referência do MAPA. Não houve a presença de antibióticos, sacarose e cloretos e os valores de CCS e CBT variaram consideravelmente entre as propriedades, concluindo assim que existe uma qualidade razoável do leite e é possível correlacionar as boas práticas de higienização dos equipamentos antes, durante e após a ordenha.

Frizzo et al. (2019) desenvolveram um trabalho a fim de avaliar padrões físico- químicos e microbiológicos de leite cru de 10 propriedades de leite no município de Realeza – PR. As amostras foram submetidas à análises microbiológicas de contagem de microrganismos aeróbicos, mesófilos, colônias proteolíticas e lipolíticas, análise físico-química de pH, acidez Dornic, extrato seco gordura, proteína e densidade e os resultados foram obtidos através de análise estatística de Tukey a 5%. Os resultados obtidos foram: aumento de acidez Dornic, diminuição de pH, redução de teores de gordura em relação a primeira coleta. Em relação a contagem de microrganismos, os aeróbicos mesófilos ficaram dentro do padrão estabelecido na legislação vigente, porém nos psicrotróficos e nas colônias lipolíticas e proteolíticas de algumas amostras ocorreu o aumento ficando fora dos padrões estabelecidos, sendo possível concluir que as amostras analisadas não apresentaram alterações altas em relação aos padrões físico-químico e microbiológico, evidenciando a importância de análise com frequência em busca de microrganismos, a fim de garantir a qualidade da matéria-prima.

Abreu et al. (2019) realizaram em 12 propriedades da cidade de Itapuranga - Goiás, uma avaliação na qualidade físico-química e microbiológica de leite cru, foi realizado a coleta de 12 amostras, seis de ordenha mecânica e seis de ordenha manual, repetindo o processo três vezes por propriedade obtendo um total de 36 amostras, sendo deslocadas ao laboratório para procedimento de análise de coliformes totais, bactérias mesófilas e termotolerantes, avaliação de umidade, ácido láctico e acidez Dornic. Os resultados foram analisados em Unidade Formadora de Colônias (UFC) para a contagem bacteriana de bactérias mesófilas e (NMP) para bactérias coliformes, não ocorrendo efeito dos tipos de ordenha no resultado matéria mineral e umidade. Porém foi observado que o tipo de ordenha interferiu nos resultados em relação a temperatura, ácido láctico e acidez Dornic e as amostra de (CBT) e (NNP) ficaram acima do valor permitido, sendo esses resultados atrelados as boas práticas de higiene e ao tipo de ordenha.

Machado et al. (2012) avaliaram as características microbiológicas de leite cru em algumas propriedades leiteiras de Parintins no estado do Amazonas, tendo como resultado a presença de Salmonella em duas propriedades do grupo A e contaminação por coliformes termotolerantes, que a partir de estatística descritiva foi obtido as médias de 708, 322,1 e 780 NMP mL $^{-}$1, caracterizando a matéria-prima como imprópria para o consumo *in natura*.

Silva (2017) realizou análises nos meses de maio a dezembro do ano de 2016 em nove propriedades na microrregião do brejo paraíbano na cidade de Areia no estado da Paraíba à composição físico-química e microbiológica de leite cru, dividindo o experimento em acompanhamento da ordenha e coleta de amostras de leite do tanque de armazenagem. Os animais eram alimentados a pasto e estavam em diferentes estágios de lactação e a ordenha era mecânica e manual. Realizando a análise das amostras, concluíram que cinco propriedades atenderam os padrões exigidos em relação a CCS e CBT, porém, em geral, as amostras ficaram fora dos padrões exigidos pela IN nº 62, apontando falhas no manejo alimentar dos animais e a presença de mastite subclínica sendo necessário a implantação de manejo adequado.

Araújo et al. (2017) realizaram uma avaliação na qualidade de leite cru refrigerado de cinco propriedades de Porto Acre, com sistemas de ordenha manual e mecânica. Foram realizadas análises de ácido láctico, proteína total, gordura total, extrato seco desengordurado e crioscopia e também análises microbiológicas. O método de análise foi o delineamento causalizados, com cinco tratamentos e quatro repetições sendo propriedades rurais e número de repetições, respetivamente. Os resultados obtidos das análises foram que os índices de proteína, acidez e gordura estavam de acordo com legislação em vigência, constatou-se também a presença de coliformes termotolerantes elevada e ocorreu a redução do mesmo em decorrer das coletas e a CBT apresentou valores adequados de acordo com a legislação. Observando os resultados constata-se que as medidas de boas práticas de higiene e manejo dos animais não era executada corretamente e com os passar das semanas e coletas de leite matéria-prima é possível observar que os produtores melhoraram o manejo, reduzindo a contaminação da matéria-prima, caracterizando como própria para consumo humano.

Dias et al. (2016) desenvolveram um trabalho a fim realizar a comparação da produção de leite selecionadas três propriedades de ordenha mecânica e três de manual no município de Rio Verde no estado de Goiás. Foram executados teste de unidade formadora de colônia (UFC) de microbiota aeróbica e fúngica e análise físico-química analisado a acidez titulável em graus Dornic. Foi possível observar que na ordenha manual ocorreu um índice maior de (UFC) em relação a ordenha mecânica, contudo nos dois modos de ordenha ficaram dentro do limite e a acidez titulável em graus Dornic apresentou resultados elevados no sistema de ordenha mecânica, contudo ficando dentro do limite aceitável.

Segundo Ambrósio et al. (2017) que desenvolveram um estudo a fim de analisar a qualidade físico-química e microbiológica de leite cru de cinco propriedades rurais do município

de Perobal no estado do Paraná. As análises foram analisadas durante o acompanhamento técnico mensal durante a ordenha. As amostras de leite cru atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação e todas as amostras apresentaram ausência de Salmonella sp. Nos dois primeiros meses apenas dois produtores apresentaram amostra com a presença de estafilococos coagulase positiva, porém nos dois meses seguintes não ouve a detecção das colônias e nos últimos dois meses de estudo ocorreu a redução na contagem de coliformes a 30ºC e na contagem de coliformes 45ºC nas amostras de três produtores. Ocorreram oscilações entre os meses analisados que pode ser um reflexo de um não comprimento das orientações técnicas, tendo enfasê no último mês que o estafilococo coagulase apresentou positiva.

O estudo realizado por Silva et al. (2014) nos períodos de seca e chuva em sete propriedades rurais da região agreste do estado do Rio Grande do Norte teve como objetivo analisar a relação entre a composição química do leite cru e a CCS. As amostras foram coletadas no período da manhã entre janeiro de 2010 a março de 2012 e posteriormente encaminhadas ao laboratório. Foram realizadas análises de teor de gordura, proteína, caseína, lactose, sólidos totais, extrato seco desengordurado além da contagem bacteriana total e contagem de células somáticas. Os resultados que foram obtidos foi a média de 604.000 células/mL com variações significativas do período seco que foi de 558.000 células/mL e o período chuvoso 650.000 células/mL sendo reflexo do manejo dos animais e da higiene pré e pós a ordenha dos animais.

Nascimento e Galvão (2019) realizaram um trabalho a fim analisar parâmetros físico-químicos de leite cru refrigerado recebido na Associação dos Pequenos Agropecuaristas do Sertão de Angicos (APASA). O trabalho foi realizado durante os meses de novembro e dezembro de 2019 com o objetivo de verificar se os produtores estavam adequados a legislação em vigência. As análises que foram realizadas foram: acidez titulavel, densidade, alizarol, crioscopia, teor de gordura, extrato seco desengordurado e extrato seco total. O resultado obtido das análises apresentou que 100% das amostras atenderam os padrões para teor de gordura densidade e extrato seco total, e de todas as análises apenas 6,25% estavam fora dos padrões aceitáveis em relação para crioscopia e 3,25% para acidez titulável e 6,25% para extrato seco desengordurado sendo o último item da análise atrelado a alimentação do rebanho, o que não é responsabilidade do laticínio. Os valores médios de todas as análises estavam adequados as especificações exigidas indicando que a matéria-prima é adequada ao consumo humano, destacando que a análise tem grande importância para garantir a qualidade do leite e produtos seguros e de qualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de leite no Brasil apresenta problemas de qualidade de matéria-prima e quando fora dos padrões aceitáveis podem causar danos ao consumidor e prejuízo ao produtor leiteiro.

Com a revisão da literatura foi possível compreender a importância de realizar as análises físico-química e microbiológica para garantir que a produção da matéria-prima esteja de acordo com os padrões exigidos pela legislação, garantindo um produto de qualidade ao consumidor.

Vários pesquisadores apontam que a Contagem de Bacteriana Total (CBT) está diretamente ligada ao manejo de boas práticas higiênicas na produção leiteira, como o pré e pós-dipping e a higienização correta do ambiente da ordenha e, destacado por alguns, a necessidade da implantação de um sistema para auxiliar o produtor a implantar manejo correto dos animais e as boas práticas na produção leiteira.

REFERÊNCIAS

ABREU, K. L. A. De; LEITE, P. R. de S. da C.; BELO, E. dos S.; SILVA, V. B. M. Da; FURTADO, P. J. **Qualidade microbiológica e físico-química do leite cru proveniente da cooperativa de Itapuranga.** [s. l.], v. 16, 2019.

AMBRÓSIO, M.; BERALDO, C.; SILVA, M. R. Da; MORITZ, F.; MORITZ, C. M. F. Avaliação **Da Qualidade Do Leite Cru Durante Acompanhamento Técnico Nas Propriedades Rurais Do Município De Perobal-PR.** Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 215-220, 2017.

ARAÚJO, L. O. De; FURTADO, M. T.; SILVA, N. C. Da. **Qualidade De Leite Cru Refrigerado Obtido De Ordenha Manual E Mecanizada Produzido No Município De Porto Acre, Amazônia Ocidental.** [s. l.], p. 530-543, 2017.

BAGGIO, A. P.; MONTANHINI, M. T. M. **Qualidade de leite cru produzido na região do Norte Pioneiro do Paraná Quality.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 184-189, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **(Instrução normativa Nº 76 de 26 de novembro de 2018).** Diário Oficial da União, 2018.

CAMARGOS, L. P. **Qualidade Físico-Química E Microbiológica De Leite Cru Recebido No Laticínio De Goianésia.** [s. l.], p. 1-9, 2020.

DIAS, A. P.; OLIVEIRA, T. C. De; PRADO, R. S. Do; SILVA, G. A. Da. **Análise Comparativa Da Qualidade Microbiológica E Físico-Química Do Leite De Ordenha Mecânica E Manual Em Carmo Do Rio Verde – GO.** p. 9 a 11, 2016.

FILHO, J. F. soares; FILHO, F. das chagas C.; SOUZA, F. K. P. De; NOBREGA, M. M. G. P. De. Características Físico-Químicas, Higiênicas E Microbiológicas Do Leite Cru E Da Água Em Propriedades Leiteiras De Teresina, PI. **Orphanet Journal of Rare Diseases**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 1-9, 2020.

FONSECA, L. F. L.; SANTOS, M. V. **Qualidade do leite e controle da mastite.** Lemos Editorial, p. 175, 2000.

FRIZZO, A. F.; ANDRIGHI, D.; STARIKOFF, K. R. **Caracterização microbiológica e físico- química do leite cru refrigerado durante o tempo de armazenamento na propriedade.** Medicina Veterinária (UFRPE), [s. l.], v. 13, n. 2, p. 293, 2019.

MACHADO, N. de J. B.; LAUREANO, M. M. M.; MOTA, D. A.; MATOS, Í. T. S. R.; BRASIL, R. J. M.; HOSHIBA, M. A. **Caracterização da qualidade microbiológica do leite cru de propriedades do município Parintins/AM.** l.], v. 55, n. 4, p. 327-331, 2012.

MAGRI, L. **Quantificação De Acidez Titulável E Ph Utilizando Técnica Potenciométrica Como Indicador De Qualidade Do Leite Bovino.** p. 35 a 37, 2015.

MENEZES, M. F.; SIMEONI, C. P.; BORTOLUZZI, D.; HUERTA, K.; ETCHEPARE, M.; MENEZES, C. **Microbiota E Conservação Do Leite.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. [s. l.], v. 18, n. 0, p. 76-89, 2014.

MOTTA, R. G.; SILVA, A. V.; GIUFFRIDA, R.; SIQUEIRA, A. K.; PAES, A. C.; MOTTA, I. G.; LISTONI, F. J. P.; RIBEIRO, M. G. **Indicadores de qualidade e composição de leite informal comercializado na região Sudeste do Estado de São Paulo.** Pesquisa Veterinaria Brasileira, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 417-423, 2015.

MOURA, R.; SOUSA, J.; FERREIRA, R.; RIZZATTI, I. **Análise físico-química e microbiológica do leite cru comercializado em Roraima.** Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online), [s. l.], v. 11, n. 02, 2020a.

MOURA, R.; SOUSA, J.; FERREIRA, R.; RIZZATTI, I. **Análise físico-química e microbiológica do leite cru comercializado em Roraima.** Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online), [s. l.], v. 11, n. 02, p. 29-38, 2020b.

NASCIMENTO, I. A. Do; GALVÃO, E. L. **Análises Dos Parâmetros Físico-Químicos Do Leite Bovino Cru Refrigerado Dos Pequenos Agropecuaristas Do Sertão De Angicos Segundo A In76/2018.** p. 1 a 8, 2019.

NETO, A. C. R.; BARBOSA, S. B. P.; JATOBÁ, R. B.; SILVA, A. M.; SILVA, C. X.; SILVA, M. J. A.; SANTORO, K. R. **Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste.** 2012.

RAMOS, M. da P. P.; PINTO, C. L. de O.; CARVALHO, S. L.; CANGUSSÚ, L. V.; FREITAS, R. A.; LACERDA, J. S. J. **Qualidade microbiológica e fatores que influenciam a produção de leite obtido de propriedades de base familiar no Município de São Mateus, ES.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1-10, 2014.

RIBEIRO JÚNIOR, J. C.; SHECAIRA, C. D. L.; DA SILVA, F. F.; PARREN, G. E.; BELOTI, V. **Influência De Boas Práticas De Higiene De Ordenha Na Qualidade Microbiológica Do Leite Cru Refrigerado.** Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, [s. l.], v. 69, n. 6, p. 38, 2014.

SENA, M. J. De; MOTA, R. A.; MENDES, E. S.; ALMEIDA, C. C. De; FEDERAL, U.; PERNAMBUCO, R. De. **Contagem De Células Somáticas E Análises Físico-Químicas E Microbiológicas Do Leite Cru Tipo C.** [s. l.], n. August, p. 89-95, 2006.

SILVA, O. A. **Avaliação da Qualidade do Leite Cru produzido no Município de Areia- PB.** [s. l.], v. 11, n. 1, p. 92-105, 2017.

SILVA, V. N.; RANGEL, A. H. do N.; NOVAES, L. P.; BORBA, L. H. F.; BEZERRIL, R. F.; LIMA JÚNIOR, D. M. De. **Correlação Entre a Contagem De Células Somáticas E Composição Química No Leite Cru Resfriado Em Propriedades Do Rio Grande Do Norte. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [s. l.], v. 69, n. 3, p. 165, 2014.

SIMIONI, F. J.; MALUCHE BARETTA, C. R. D.; STEFANI, L. M.; LOPES, L. S.; TIZZIANI, T. **Qualidade do leite proveniente de propriedades com diferentes níveis de especialização.** v. 34, n. 4, p. 1901-1912, 2013.

VARGAS, D. P. De; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R. de O.; SHEIBLER, R. B.; BREDA, F. C.; MILANI, M. P. **Correlações entre contagem de células somáticas e parâmetros físico- químicos e microbiológicos de qualidade do leite.** v. 15, n. 4, p. 473-483, 2014.

VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLL, F. V. **Pecuária de Leite no Brasil: Cenários e Avanços Tecnológicos.** p. 13, 2016.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

APLICAÇÕES DA ÁGUA ELETROLISADA EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

APPLICATIONS OF ELECTROLYZED WATER IN FOOD: A SYSTEMATIC REVIEW

LEÃES, Yasmim Sena Vaz[1]*; NEHRING, Priscila[1]; SEIBT, Ana Carolina Mendes Dias[2], PINTON, Mariana Basso[1], CAMPAGNOL, Paulo Cezar Bastianello[3], CICHOSKI, Alexandre José[4]

[1]Doutoranda em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria; [2]Mestranda em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria; [3]Doutor em Tecnologia de Alimentos (UNICAMP), Professor da Universidade Federal de Santa Maria; [4]Doutor em Tecnologia de Alimentos (UFPR), Professor da Universidade Federal de Santa Maria. *Contato: yasmimsvl@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho objetivou realizar uma revisão sistemática sobre as aplicações de Água Eletrolisada (AE) em alimentos, procurando também, compreender sua obtenção e mecanismos. A busca utilizou termos como “electrolyzed water in food” “electrolyzed water in meat products”, ”sanitizer in food stuff”, “electrolyzed water in dairy products”, e foram considerados artigos de 2015-2021. A AE é oriunda de uma solução de sal clorado, e o processo de eletrólise origina a Água Ácida (AEA) e Básica (AEB). A primeira possui características sanitizantes e a segunda, de limpeza, se aplicada para este fim, ou antioxidantes, além de otimizar processos de solubilização. Em alimentos, independente da origem (se animal ou vegetal), os estudos são mais voltados à sanitização, embora, em produtos cárneos, especialmente a AEB venha sendo incorporada para conferir características tecnológicas, funcionais e de conservação desses produtos. Conclui-se que a AE é uma tecnologia eficaz em processos de sanitização, necessitando de mais estudos acerca da incorporação dela na formulação do produto, devido às características que apresenta. Ainda, constata-se que ela age eficientemente como um complemento a outras tecnologias emergentes, como por exemplo, o ultrassom.

Palavras-chave: Sanitização, oxidação lipídica, água eletrolisada, oxidação proteica, qualidade microbiológica.

ABSTRACT

The present study aimed to carry out a systematic review on the applications of electrolyzed water (EW) in foods, also seeking to understand its obtainment and mechanisms. The search used terms such as “electrolyzed water in food”, “electrolyzed water in meat products”, “sanitizer in food stuff”, “electrolyzed water in dairy products”, and were considered articles from 2015-2021. EW comes from a chlorinated salt solution, and the electrolysis process originates acidic (AEW) and basic (BEW) water. The first has sanitizing characteristics and the second, cleaning, if applied for this purpose, or antioxidants, in addition to optimizing solubilization processes. In food, regardless of the origin (whether animal or vegetable), studies are more focused on sanitization, although in meat products, especially AEB has been incorporated to check technological, functional and conservation characteristics of these products. It is concluded that AE is an effective technology in sanitation processes, requiring further studies on its incorporation into the product

formulation, due to its characteristics. Still, it appears that it acts efficiently as a complement to other emerging technologies, such as ultrasound.

Keywords: Sanitization, lipid oxidation, electrolyzed water, protein oxidation, microbiological quality.

INTRODUÇÃO

A Água Eletrolisada (AE) apresenta diversificação de aplicações, em separado ou em conjunto a outras tecnologias alternativas, possibilitando uma otimização de seus efeitos. Isso porque suas propriedades tem se mostrado eficazes na redução ou eliminação de vários micro-organismos patógenos e deteriorantes, tais como *Listeria monocytogenes, Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shewanela*, coliformes, mesófilos e psicrotróficos em diferentes matrizes alimentares (Wang et al., 2018; Athayde et al., 2017; Gómez-López et al., 2015).

Devido sua ação antimicrobiana, a AE vem sendo utilizada como substituinte dos sanitizantes tradicionais, demonstrando, ainda, melhores condições no manuseio, uma vez que sua produção é oriunda de sais clorados e é menos corrosiva em relação a outros produtos. Além disso, apresenta outras vantagens, como alto potencial de desinfecção, fácil operação, baixo custo e menor impacto ao meio ambiente, sendo considerada, assim, uma tecnologia verde. Desta forma, a combinação de diferentes tipos de AE tem promovido cada vez mais a sua utilização na indústria de alimentos, tanto em produtos de origem vegetal como em produtos de origem animal (Wang et al., 2019; Wang et al., 2018; Athayde et al., 2017).

Embora o custo do equipamento que produz a AE ter um valor elevado, ela é considerada de fácil produção, uma vez que adaptações são possíveis. Ela pode ser aplicada na forma de *spray*, gelo ou por imersão do alimento, ocasionando em poucas modificações nos locais onde essa água entra em contato (Athayde et al., 2018; Sun et al., 2012; Huang et al., 2008).

Tendo em vista essa ampla aplicabilidade, o presente trabalho objetivou realizar uma revisão sistemática da literatura, abordando os mecanismos de produção e características da AE, bem como trazer estudos recentes que evidenciam as finalidades para as quais ela vem sendo aplicada em diferentes matrizes alimentares.

METODOLOGIA

Na revisão realizada, buscou-se trabalhos nas seguintes bases de dados: plataforma periódicos da CAPES, ScienceDirect, SpringerLink e Pubmed. Os termos utilizados nessas bases foram “electrolyzed water in food” “electrolyzed water in meat products”, ”sanitizer in food stuff”, “electrolyzed water in dairy products”, etc. Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos que retratassem a temática proposta, publicados em periódicos em inglês, entre o período de 2015 a 2021. No total, foram revisados 38 artigos científicos originais e 2 artigos de revisão.

DESENVOLVIMENTO

Obtenção e características da água eletrolisada

A obtenção dos diferentes tipos de AE, consiste na passagem de uma solução de sal clorado (geralmente NaCl), por uma câmara que contém uma célula de eletrolisação com uma membrana que a divide em dois pólos: o ânodo (-) e o cátodo (+). No ânodo ocorre a migração do Cl^-, e no cátodo, do Na^+, o que permite a produção de Água Eletrolisada Ácida (AEA) e Básica (AEB), respectivamente. A AEA tem como principais produtos Cl2 dissolvido, um pouco de ácido hipocloroso (HOCl) e de ácido clorídrico (HCl), com pH < 3,0 e Eh > 1000 mV, enquanto que a AEB origina hidróxido de sódio (NaOH) em pequena quantidade, hipoclorito (OCl^-) e H2, tendo pH > 10,0 e Eh -800 a -900 mV (Afari e Hung, 2018; Athayde et al., 2017).

Existem equipamentos de eletrólise que não possuem essa membrana de separação e por isso podem produzir apenas AEA ou Água Fragamente Ácida (AEFA). A AEFA apresenta vantagens em relação à AEA, tais como menor concentração de cloro livre (CCL), pH mais próximo a neutralidade (6,00 e 6,50 e Eh de 800 a 900 mV), o que a torna mais estável e menos corrosiva, visto que cerca de 95% do cloro se apresenta na forma de ácido hipocloroso (HClO), 5% na forma de íon hipoclorito (OCl^-) e traços de Cl2 (Wang et al., 2019; Afari e Hung, 2018; Athayde et al., 2018; Rhaman et al., 2016).

Os estudos de aplicação dessa tecnologia em alimentos tem utilizado concentrações salinas que variaram de 0,01 a 5%, e assim as propriedades físico-químicas e eficácia da AE varia de acordo com a concentração NaCl, tempo de eletrólise ou fluxo de salmoura que alimenta o aparelho, temperatura de armazenamento e/ou de aplicação, como também forma de aplicação na matriz alimentícia ou na superfície de contato (Wang et al., 2019; Athayde et al., 2017; Rhaman et al., 2016).

O objetivo principal dos estudos relacionados à aplicação de AE em alimentos tem sido a sanitização e eliminação de biofilmes, sendo AEA e AEFA as mais exploradas para essa finalidade, uma vez que possuem, majoritariamente, o cloro em sua composição. Ainda, a AEB pode ser utilizada em conjunto, a fim de potencializar o efeito antimicrobiano e especialmente o antioxidantes, e em processos de limpeza, sua alcalinidade pode promover boa remoção de gorduras e proteínas (Zhang et al., 2021; Brasil et al., 2020; Lemos et al., 2020; Stefanello et al., 2020; Cichoski et al., 2019; Hang et al., 2019; Jeon et al., 2018; Sheng et al., 2018).

Recentemente, tem-se viabilizado a incorporação de AE (AEB, AEA e/ou AEFA) na extração de compostos bioativos e isolados proteicos, bem como em produtos cárneos, devido a algumas proriedades que ela possui, que poderiam vir a contribuir com as características tecnológicas, físico-químicas e microbianas, geralmente em conjunto com outras tecnologias como o ultrassom (US) (Leães et al., 2021; Li et al., 2021; Leães et al., 2020; Lin et al., 2020; Watanabe et al., 2020; Soquetta et al., 2019).

Aplicações da AE em carne e derivados

Athayde et al. (2017) aplicaram AEFA, AEA e AEB (0.05%) em diferentes temperaturas (18 e 30°C), na forma de *spray* (com pressão de 30 e 45 psi), em lombo de suíno e avaliaram a influência nas características microbiológicas e físico-químicas. Foi observado que a combinação de AEA e AEB proporcionaram redução na contagem de bactérias mesófilas e psicrotróficas além do período de armazenamento ($p < 0.05$), bem como a ação da AEB reduziu a oxidação lipídica e proteica. Wang et al. (2018) obtiveram resultados semelhantes em carcaças de frango, em relação à qualidade microbiológica, aos desenvolverem uma cabine com *sprays* para aplicação de AEA e AEFA após etapa de evisceração.

Cichoski et al. (2019) avaliaram o efeito da combinação de US em diferentes frequências (25 e 130 kHz) em combinação com AEFA em peitos de frango na etapa de pré-chilling (pH 6,0, Eh 800-850 mV e CCL 5 mg/L) sobre características microbiológicas e físico-químicas. A combinação de AEFA com US reduziram ($p < 0.05$) as contagens de bactérias mesófilas, psicrotróficas e enterobactérias.

Essas ações antimicrobianas proporcionadas pela AEA e/ou AEFA são atribuídas à presença do cloro em sua composição, enquanto que a ação antioxidante da AEB é relacionada à presença de hidrogênio na forma redutora, que reage com radicais livres e desacelera o processo de oxidação ao torná-los mais estáveis (Misir e Koral, 2019).

Sheng et al. (2018) avaliaram o efeito da AEFA (pH de 6,29 ± 1,33 e Eh de 870-900 mV, CCL 40 mg/L) sobre as características microbiológicas e vida de prateleira de bife bovino durante armazenamento refrigerado. Observou-se que a AEFA foi efetiva na extensão de vida de prateleira dos bifes por até 8 dias a 4ºC, pois reduziu a contagem microbiana e obteve maior aceitação sensorial em relação ao controle em todos os atributos de sabor, textura, cor, odor e aparência avaliados.

Em relação à incorporação da AEB em produto cárneo, em estudo recente, Leães et al. (2020) avaliaram a ação da AEB (0.01%, 10.91 ± 0.21, POR −330 ± 4.15 mV) em separado e/ou em conjunto com o ultrassom (US) (25 kHz, 0, 10 e 20 min., 175 W) em emulsões cárneas com reduzido teor de NaCl sobre as características tecnológicas (textura, estabilidade, cor e rendimento da emulsão). A ação conjunta da AEB (incorporada à formulação da emulsão no lugar da água potável) com o US no tempo de 20 min propiciou redução de 30% no teor de NaCl das emulsões, não diferindo os valores de rendimento e de estabilidade da emulsão ($p > 0,05$) dos valores apresentados pela emulsão elaborada tratadicionalmente pela indústria., Mostrando-se uma boa alternativa para a redução de NaCl, uma vez que não afetou a qualidade tecnológica das emulsões. Esse efeito da AEB foi atribuido a presença de NaOH, o que permitiu redução no glóbulo de gordura. O pH maior nas emulsões com AEB e US pode ter influenciado no distanciamento do ponto isoelétrico das proteínas, e a presença de uma pequena concentração de cloro livre (1,2 mg/L) pode ter auxiliado na solubilização das proteínas.

Com base no estudo anterior, Leães et al. (2021) avaliaram a ação da AEB e do US nas mesmas condições citadas em Leães et al., (2020), em mortadela italiana com 100% e 70% de NaCl (partindo dos 30% de redução do trabalho anterior) sobre as características físico-químicas e microbiológicas durante o armazenamento (1º, 30º, 60º e 90º dia). Observaramque, quando aplicada a AEB em conjunto com o US, promoveu uma redução ($p < 0.005$) na contagem de bactérias ácido láticas em relação ao controle nos dias 30, 60 e 90 de armazenamento, podendo ser atribuído ao pH do produto, que se manteve maior ($p < 0.05$) em relação aos demais tratamentos a partir do 30º dia.

Li et al. (2021) utilizaram AEB (pH 12,3 e Eh -850 mV) em combinação com US (sonda, 20 kHz, 350 W e 70% de amplitude) na extração de isolado proteico do crustáceo Krill antártico, e avaliaram o efeito sobre características estruturais e funcionais das proteínas. Através dos resultados, observou-se que a combinação das duas tecnologias aumentou ($p < 0.05$) a extração das proteínas em 9,4% a mais em relação ao processo tradicional, melhorou a solubilidade e reduziu o tamanho da partícula. Em relação a oxidação, a AEB em conjunto com o US não afetou o teor de sulfidrilas livres e ainda reduziu as proteínas carboniladas, evidenciando sua ação protetora frente a formação de grupos funcionais das proteínas. Mostrando-se uma boa alternativa na extração das proteínas, sem afetar sua qualidade nutricional e funcional.

Lin et al. (2020) avaliaram a qualidade tecnológica de filés de peixe-gato com substituição total e/ou parcial de polifosfato por AEB na concentrção de 0,1% (pH 11,6 e Eh -301). Foi observado que a AEB substituindo em 50% o polifosfato melhorou a capacidade de retenção de água (CRA), o rendimento, a textura e estabilidade da cor dos filés, mostrando-se uma alternativa viável de substituição desse composto.

Um estudo voltado à higienização de utensílios na indústria de carnes foi realizado por Brasil et al. (2019), ao avaliarem a ação conjunta do banho ultrassônico US (25 kHz, modos normal e sweep, com T°C inicial da AE 35°C) em combinação com a ação conjunta ou em separado de AEFA (pH 6,50 e Eh 853,53) e AEB (pH 11,04 e Eh 371,30 mV) sobre características microbiológicas de facas utilizadas no abate, constataram que a ação conjunta do US no modo *sweep* e dos dois tipos de AE reduziram ($p < 0,05$) as contagens de bactérias mesófilas, enterobactérias e *S. aureus* quando comparado aos valores preconizados pela legislação vigente, mostrando-se uma alternativa vável na higienização de facas, aumentando assim sua vida útil por não haver a necessidade de altas temperaturas para esterilização.

Aplicações da AE em leite e derivados

Forghani et al. (2015) avaliaram a aplicação de ultrassom e AEFA (pH 5,3-5,5, Eh 545-600 mV e CCL 20-22 mg/L) na descontaminação de *kashk*. Os resultados apontaram 1,42, 1,13, 1,24 e 1,37 log UFC/mL de redução de em *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli* e *A. Fumigatus*, respectivamente, com a ação da AEFA. A combinação de AEFA com US reduziu ainda mais, apontando valores de 1,87, 1,67, 1,71 e 1,91 log UFC/mL para os mesmos microrganismos.

Jiménez-Pichardo et al. (2016) testaram a sanitização de placas de aço inoxidável em indústrias de laticínios em diferentes tempos de contato (10, 20 e 30min), nas concentrações de AEA (100, 200 e 300 mg NaOH/L), nas temperaturas (30, 40 e 50 °C) e em diferentes tipos de superfície (placas de aço inoxidável com ou sem eletropolimento). A redução de log UFC/cm² foi afetada pela rugosidade da superfície; dessa maneria as placas de aço inoxidável eletropolido exigiu 10min, 100 mg NaOH/L AEA a 30°C, enquanto placas de aço inoxidável sem modificação exigiu 30min, 300 mg NaOH/L AEW na mesma temperatura. A partir dos testes de confirmação, as células removidas foram 3,90 ± 0,25 log UFC/cm² para placa de aço eletropolido, e 3,20 ± 0,20 log UFC/cm² para placa de alço inox sem modificação.

Liu et al. (2020), avaliaram o efeito da aplicação de AEFA em amostras de aço inoxidável, gaxeta de borracha e mangueira de PVC em sistemas de ordenha, comparado com detergente químico.A AEFA apresentou propriedades bactericidas maiores que o detergente nas etapas convencionais. Para o aço inoxidável, os parâmetros AEFA de limpeza foram otimizados em 9,9min (tempo de tratamento), 37,8°C (temperatura) e 60 mg/L (CCL); e 14,4 min, 29,6°C e 60 mg/L para amostras de vedação de borracha e PVC.

Jiménez-Pichardo et al. (2021) avaliaram a formação de biofilme em placas de aço inoxidável utilizadas na indústria de laticínios, e o efeito de um processo de limpeza e desinfecção com AEB e AEFA. A etapa de limpeza com 50 mg NaOH/L de AEB a 30°C por 10min, seguida da etapa de desinfecção usando 50 mg/L de cloro total disponível de AEFA a 20°C por 5min. apresentaram-secomo uma alternativa eficaz na prevenção de formação de biofilme.

Aplicações AE em produtos de origem vegetal

A eficácia da AEFA com seis diferentes níveis de concentração de cloro livre (25, 50, 100, 200, 300, 400 mg/L) foi avaliado na qualidade de cerejas pós-colhidas. As concentrações de AEFA 25, 50 e 100 mg/L, apresentaram maior efetividade para preservar o frescor e qualidade dos frutos durante 20 dias de armazenamento. Concentrações acima de 200 mg/L promoveu alterações físico-químicas indesejáveis nas cerejas, evidenciando que concentrações menores que 100 mg/L podem ser aplicadas nesses frutos para prolongar sua vida útil (Hayta e Aday, 2015).

Vásquez-López et al., (2016), avaliaram o efeito da AEA (10, 30 e 60 ppm de cloro nos tempos de 3 e 10min) na incidência de podridão em frutos de tomate *(Solanum lycopersicum L.*) inoculados com *Fusarium oxysporum, Galactomyces geotrichum* e *Alternaria sp.* em locais com lesões, durante 8 dias. A menor incidência de podridão (40 a 50%) ocorreu em AEFA com 60 ppm durante 3min, enquanto que no Controle a taxa de podridão foi bem superior.

Em abacates, a eficácia do tratamento com AEFA foi avaliada no desenvolvimento de doenças pós-colheita. Os resultados apontam potencial no uso da AEFA, com ação protetora na redução de infecções desses frutos no campo, e também na redução de doenças causadas por infecções, durante a etapa de armazenamento, e amadurecimento (Hassan, Dann, 2019). Hussain et al. (2019), avaliaram a ação da AEFA a 60°C e US frente a biofilmes de duas cepas

de *Bacillus cereus que* foram cultivadas em folhas de espinafre, beterraba e alface. A aplicação de AEFA (Cloro 80 ppm a 60°C) durante 15min promoveu uma redução de 3,0 a 3,4 log UFC/ cm^2 para *Bacillus cereus*. A combinação de AEFA e ultrassom, promoveu aumento na redução de 4 log/cm^2 no tempo de 10,32min.

Foi avaliado a ação desinfetante da AEFA em combinação com tratamento de ácido fumárico e óxido de cálcio em maçãs, tangerinas e tomates durante 14 dias de armazenamento. Esses tratamentos combinados apresentaram efeito antibacteriano nas superfícies das frutas, que apresentaram boa qualidade sensorial, e também reduzido número de colônias de *E. coli* O157:H7 e *Listeria monocytogenes* (Chen et al., 2019a).

Efeitos da AEA na capacidade de armazenamento (8 dias) e no metabolismo de espécies reativas de oxigênio em mirtilos, foram avaliadas durante o armazenamento a 4°C por Chen et al. (2019b). Os mirtilos tratados com AEA apresentaram menor incidência deterioração, maior taxa de frutas comercialmente aceitáveis, maior firmeza e dureza da casca, do que os frutos do controle. Além disso, os frutos tratados com AEA apresentaram maior quantidade de antocianinas e fenólicos totais, maior capacidade antioxidante, menor permeabilidade da membrana celular e maior vida útil durante o armazenamento.

Soquetta et al. (2019) utilizaram AEFA (pH 6,2 e Eh 297 mV) para extrair compostos bioativos de casca de tangerina, em conjunto com sonda de US (24 kHz, 400 W), e compararam com método convencional de extração considerando os valores de compostos fenólicos, flavonoides totais e poder antioxidante de redução férrica. Observaram que a AEFA em conjunto com o US apresentaram os maiores valores de compostos bioativos em todos os parâmetros analisados, sendo este estudo uma finalidade diferente à forma como a AE é usualmente empregada em produtos de origem vegetal (sanitização). Ainda, o processo de extração AEFA + US reduziu o tempo em 87,5% quando comparado ao método tradicional.

Watanabe et al. (2019) avaliaram a qualidade de isolado proteico de farelo de arroz preparado por uma combinação de precipitação isoeletrônica (PI) e AEA (pH 3,0 e Eh 748 mV; pH 4,0 e Eh 909 mV; pH 5,0 e Eh 964 mV; pH 6 e Eh 1025 mV). Os resultados apontaram maior teor de proteína (65,1%) e taxa de recuperação (maior que 50%) do concentrado extraído por PI + AEA, bem como maior valor de aminoácidos (76,6%), quando comparado ao método padrão, sendo considerada uma alternativa vável e sustentável, ao mesmo tempo em que não compromete a qualidade nutricional do isolado proteico de farelo de arroz.

Graça et al. (2020) avaliaram o efeito da irradiação de ultra-violeta, hipoclorito de sódio e AEA e AEFA em uma mistura de leveduras (*Candida sake*, *Hanseniaspora uvarum*, Pichia *fermentans*, *Metschnikowia pulcherrima*) aplicada em maçãs minimamente processadas a 4°C. Os métodos por irradiação de ultravioleta e os dois tipos de AE apresentaram maior eficácia, em relação a solução de hipoclorito de sódio, sendo assim alternativas promissoras para redução das leveduras nas maçãs.

Jiang et al. (2020) aplicaram AEFA e diodo emissor de luz ultravioleta conjuntamente em coentros, variando as intensidades de UV-LED: 80, 160, 240 μW/cm2 em distintos tempos. O tratamento combinado UV-LED-AEFA teve melhor eficiência de descontaminação do que ambos aplicados isoladamente Destancando-se o tratamento. com 240 μW / cm^2 de irradiação UV-LED durante 30 min e AEFA (ACC de 60 mg/L) durante 5 min, que promoveram uma redução de 2,72 log UFC/g de *Salmonell a* e 2,42 log UFC/g de redução de *E. coli*.

Outros estudos relacionados à eficácia da desinfecção da AEA de baixa concentração (CCL 4 mg/L), combinada comaumento de temperatura foram avaliados, em relação ao efeito bactericida. Ocorreu inativação de *E. coli* e *S.Typhimurium* em cenouras orgânicas, quando a AEFA foi aplicada a 80°C, devido ocorrer redução do tempo decimal (T_R) de 7,42 e 3,27s para *E. coli* e *S. Typhimurium,* respectivamente. Espécies reativas de oxigênio geradas a partir da AEFA seriam os responsáveis pela inativação microbiana (Liu et al., 2019).

O efeito da AEA foi avaliada em frutos de longans durante período de armazenamento de 6 dias em atmosfera controlada (25°C e 90% UR), em relação a ocorrência de doenças, atividades de enzimas, quantidade de peróxido de hidrogênio e espécies reativas de oxigênio. Nos frutos tratados com AEA ocorreu retardamento do aparecimento de doencas, e também menor presença de espécies reativas de oxigênio. Impedindo assim a peroxidação lipídica da membrana celular, e consequentemente dessa forma mantendo a integridade da estrutura da membrana celular dos frutos (Tang et al., 2021).

Cap et al. (2021) avaliaram o efeito da AEFA aplicada em alfaces nos tempos de 15, 30 e 45s, e acopanharam o desenvolvimento de patógenos. O tempo de 45s foi suficiente para reduzir 4 log UFC/g de *Salmonella* spp, sem afetar a textura e sabor do produto.

Liu et al. (2020) aplicaram AEB e/ou AEA em repolho recém cortado, brócolis e pimenta, e avaliaram a remoção de pesticidas e a texuta. A AEB removeu eficientemente os pesticidas da pimenta, enquanto AEA removeu os pesticidas do repolho e do brócolis. AEA removeu maior quantidade de piretroides e organofosforados do que fungicidas, enquanto a AEB promoveu maior remoção de fungicidas.

Seravanakumar et al. (2021), avaliaram o efeito bactericida dos tratamentos com a AEFA ácido fumárico (FA), e solução antioxidante na qualidade de pimentão vermelho e amarelo minimamente processado. Ocorreu redução na contagem de bactérias em 4,1 vezes , e nos fungos de 7,9 vezes nos pimentões amarelos e de 7,7 vezes nos pimentões vermelhos durante 15 dias de armazenamento. A combinação dessas substancias inibiu a *Salmonella* total sp., em 4,93 vezes nos pimentões amarelos e 4,23 vezes nos pimentões vermelhos. A combinação de FA, AEFA e solução antioxidante, aumentou em 9 dias o tempo de armazenamento, pois manteve a qualidade dos dois tipos de pimentões quando armazenados a 4°C.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo, foi possível constatar que é bem consolidada a ação da AEA e AEFA frente a qualidade microbiológica de diferentes matrizes alimentares. Quando aplicada em conjunto com a AEB, essa ação é otimizada, bem como pode vir a reduzir a oxidação lipídica e proteica. Ainda, a ação é intensificada quando aplicada em conjunto com outra tecnologia, sendo o ultrassom a mais utilizada.

Entretanto, frente aos estudos recentes de aplicação de AE, sobretudo AEB na formulação de produtos cárneos (ou seja, incorporada como um ingrediente), bem como na extração de proteínas, os efeitos que ela ocasionou necessitam ser melhor explorados em outras matrizes alimentares e/ou sob outras condições de aplicação e concentração, em separado ou em conjunto com outra tecnologia. Em geral, é uma tecnologia promissora a ser empregada em alimentos e devido as suas características, pode ser aplicada visando diversas finalidades.

REFERÊNCIAS

AFARI, G. K.; HUNG, Y. C. A meta-analysis on the effectiveness of electrolyzed water treatments in reducing foodborne pathogens on different foods. **Food Control**, v. 93, p. 150-164, 2018.

ATHAYDE, D. R.; FLORES, D. R. M.; SILVA, J. S.; GENRO, A. L. G.; SILVA, M. S.; KLEIN, B.; MELLO, R.; CAMPAGNOL, P. C. B.; WAGNER, R.; MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; CICHOSKI, A. J. Application of electrolyzed water for improving pork meat quality. **Food Research International**, v. 100, p. 757-763, 2017.

ATHAYDE, D. R.; FLORES, D. R. M.; SILVA, J. S.; SILVA, M. S.; GENRO, A. L. G.; WAGNER, R.; CAMPAGNOL, P. C. B.; .; MENEZES, C. R.; CICHOSKI, A. J. et al. Characteristics and use of electrolyzed water in food industries. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 1, p. 11-16, 2018.

BRASIL, C. C. B.; MENEZES, C. R.; JACOB-LOPES, E.; BARIN, J. S.; ZEPKA, L. Q.; CAMPAGNOL, P. C. B.; WAGNER, R.; CICHOSKI, A. J. Combined application of electrolysed water and ultrasound to improve the sanitation of knives in the meat industry. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 1136-1144, 2020.

CAP, M.; ROJAS, D.; FERNANDEZ, M.; FULCO, M.; RODRIGUEZ, A.; SOTERAS, T.; CRISTOS, D.; MOZGOVOJ, M. et al. Effectiveness of short exposure times to electrolyzed water in reducing Salmonella spp and Imidacloprid in lettuce. **LWT – Food Science and Tehcnology**, v. 128, p. 109496, 2020.

CHEN, X.; TANGO, C. H.; DALIRI, E. B.M.; OH, S.Y.; OH, D.-H. Disinfection efficacy of slightly acidic electrolyzed water combined with chemical treatments on fresh fruits at the industrial scale. **Foods**, v. 8, p. 1-19, 2019a.

CHEN. Y.; HUNG- Y.-C., CHEN, M.; LIN, M.; LIN, H. Enhanced storability of blueberries by acidic electrolyzed oxidizing water application may be mediated by regulating ROS metabolism. **Food Chemistry**, v. 270, p. 229-235, 2019b.

CICHOSKI, A. J.; FLORES, D. R. M.; MENEZES, C. R.; JACOB.LOPES, E.; ZEPKA, L. Q.; WAGNER, R.; BARIN, J. S.; FLORES, E. M. M.; FERNANDES, M. C.; CAMPAGNOL, P. C. B. Ultrasound and slightly acid electrolyzed water application: An efficient combination to reduce the bacterial counts of chicken breast during pre-chilling. **International Journal of Food Microbiology**, v. 301, p. 27-33, 2019.

FORGHANI, Fereidoun.; ESKANDARI, M.; OH, D. Application of slightly acidic electrolyzed water and ultrasound for microbial decontamination of kashk. **Food Science and Biotechnology**, v. 24, n. 3, p. 1011-1016, 2015.

GRAÇA, A.; SANTOS, D.; PIRES-CABRAL, P.; QUINTAS, C. The effect of UV-C and electrolyzed water on yeasts on fresh-cut apple at 4°C. **Journal of Food Engineering**, v. 282, p. 110034, 2020.

GÓMEZ-LÓPEZ, D.; AZÓN, A.; MARCO, N.; CARRAMIÑANA, J. J.; ROTA, C.; ARIÑO, A.; YANGÜELA, J. Antimicrobial resistance of Listeria monocytogenes and Listeria innocua from meat products and meat-processing environment. **Food Microbiology**, v. 42, p. 61-65, 2015.

HASSAN, M. K.; DANN, E. Effects of treatment with electrolyzed oxidizing water on postharvest diseases of avocado. **Agriculture**, v. 9, p. 1-15, 2019.

HAYTA, E.; ADAY, M. S. The effect of different electrolyzed water treatments on the quality and sensory attributes of sweet cherry during passive atmosphere packaging storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.102, p. 32-41, 2015.

HUANG, Y. R.; HUNG, Y.; HSU, S.; HUANG, Y.; HWANG, D. Application of electrolyzed water in the food industry. **Food Control**, v. 19, n. 4, p. 329-345, 2008.

HUSSAIN, M. S.; KWON, M.; PARK, E.; et al. Disinfection of Bacillus cereus biofilms on leafy green vegetables with slightly acidic electrolyzed water, ultrasound and mild heat. **LWT – Food Science and Technology**, v. 116, p. 108582, 2019.

JEON, H. R.; KWON, M. J.; YOON, K. S. Control of Listeria innocua Biofilms on Food Contact Surfaces with Slightly Acidic Electrolyzed Water and the Risk of Biofilm Cells Transfer to Duck Meat. **Journal of Food Protection**, v. 81, n. 4, p. 582-592, 2018.

JIMÉNEZ-PICHARDO, R; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, I.; REGALADO-GONZÁLEZ, C.; SANTOS-CRUZ, J.; MEAS-VONG, Y.; WACHER-RODARTE, M. C.; CARILLO-REYES, J.; SÁNCHEZ-ÓRTEGA, I.; GARCÍA-ALMENDÁREZ, B. E. Innovative Control of Biofilms

on Stainless Steel Surfaces Using Electrolyzed Water in the Dairy Industry. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 103, 2021.

JIMÉNEZ-PICHARDO, R.; REGALADO, C.; CASTAÑO-TOSTADO, E.; MEAS-VONG, Y. SANTOS-CRUZ, J.; GARCÍA-ALMÉNDAREZ, B. E. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. **Food Control**, v. 60, p. 320-328, 2016.

JIANG, Y.; AI, C.; LIAO, X.; DONGHONG, L.; TIONG, D. Effect of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) and ultraviolet light illumination pretreatment on microflora inactivation of coriander. **LWT – Food Science and Technology**, v. 132, p. 109898, 2020.

LEÃES, Y. S. V.; SILVA, J. S.; ROBALO, S. S.; PINTON, M. B.; SANTOS, S. P.; WAGNER, R.; BRASIL, C. C. B.; MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; CAMPAGNOL. P. C. B.; CICHOSKI, A. J. Combined effect of ultrasound and basic electrolyzed water on the microbiological and oxidative profile of low-sodium mortadellas. **International Journal of Food Microbiology,** v. 353, p. 109310, 2021.

LEÃES, Y. S. V.; PINTON, M. B.; ROSA, C. T. A.; ROBALO, S. S.; WAGNER, R.; MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; CAMPAGNOL. P. C. B.; CICHOSKI, A. J. Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. **Ultrasonics Sonochemistry,** v. 61, p. 104830, 2020.

LEMOS, J. G.; STEFANELLO, A.; BERBARDI, A. O.; GARCIA, M. V.; MAGRINI, L. N.; CICHOSKI, A. J.; WAGNER, R.; COPETTI, M. V. Antifungal efficacy of sanitizers and electrolyzed waters against toxigenic Aspergillus. **Food Research International**, v. 137, p. 109541, 2020.

LI, Y.; ZENG, Q.; LIU, G.; PENG, Z.; WANG, X.; ZHU, Y.; LUI, H.; ZHAO, Y.; WANG, J. J. Effects of ultrasound-assisted basic electrolyzed water (BEW) extraction on structural and functional properties of Antarctic krill (Euphausia superba) proteins**. Ultrasonics Sonochemistry**, v. 71, p. 105364, 2021.

LIN, H.; HUNG, Y.; DENG, S. Effect of partial replacement of polyphosphate with alkaline electrolyzed water (AEW) on the quality of catfish fillets. **Food Control**, v. 112, p. 107117, 2020.

LIU, Y.; WANG, C.; SHI, Z.; LI, B. Optimization and Modeling of Slightly Acidic Electrolyzed Water for the Clean-in-Place Process in Milking Systems. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1685, 2020.

LIU, Y.; WANG, J.; ZHU, X.; LIU, Y.; CHENG, M.; XING, W.; WAN, Y.; LI, N.; YANG, L.; SONG, P. Effects of electrolyzed water treatment on pesticide removal and texture quality in fresh-cut cabbage, broccoli, and color pepper. **Food Chemistry**, v. 353, p. 129408, 2021.

LIU, Q.; JIN, X.; FENG, X.; YANG, H.; FU, C. Inactivation kinetics of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Typhimurium on organic carrot (Daucus carota L.) treated with low concentration electrolyzed water combined with short-time heat treatment. **Food Control**, v. 106, p. 106702, 2019.

MISIR, G. B.; KORAL, S. Effects of ultrasound treatment on structural, chemical and functional properties of protein hydrolysate of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) by-products. **Italian Journal of Food Science**, v. 31, p. 205-223, 2019.

RHAMAN, S. M. E.; KHAN, I.; OH, D. Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives**. Comprehensiveness Reviews in Food Science and Food Safety,** v. 15, n. 3, p. 471-490, 2016.

SARAVANAKUMAR, K.; SATHIYASEELAN, A.; MARIADOSS, A. V. A.; CHELLIAH, R.; SHIN, S.; PARK, S.; OH, D.; WANG, M. Slightly acidic electrolyzed water combination with antioxidants and fumaric acid treatment to maintain the quality of fresh-cut bell peppers. **LWT**, v. 147, p. 111565, 2021.

SHENG, X.; SHU, D.; TANG, X.; ZANG, Y. Effects of slightly acidic electrolyzed water on the microbial quality and shelf life extension of beef during refrigeration. **Food Science and Nutrition,** v. 6, n. 7, p. 1975-1981, 2018.

SOQUETTA, M. B.; TONATO, D.; QUADROS, M. M.; BOEIRA, C. P.; CICHOSKI, A. J.; TERRA, L. M.; KUHN, R. C. Ultrasound extraction of bioactive compounds from Citrus reticulata peel using electrolyzed water. **Journal of food processing and preservation**, v. 43, p. 14236, 2019.

STEFANELLO, A.; MAGRINI. L. N.; LEMOS, J. G.; GARCIA, M. L.; BERNARDI, A. O.; CICHOSKI, A. J.; COPETTI, M. V. Comparison of electrolized water and multiple chemical sanitizer action against

heat-resistant molds (HRM). **International Journal of Food Microbiology**, v. 335, p. 108856, 2020.

SUN, J. L.; ZHANG, S. K.; CHEN, J. Y.; HAN, B. Z. Efficacy of acidic and basic electrolyzed water in eradicating Staphylococcus aureus biofilm. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 58, p. 448-454, 2012.

TANG, J.; CHEN. H.; LIN, H.; HUNG, Y.C.; XIE, H.; CHEN, Y. Acidic electrolyzed water treatment delayed fruit disease development of harvested longans through inducing the disease resistance and maintaining the ROS metabolism systems. **Postharvest Biology and Technology**, v. 171, p. 111349, 2021.

VÁSQUEZ-LÓPEZ, A.; VILLARREAL-BARAJAS, T.; RODRÍGUEZ-ORTIZ, G. Effectiveness of Neutral Electrolyzed Water on Incidence of Fungal Rot on Tomato Fruits (Solanum lycopersicum L.). **Journal of Food Protection**, v. 79, n. 10, p. 1802-1806, 2016.

ZHAO, L.; ZHAO, M. Y.; PHEY, C. P.; YANG, H. Efficacy of low concentration acidic electrolysed water and levulinic acid combination on fresh organic lettuce (Lactuca sativa Var. Crispa L.) and its antimicrobial mechanism. **Food Control**, v. 101, p. 241–250, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713519300970>. Acesso em: 10 jul. 2021.

WANG, H., QI, J.; DUAN, D.; DONG, Y.; XU, X.; ZHOU, G. Combination of a novel designed spray cabinet and electrolyzed water to reduce microorganisms on chicken carcasses. **Food Control**, v. 86, p. 200-206, 2018.

WATANABE, M.; YAMADA, C.; MAEDA, I.; TECHAPUN, C.; KUNTYIA, A.; LEKSAWASDI, N.; SEESURYIACHAN, P.; CHAIYASO, T.; TAKENAKA, S.; SHIONO, T.; NAKAMURA, K.; ENDO, S. Evaluating of quality of rice bran protein concentrate prepared by a combination of isoelectronic precipitation and electrolyzed water treatment. **LWT**, v. 99, p. 262-267, 2019.

ZHANG, C.; ZHAO, Z.; YANG, G.; SHI, Y.; ZHANG, Y.; SHI, C.; XIA, X. Effect of slightly acidic electrolyzed water on natural Enterobacteriaceae reduction and seed germination in the production of alfalfa sprouts. **Food Microbiology**, v. 97, p. 103141, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

ASPECTOS ÉTICOS E REGULATÓRIOS DA PUBLICIDADE DE ALIMENTOS DIRECIONADA ÀS CRIANÇAS NO BRASIL

ETHICAL AND REGULATORY ASPECTS OF FOOD ADVERTISING DIRECTED TO CHILDREN IN BRAZIL

ROJAHN, Daiani Milanezi[1]*; MORAES, Kessiane Silva de[2]

[1]Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Qualidade e Segurança de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Campus Santo Antônio da Patrulha (FURG-SAP). [2]Docente, Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Campus Santo Antônio da Patrulha (FURG-SAP). *Contato: dai.milanezi@hotmail.com

RESUMO

As mensagens publicitárias de alimentos costumam utilizar estratégias que atraem a atenção das crianças, estimulando o desejo de experimentar e a insistência para aquisição desses produtos por parte dos pais ou responsáveis. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os aspectos éticos e regulatórios da publicidade de alimentos direcionada ao público infantil no Brasil. Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa através de uma revisão da literatura, a partir de artigos científicos publicados entre 2015 e 2021, livros, teses, dissertações e legislações. As informações obtidas indicaram que mesmo diante de diversas resoluções existentes para conter a prática ilegal de propagandas de alimentos, não foi encontrada nessa pesquisa, lei específica que proíba a publicidade de alimentos dirigida às crianças. Concluiu-se que é imprescindível a adoção de medidas que possam controlar a publicidade persuasiva de alimentos direcionada às crianças brasileiras, e assim mitigar o efeito negativo destas propagandas na saúde infantil.

Palavras-chave: Ultraprocessados, propaganda, consumo, público infantil, legislação.

ABSTRACT

Food advertising messages usually use strategies that attract the attention of children, stimulating the desire to try and the insistence on the purchase of these products by parents or guardians. Therefore, the objective of this work was to analyze the ethical and regulatory aspects of food advertising aimed at children in Brazil. Thus, a qualitative research was carried out though a literature review, based on scientific articles published between 2015 and 2021, books, theses, dissertations and legislation. The information obtained indicated that even in the face of several existing resolutions to curb the illegal practice of food advertisements, this research did not find a specific law that prohibits food advertising aimed at children. It was concluded that it is essential to adopt measures that can control the persuasive advertising of food aimed at Brazilian children, and thus mitigate the negative effect of these advertisements on children's health.

Keywords: Ultra-processed products, advertising, consumption, children, legislation.

INTRODUÇÃO

O público infantil, ao ser revelado como um potente consumidor, se tornou uma aposta rentável para as indústrias de alimentos e as agências de publicidade. Essas passaram a veicular obstinadamente propagandas de alimentos voltadas para crianças, utilizando atrativos infantis como brinquedos, personagens e jogos com o intuito de estimular a compra e o consumo de seus produtos (PASSAMANI, 2018). A percepção por parte de emissoras, de que programas infantis poderiam ser muito rentáveis, fez com que explodisse a oferta de comunicação destinada especificamente a essa faixa etária. Isso despertou o interesse de anunciantes que passaram a divulgar largamente suas marcas e produtos diretamente ao público infantil. Daí em diante, programas infantis passaram a ocupar um espaço mais amplo nas telas, chegando a utilizar períodos inteiros com esse tipo de programação (COSTA, 2016).

As mensagens publicitárias exibidas tanto em canais abertos como nos fechados, costumam utilizar estratégias que atraem a atenção das crianças, estimulando o desejo de experimentar e a insistência para aquisição desses produtos por parte dos pais ou responsáveis: "a presença de músicas, personagens infantis, cores, desenhos e logomarcas ocupa o imaginário infantil e contribui para incentivar o desejo de consumo de determinado produto" (BRASIL, 2014a). Dentre os recursos mais utilizados para cativar a atenção do público infantil, destaca-se a utilização de personagens infantis nas embalagens de alimentos. Essa medida por si só, desperta o interesse das crianças, através do reconhecimento e assimilação ao desenho animado ou propaganda (GOMES, 2020).

Um estudo realizado no Brasil em janeiro de 2014, apurou a programação de quatro canais abertos de televisão (mais populares). O intuito era observar as variações de publicidade dos canais por dois dias não consecutivos. Dos 2.732 comerciais que foram identificados, a publicidade de alimentos e bebidas representou 10,2%, sendo que nessa categoria 60,7% dos anúncios correspondiam ao grupo de alimentos ultraprocessados, enquanto que os alimentos *in natura* ou minimamente processados representavam apenas 7%. Neste caso, verificou-se o baixo valor nutricional dos produtos anunciados, que geralmente são de alto valor calórico e de elevada quantidade de gorduras, açúcares e sódio (MAIA *et al.* 2017).

Contudo, este público, alvo da publicidade de alimentos, acaba se tornando vulnerável, e o consumo descontrolado desses alimentos acaba desencadeando complicações futuras como diabetes, hipertensão arterial e obesidade (PASSAMANI, 2018). Neste contexto, a publicidade de alimentos e bebidas direcionadas ao público infantil representa um obstáculo ao acesso à alimentação saudável, pois em um cenário global, demonstra tamanha capacidade de persuasão sobre a vulnerabilidade das crianças (HARTUNG e KARAGEORGIADIS, 2017). Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi analisar, por meio de revisão da literatura, os aspectos éticos e regulatórios da publicidade de alimentos direcionada ao público infantil no Brasil.

METODOLOGIA

Para analisar os aspectos éticos e regulatórios da publicidade de alimentos no Brasil, foi realizada uma pesquisa qualitativa através de uma revisão da literatura. A busca constou de artigos científicos publicados entre 2015 e 2021, em português, livros, teses, dissertações e legislações vigentes. As palavras-chave empregadas na busca por referências bibliográficas foram: publicidade de alimentos, crianças e legislação. Os bancos de dados utilizados foram Scielo, CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e Google Acadêmico. A pesquisa do material bibliográfico foi realizada entre os meses de janeiro e abril de 2021.

DESENVOLVIMENTO

Aspectos éticos

O emprego de personagens em embalagens é um recurso muito utilizado pela indústria alimentícia com o propósito de estampar seus rótulos, tornando-os atrativos e com isso, aumentando a venda de alimentos ultraprocessados. Soares (2013), ao avaliar a qualidade nutricional dos alimentos comercializados com apelo ao público infantil, constatou que dos 44 produtos analisados de 27 marcas distintas, 37 apresentavam quantidades elevadas de nutrientes não saudáveis, revelando um fator muito relevante, no que diz respeito à saúde das crianças que consomem com frequência esses alimentos.

Não obstante a oferta desses produtos atrativos, a exposição de mensagens enganosas trazidas nos rótulos de alimentos ultraprocessados também gera um confronto de informações, onde a promessa de adição de nutrientes como fibras, vitaminas e minerais costumam chamar a atenção dos adultos, levando-os a pensar que o alimento é saudável. Outra estratégia bastante utilizada é a disposição desses produtos em locais de destaque em supermercados, como prateleiras baixas, próximas aos caixas, no alcance das crianças, o que acaba facilitando o acesso delas ao produto e dificultando a negação do adulto no ato de compra (BRASIL, 2014a).

Se tratando de ilustrações dispostas em embalagens, pesquisas demonstraram que a exposição de imagens de alimentos *in natura* influencia os consumidores, levando-os a acreditar que o produto oferecido se trata de um alimento saudável e ideal para consumo. Supostamente, a combinação da imagem e os escritos correspondem a mesma ideia à que se destina a promoção do produto (GOMES, 2020).

Um estudo realizado em 2014 em Natal/RN, apurou a programação de canais de televisão, e observou a prevalência de 19 produtos alimentícios nas propagandas voltadas para o público infantil em canais abertos e fechados, em um período total de 100 horas, resultando a média de uma propaganda ligada a alimentos a cada 90 segundos da programação. Sendo que desses 19 alimentos observados, cerca de 70% eram ricos em açúcares e gorduras, os

quais constituem o quarto nível da pirâmide alimentar. O uso de recursos persuasivos para chamar a atenção do público alvo também foi observado nesse estudo, onde a presença de outras crianças, desenhos animados, personagens e brindes para incentivar a compra do alimento se faziam presentes durante a programação exibida (SANTANA; OLIVEIRA e CLEMENTE, 2015).

Denúncias de publicidades irregulares podem ser registradas em órgãos fiscalizadores como: CONAR, PROCON, Ministério Público, Conselhos Regionais de Nutricionistas e ONG's devidamente cadastradas. Desta forma, com intuito de exemplificar propagandas abusivas ou enganosas e contribuir para conscientização da sociedade quanto a necessidade de proteção da criança, serão apontados alguns casos de peças publicitárias enquadradas como irregulares (Quadro 01), por infringir em alguns aspectos as legislações vigentes (Quadro 02).

Quadro 01: Exemplos de propagandas abusivas ou enganosas de alimentos.

Peça publicitária	Descrição	Fonte
"É hora do Shrek"	Em 2007, uma campanha de biscoitos e bolinhos da Bauducco foi considerada abusiva, pois era claramente direcionada ao público infantil e se aproveitava da inocência das crianças para incentivar o consumo exagerado dos seus produtos ultraprocessados. A campanha também realizava a chamada "venda casada" onde o consumidor só receberia um brinde (relógio) se comprasse uma quantidade específica dos produtos da Bauducco. A empresa foi denunciada, recebeu multa e foi proibida de realizar ações de *marketing* que tivessem como foco crianças.	OPA (2021)
"McDonald's"	Em 2018, o McDonald's realizou ação publicitária em dezenas de escolas utilizando teatro com temas sobre educação ambiental e prática esportiva. Nele o mascote caracterizado da rede de *fast food* Ronald Mc Donald, conduzia o show animado para crianças. Mesmo a empresa alegando que na oportunidade, não promoviam diretamente a venda de seus lanches, o DPDC (Departamento de Proteção de Defesa do Consumidor) considerou a prática ilícita e a publicidade abusiva, pois era direcionada exclusivamente ao público infantil, estimulando as crianças a consumirem os produtos do McDonald's (ultraprocessados), através da presença do mascote durante a apresentação.	OPA (2021)
"Mascotes Sadia"	Em 2007, a empresa Sadia lançou a promoção "Mascotes Sadia", que estimulava o consumidor a adquirir uma quantidade específica de produtos da marca para adquirir um brinde colecionável. A empresa foi multada por se tratar de campanha abusiva, pois era direcionada ao público infantil e se aproveitava da vulnerabilidade das crianças para incentivar o consumo dos seus produtos ultraprocessados. A campanha também realizava a chamada "venda casada", o que é explicitamente proibido pelo Código de Defesa do Consumidor.	OPA (2021)

Peça publicitária	Descrição	Fonte
“Tang”	Em 2017, a empresa Mondelez Brasil Ltda. realizou publicidade do seu produto como “sem corantes artificiais”. Ao afirmar que não utilizava corantes artificiais, omitiu a presença de outros corantes sintéticos, classificados como idênticos a natural; porém ambos pertencentes à mesma classe de corantes orgânicos sintéticos. A empresa foi punida com multa e suspensão da distribuição do produto por se tratar de propaganda enganosa por omissão. Prática ilegal, que fere os princípios da transparência do CDC (Código de Defesa do Consumidor), pois a mesma acabava induzindo o consumidor a acreditar que o produto fosse mais “natural” e “saudável” do que realmente era, apresentando em sua composição excessos de açúcar e outras substâncias químicas prejudiciais à saúde.	OPA (2021)
“Bubbaloo salada de frutas”	Em 2004, o comercial de TV referente a goma de mascar Bubbaloo sabor salada de frutas, que era exibido em horário vespertino, poderia estimular crianças a substituir salada de frutas por uma goma de mascar com o referido sabor. A campanha foi considerada abusiva, pois em algum momento poderia haver associação entre a goma de mascar e o consumo de frutas, considerando que a goma contém quantidade significativa de açúcar e corantes artificiais, prejudiciais à saúde. A empresa sofreu penalidade de sustação do comercial, pois o mesmo era exibido em horário de maior audiência do público infantil.	CONAR (2021)
“Habib‘s que bicho é esse?”	Em 2010, a empresa Habib‘s promoveu uma campanha para crianças chamada “Que bicho é esse?” A publicidade trazia a oferta de um combo onde era oferecido lanche + brinquedo (bichinhos colecionáveis). A publicidade foi considerada abusiva, por configurar uma estratégia para estimular as crianças a consumirem esses alimentos pouco saudáveis, em razão dos brinquedos colecionáveis que acompanham (venda casada). A empresa recebeu multa e teve a publicidade suspensa.	Criança e Consumo (2018)
“Suco de laranja caseira”.	Em 2009, a empresa Coca-Cola foi denunciada por mencionar termos incoerentes em comercial de TV e descrição da embalagem do produto: “Laranja Caseira é um néctar sem conservadores ou corantes, feito a partir do suco de laranjas maduras”. No entanto, em outro local da embalagem continha informações referentes aos ingredientes, onde os mesmos demonstravam que o produto se tratava de néctar e não suco. A campanha foi considerada enganosa, pois pode induzir o consumidor ao erro, acreditando estar consumindo um suco extraído da fruta, como o feito em casa. Vale ressaltar, que para ser considerado suco (integral), o produto precisa conter em sua composição o percentual máximo de fruta/polpa e não conter aditivos. O néctar por sua vez, possui quantidade significativa de açúcar e outros componentes, sendo considerado um produto de alto valor calórico. A empresa foi multada e a embalagem precisou ser readequada	CONAR (2021)
“Sustagen kids - fortaleça a saúde do seu filho todos os dias”	Em 2010, o conteúdo da publicidade do produto trazia uma criança rejeitando vegetais e em seguida aceitando o “suplemento” oferecido como forma de compensação. Na sequência afirmava que “um copo de leite com Sustagen Kids oferece 100% do ferro, zinco e vitamina C que o seu filho precisa”, contradizendo a informação de que o produto seria um “complemento” alimentar, e sim um substituto. A propaganda foi considerada enganosa, pois segundo a denúncia, era inadequada e trazia exemplo deseducativo para o público infantil ao rejeitar o alimento (vegetais), transmitindo a ideia de que é possível substituir esses alimentos por Sustagen Kids, desmerecendo os alimentos naturais. A empresa foi advertida e a publicidade precisou ser alterada.	CONAR (2021)

Regulamentações sobre proteção do consumidor frente à publicidade

A alimentação vai muito além do ato de se alimentar. Vai desde a ingestão do alimento em si, até o acesso a ele, suas garantias e direitos adquiridos. Previsto na Constituição Federal de 1988, o Artigo 227 e § 1º traz elementos que ressaltam essa prioridade:

> "É dever da família, da sociedade e do Estado assegurar à criança, ao adolescente e ao jovem, com absoluta prioridade, o direito à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária, além de colocá-los a salvo de toda forma de negligência, discriminação, exploração, violência, crueldade e opressão." § 1º "O Estado promoverá programas de assistência integral à saúde da criança, do adolescente e do jovem, admitida a participação de entidades não governamentais, mediante políticas específicas e obedecendo aos seguintes preceitos" (BRASIL, 1988).

Partindo desse princípio, uma legislação específica foi elaborada, cujo parâmetro é visar a Segurança Alimentar e Nutricional e o Direito Humano à Alimentação Adequada. De acordo com a Lei Orgânica Nº 11.346/2006 a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base, práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis. Já o Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA) é o direito de cada pessoa ter acesso, ininterruptamente, à alimentação adequada ou aos meios para obter este alimento, sem comprometer os recursos para obter outros direitos fundamentais, como saúde e educação, consagrados na Constituição Federal (BRASIL, 2006).

A legislação brasileira também prevê a alimentação adequada e saudável no ambiente escolar. Através de um programa que revolucionou as condições e ofertas de alimentos seguros, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) congrega suas diretrizes estabelecidas pela Lei nº 11.947/2009 e se tornou uma referência em política pública de segurança alimentar e nutricional, abrangendo crianças e adolescentes de diversas idades e classes econômicas pelo país (FNDE, 2021).

Através do PNAE, estudantes de todas as etapas da educação básica de ensino recebem alimentação e ações de educação alimentar e nutricional. Os cardápios são elaborados obrigatoriamente por nutricionistas e devem atender alguns parâmetros como: variedade, segurança, cultura, tradições e hábitos alimentares conforme as necessidades nutricionais do aluno, idade e estado de saúde. O programa também restringe a aquisição e oferta de alimentos ultraprocessados, sendo que a maior parte dos alimentos são provenientes da agricultura

familiar e de agricultores locais. Já a fiscalização dos recursos é realizada diretamente pela sociedade, por meio dos Conselhos de Alimentação Escolar, pelo Tribunal de Contas da União, pela Controladoria Geral da União e pelo Ministério Público (FNDE, 2021).

Diante de uma série de resoluções e de programas assistenciais para garantir o acesso à alimentação saudável da população, ainda nos deparamos com alguns obstáculos que nos levam a caminhos opostos. A publicidade de alimentos e bebidas direcionadas ao público infantil está entre eles, pois em um cenário global, demonstra tamanha capacidade de persuasão sobre a vulnerabilidade das crianças (HARTUNG e KARAGEORGIADIS, 2017).

Contudo, é preciso ressaltar que no Brasil, essa prática do direcionamento de publicidade de qualquer produto ou serviço ao público infantil já é considerada ilegal. Segundo a Associação Brasileira de Agências de Publicidade (ABAP, 2021), no Brasil, a publicidade já conta com regras bastante rígidas quando o assunto é o público infantil e devem ser observadas em propagandas dirigidas às crianças:

> "É proibido o uso do imperativo, como "compre" ou "peça para seus pais"; Não pode conter conteúdos que desvalorizem a família, escola, vida saudável, proteção ambiental, ou que contenha algum tipo de preconceito racial, religioso ou social; Não pode ser apresentada em formato jornalístico; Não pode difundir o medo nas crianças, expô-la a situações perigosas ou simular constrangimento por não poder consumir o produto ou serviço anunciado; Não pode desmerecer o papel dos pais e educadores como orientadores para se ter hábitos alimentares saudáveis; É proibido apresentar produtos que substituem as refeições; Não pode encorajar o consumo excessivo de alimentos e bebidas; Não pode menosprezar a alimentação saudável; É proibido associar crianças e adolescentes a situações ilegais, perigosas ou socialmente condenáveis; Não pode fazer *merchandising* em programas dirigidos a crianças ou utilizando personagens do universo infantil para atrair a atenção desse público" (ABAP, 2021).

Conforme a legislação vigente, qualquer publicidade que venha afetar de alguma forma a integridade da criança, é passível de punição. No Quadro 02 podemos visualizar as regulamentações que estão previstas de acordo com cada Órgão.

Quadro 02: Legislações brasileiras referentes às propagandas publicitárias.

Legislação vigente	Descrição	Fonte
Conselho Nacional de Saúde	Resolução nº. 408 de 2008, aponta diretrizes para a promoção de alimentação saudável e para a prevenção de distúrbios alimentares, sobrepeso e obesidade. 8) Regulamentação da publicidade, propaganda e informação sobre alimentos, direcionadas ao público em geral e em especial ao público infantil, coibindo práticas excessivas que levem esse público a padrões de consumo incompatíveis com a saúde e que violem seu direito à alimentação adequada; 9) Regulamentação das práticas de *marketing* de alimentos direcionadas ao público infantil, estabelecendo critérios que permitam a informação correta à população, a identificação de alimentos saudáveis, o limite de horários para veiculação de peças publicitárias, a proibição da oferta de brindes que possam induzir o consumo e o uso de frases de advertência sobre riscos de consumo excessivo, entre outros;	BRASIL (2008)
Código de Autorregulamentação Publicitária	Foi criado em 1978, é regido pelo CONAR - Conselho Nacional de Autorregulamentação Publicitária. É o principal e mais detalhado conjunto de normas sobre a publicidade dirigida a crianças.	CONAR (2019)
Código de Ética da Publicidade	Destaca ações que os profissionais da área devem utilizar ao fazer uso da publicidade para meios de comunicação.	CENP (1957)
Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA	Lei 8.069 de 13 de julho de 1990 – Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente - Art. 79. "As revistas e publicações destinadas ao público infanto-juvenil não poderão conter ilustrações, fotografias, legendas, crônicas ou anúncios de bebidas alcoólicas, tabaco, armas e munições, e deverão respeitar os valores éticos e sociais da pessoa e da família".	BRASIL (1990)
Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA	RDC Nº 24, de 15 de junho de 2010, "dispõe sobre a oferta, propaganda, publicidade, informação e outras práticas correlatas cujo objetivo seja a divulgação e a promoção comercial de alimentos considerados com quantidades elevadas de açúcar, de gordura saturada, de gordura *trans*, de sódio, e de bebidas com baixo teor nutricional nos termos desta Resolução, e dá outras providências".	BRASIL (2010)
Conselho Nacional dos Direitos da Criança e do Adolescente – CONANDA	Resolução nº 163 de 2014, reforça o Código de Defesa ao Consumidor - CDC ao detalhar o conceito de abusividade de toda e qualquer publicidade dirigida ao público infantil, com o intuito de persuadi-lo ao consumo de produtos e serviços.	BRASIL (2014)
Estatuto da Primeira Infância	Lei nº 13.257, de 8 de março de 2016, determina a proteção da criança contra toda forma de violência e pressão consumista e a adoção de medidas que evitem a exposição precoce à comunicação mercadológica.	BRASIL (2016)

Legislação vigente	Descrição	Fonte
Código de Defesa do Consumidor – CDC	Lei nº 8.078 de 11 de setembro de 1990, dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Conceitua as modalidades de propaganda que são taxativamente proibidas: Art. 37. É proibida toda publicidade enganosa ou abusiva. § 1º É enganosa qualquer modalidade de informação ou comunicação de caráter publicitário, inteira ou parcialmente falsa, ou, por qualquer outro modo, mesmo por omissão, capaz de induzir em erro o consumidor a respeito da natureza, características, qualidade, quantidade, propriedades, origem, preço e quaisquer outros dados sobre produtos e serviços. § 2º É abusiva, dentre outras a publicidade discriminatória de qualquer natureza, a que incite à violência, explore o medo ou a superstição, se aproveite da deficiência de julgamento e experiência da criança, desrespeita valores ambientais, ou que seja capaz de induzir o consumidor a se comportar de forma prejudicial ou perigosa à sua saúde ou segurança. § 3º Para os efeitos deste código, a publicidade é enganosa por omissão quando deixar de informar sobre dado essencial do produto ou serviço.	BRASIL (1990)

No Quadro 03 podemos observar alguns projetos de lei que foram elaborados por Deputados Federais e tramitam a espera de aprovação. Os mesmos tem o propósito de regulamentar a publicidade dirigida ao público infantil:

Mesmo diante de diversas resoluções existentes para conter a prática ilegal de propagandas de alimentos, não foi encontrada nessa pesquisa, lei específica que proíba a publicidade de alimentos dirigida às crianças. Sendo que as resoluções em vigor, apenas normatizam as publicidades de uma forma geral, não deixando claro os meios de veiculação (televisão ou internet), controle nos horários de exposição (tempo e frequência) e o formato (propaganda ou embalagem/rótulo). Embora existam projetos de lei com propostas para atender a essas especificidades da publicidade infantil de alimentos, estes dependem da aprovação do Poder Executivo para entrarem em vigor.

Quadro 03: Projetos de lei em tramitação na Câmara Federal dos Deputados.

Projeto de Lei	Proposta normativa
Projeto de Lei nº 5.608/2013	Regulamenta a publicidade infantil de alimentos.
Projeto de Lei nº 5.921/2001	Proíbe a publicidade dirigida à criança e regulamenta publicidade dirigida a adolescentes
Projeto de Lei n° 4.815/2009	Veda a comercialização de lanches acompanhados de brinquedos.
Projeto de Lei n° 1.755/2007	Proíbe a venda de refrigerantes em escolas de educação básica.
Projeto de Lei n° 1.637/2007	Institui regras para a publicidade de alimentos obesogênicos e restringe seu horário de exibição.
Projeto de Lei n° 1.745/2011	Veda a comercialização de alimentos e produtos em geral destinados ao consumo e uso por crianças, a oferta de brinquedos, brinde ou prêmio a título de bonificação.

Fonte: Criança e Consumo, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa bibliográfica permitiu analisar qualitativamente os aspectos éticos e regulatórios da publicidade de alimentos direcionada ao público infantil no Brasil. Os dados indicaram que é fundamental a imposição de maior rigor no que se refere ao cumprimento da regulamentação publicitária que vigora no país, principalmente quando se trata de alimentos voltados ao público infantil. Tornando-se necessária a adoção de um modelo eficiente de regulação e principalmente de fiscalização de rotulagens/embalagens de alimentos, assim como o monitoramento das publicidades, de modo que possa garantir informações claras e fidedignas aos consumidores.

Contudo, o estabelecimento de regras efetivas no combate a ações persuasivas e abusivas da publicidade direcionada às crianças brasileiras é indispensável para que possam ser mitigados os efeitos negativos que a publicidade de alimentos causa na saúde infantil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE PUBLICIDADE. São Paulo, 2021. Disponível em: <**http://www.abapnacional.com.br/pdfs/03-leis.pdf**>. Acesso em 20 maio 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 15 maio 2021.

BRASIL. Lei nº 11.346 de 15 set. 2006. Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional**.** Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o Direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. 18 set. 2006.

BRASIL. Lei nº 13.257, de 8 de março de 2016. Estatuto da Primeira Infância. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13257.htm>. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº** 24, **de 15 de junho de 2010.** Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/rdc0024_15_06_2010.html>. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução n.º 408, de 11 de dezembro de 2008.** Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2008/res0408_11_12_2008.html>. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia Alimentar para a População Brasileira** – 2. ed., 1. Reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014a. 156 p.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990**.** Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências**. Diário Oficial da União.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.html>. Acesso em: 28 maio 2021.

CÓDIGO BRASILEIRO DE AUTORREGULAMENTAÇÃO PUBLICITÁRIA (CONAR). **Pesquisa propagandas irregulares** (Bubbaloo salada de frutas; suco laranja caseira; Nutella; Sustagen kids) 2021. Disponível em: <http://www.conar.org.br/>. Acesso em: 05 maio 2021.

CÓDIGO BRASILEIRO DE AUTORREGULAMENTAÇÃO PUBLICITÁRIA (CONAR). Disponível em: <**http://www.conar.org.br/codigo/codigo.php**>. Acesso em: 28 maio 2021.

CÓDIGO DE ÉTICA DOS PROFISSIONAIS DA PROPAGANDA - **CENP.** Outubro de 1957**.** Disponível em: <https://cenp.com.br/PDF/Legislacao/Codigo_de_etica_dos_proffisionais_da_propaganda.pdf>. Acesso em: 28 maio 2021.

COSTA, Midiã Ribeiro. A **Influência da Mídia Televisiva nas Escolhas Alimentares das Crianças e na Obesidade Infantil: Uma Revisão da Literatura**. 2016 - Trabalho de Conclusão de Curso (Nutrição). Faculdade de Ciências da Educação e Saúde. Brasília - DF.

CRIANÇA E CONSUMO. **Legislação Nacional, 2021**. Disponível em: <https://criancaeconsumo.org.br/relacoes-governamentais/legislacao-nacional/>. Acesso em: 26 maio 2021.

CRIANÇA E CONSUMO. **Publicidade Habib's, 2018**. Disponível em: <https://criancaeconsumo.org.br/noticias/publicidade-infantil-do-habibs-e-abusiva/>. Acesso em: 05 maio 2021.

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Alimentação Escolar** - Conteúdo do Portal do FNDE. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/programas/pnae>. Acesso em: 01 maio 2021.

GOMES, Amanda Rutiquewiski. **A influência dos apelos visuais na intenção de consumo de cereais matinais destinados ao público infantil: um estudo da linguagem gráfica nas embalagens**. Dissertação (Mestrado em Design) – Setor de Artes, Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná, 2020.

HARTUNG, P. A. D.; KARAGEORGIADIS, E. V. A regulação da publicidade de alimentos e bebidas não alcoólicas para crianças no Brasil. **Revista de Direito Sanitário**, v. 17, n. 3, p. 160-184, 2017.

MAIA, E. G.; COSTA, B. V. D. L.; COELHO, F. D. S.; GUIMARÃES, J. S.; FORTALEZA, R. G.; CLARO, R. M. **Análise da publicidade televisiva de alimentos no contexto das recomendações do Guia Alimentar para a População Brasileira.** Cadernos de Saúde Pública, *33*. (2017).

OBSERVATÓRIO DE PUBLICIDADE DE ALIMENTOS (OPA), 2021. Disponível em: <**https:// https:// publicidadedealimentos.org.br/casos-documentados-bottom/**>. Acesso em: 11 maio 2021.

PASSAMANI, C.; PACIFICO, G. L. T.; LEE, O. P.; DA ROCHA ORTIZ, J. A.; DE OLIVEIRA LOPES, F.; CESARIO, F. C. **Influência da publicidade na alimentação infantil**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 2, 2018.

SANTANA, M. K. L.; OLIVEIRA, C. M.; CLEMENTE, H. A. Influência da publicidade de alimentos direcionada ao público infantil na formação de hábitos alimentares. **Revista Uni-RN**, v. 14, n. 1/2, p. 1-12, 2015.

SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS. Conselho Nacional dos Direitos da Criança e do Adolescente – CONANDA. **Resolução nº 163, de 13 de março de 2014**. 2014b. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=4&data=04/04/2014>. Acesso em: 28 maio 2021.

SOARES, S. A.; BORGES, A. R.; KOIKE, A.; ALMEIRA, K. **A força da publicidade infantil: composto de marketing e as embalagens dos produtos alimentícios da Turma da Mônica.** In: Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Intercom. 2013.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARNE DE SOL COMERCIALIZADAS EM FEIRAS LIVRES: UMA REVISÃO

EVALUATION OF THE QUALITY OF MEAT OF SUN SOLD AT OPEN FAIRS: A REVIEW

DOS SANTOS PARANAGUÁ, Natyelle[1]*; CARDOSO DE AQUINO, Carlla Emanuelle[1]; JOAQUINA DA SILVA, Keliane[1]; SOUZA DOURADO, Michelle[1]; DE SOUZA TIANO ANTUNES, Suzanne[1], ABREU LIMA, Ítalo[1,2]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus Barreiras, Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; [2]Departamento de Ensino Superior. *Contato: paranaguanatyelle@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi fazer uma revisão de literatura acerca das condições higiênico-sanitárias, avaliações físico-químicas e microbiológicas de carnes de sol comercializadas em feiras livres. Foi realizada uma revisão bibliográfica em plataformas digitais como Scielo, Periódicos da Capes, e no portal eletrônico Google Acadêmico. Apesar de ser um alimento consumido há décadas, considerado tradicional e amplamente aceito, a carne de sol não possui padrões de identidade oficiais prescritos na lei. Sendo assim, a produção é feita de maneira rudimentar seguindo técnicas artesanais, sem padronização das etapas e muitas vezes sem a adoção das boas práticas de fabricação. Outro ponto de observação é a comercialização do produto que comumente é vendido em feiras livres onde as condições higiênico-sanitárias são escassas e o alimento é exposto a contaminantes físicos, químicos e microbiológicos que afetam a sua inocuidade e podem prejudicar a saúde do consumidor acarretando uma intoxicação ou o ganho de alguma doença transmitida por alimento. Diante disso, estudos para avaliar as condições de produção e comercialização da carne de sol vêm sendo feitos e demonstram a necessidade da adoção das boas práticas de fabricação em todas as etapas da produção e comercialização de modo a garantir a segurança alimentar dos consumidores. Portanto, estudos sobre a carne de sol são importantes tendo em vista que o produto se contamina facilmente e é comercializado na maioria das vezes em ambientes com condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, trazendo riscos à saúde dos consumidores e comprometimento da qualidade do alimento.

Palavras-chave: Carne de sol, condições higiênico-sanitárias, feiras livres.

ABSTRACT

The aim of this study was to review the literature on hygienic sanitary conditions, physicochemical and microbiological evaluations of dried meat sold in open markets. A literature review was carried out on digital platforms such as Scielo, Capes Periodicals, and on the electronic portal Google Academic. Despite being a food consumed for decades, considered traditional and widely accepted, dried meat does not have official identity standards prescribed by law. Therefore, production is carried out in a rudimentary way following artisanal techniques, without standardization of steps and often without the adoption of good manufacturing practices. Another point of observation is the commercialization of the product that is commonly sold in open markets where hygienic-sanitary conditions

are scarce and the food is exposed to physical, chemical and microbiological contaminants that affect its innocuity and can harm the consumer's health, resulting in a intoxication or gain from some foodborne illness. Therefore, studies to assess the conditions of production and marketing of dried meat have been carried out and demonstrate the need to adopt good manufacturing practices at all stages of production and marketing in order to ensure food safety for consumers. Therefore, studies on sun-dried meat are important considering that the product is easily contaminated and is most often marketed in environments with unsatisfactory hygienic and sanitary conditions, bringing health risks to consumers and compromising food quality.

Keywords: Sun meat, sanitary and hygienic conditions, markets.

INTRODUÇÃO

As carnes salgadas tem origens muito antigas e são conhecidas em todo mundo. As técnicas de produção comumente são passadas de geração em geração e por este motivo, apresentam variações no sabor, composição e vida útil (ISHIHARA; MADRUGA, 2013).

A carne de sol é um produto tradicionalmente presente na culinária da região nordeste do Brasil, a qual é adicionada de sal e semi-dessecada, elaborada com carne obtida de origem caprina ou bovina, sendo a bovina a mais comum. O processo é artesanal, e consiste normalmente na salga e exposição das mantas ao ar livre ou ambiente ventilado (SOUZA, 2005).

O processamento da carne, visa a elaboração de novos produtos com a finalidade de prolongar a vida útil pois atua sobre microrganismos e enzimas de caráter degradativo. O processamento não modifica de forma significativa as qualidades nutricionais. Mas, atribui características como sabor, aroma e cor (ROMANELLI; CASARIL; FILHO, 2002).

A Carne de sol é um produto cuja elaboração obedece uma tecnologia rudimentar e variável de acordo com a região, obedece um preparo quase doméstico, pode sofrer contaminação em diversas etapas do processamento, principalmente por não haver um controle sobre a matéria-prima utilizada, além da falta de fiscalização dos órgãos oficiais competentes (MIRANDA; BARRETO, 2012). Além disso, devido às suas características de composição e seu alto teor biológico a carne serve de substratos para a proliferação de microrganismos que contribuem para o comprometimento da qualidade do produto (SIGARINI, 2004).

A ausência de padrões oficiais de identidade e qualidade na elaboração da carne de sol possibilita a produção e a distribuição do produto em condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, permitindo a ocorrência de contaminações microbiológicas, químicas e físicas que podem ser prejudiciais à saúde do consumidor (MENUCCI, 2009).

Dessa maneira, este trabalho teve como objetivo fazer uma revisão de literatura nos meios científicos acerca das condições higiênico-sanitárias, avaliações físico-químicas e microbiológicas de carnes de sol comercializadas em feiras livres.

METODOLOGIA

Nesta presente pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica, com enfoque de conhecer mais sobre a qualidade das carnes de sol, comercializadas em feiras livres. O levantamento bibliográfico dos artigos, teses e das dissertações foi realizado em plataformas digitais como a Biblioteca Científica Eletrônica Online (Scielo), Periódicos da Capes, e no portal eletrônico Google Acadêmico. As pesquisas foram realizadas entre os meses de Janeiro a Março de 2021.

Foram selecionados alguns artigos científicos e dissertações publicados em diferentes revistas nacionais que relatam sobre as condições higiênico-sanitárias, análises físico-químicas e microbiológicas de carne de sol em diferentes localidades do Brasil.

Não foram incluídos nesta pesquisa, artigos que apresentem alguma conotação duvidosa, que não contenham seu autor, data da sua publicação, local onde esse artigo foi publicado, como também que nunca tenham sido citados em outros projetos ou que não contenham nenhum assunto relacionado ao tema deste trabalho.

DESENVOLVIMENTO

Os artigos selecionados, estão distribuídos na Tabela 01. Quatro correspondem a periódicos publicados em revista e um é correspondente a uma dissertação.

Os trabalhos dispostos na Tabela 01, a seguir, exibem os estudos sobre a qualidade das carnes de sol comercializadas em diferentes locais do Brasil. O produto apesar de não possuir regulamentação específica que lhe confira padrões físico-químicos e microbiológicos específicos, necessita de cuidados desde o processamento até sua comercialização a fim de evitar a proliferação de microrganismos que possam comprometer a qualidade do alimento e a saúde do consumidor.

Para o trabalho de Gurgel et al. (2014), 80 amostras foram colhidas de forma aleatória em cinco cidades do Rio Grande do Norte, sendo que destas 80 amostras 44 foram provenientes do comércio informal e 36 do comércio formal, nesse estudo as amostras inicialmente pesavam 300 g. No trabalho de Mennucci (2009), foram coletadas 88 amostras de 22 estabelecimentos localizados no município de Diadema - SP, dessas amostras a metade foi destinada às avaliações macro e microscópica e a outra metade às análises microbiológicas, o peso das amostras conforme a autora variou de 150,0 a 400,0 g.

Tabela 01: Distribuição de dados dos artigos, dissertações selecionadas de acordo com os periódicos, autores, título e ano de publicação.

Periódicos	Autores	Título	Ano
Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública	Mennucci,T. A.	Avaliação das condições higiênico-sanitárias da carne de sol comercializada em “casas do norte” no município de Diadema - SP	2009
Revista Alimentos e Nutrição.	Almeida et al.	Condições higiênico-sanitárias da comercialização de carnes em feiras livres de Paranatama, PE	2011
Revista Caatinga	Miranda, P. C; Barreto, N. S. E.	Avaliação higiênico-sanitária de diferentes estabelecimentos de comercialização da carne de sol no município de Cruz das Almas - BA	2012
Revista Instituto Adolfo Lutz	Gurgel et al.	Avaliação da qualidade da carne de sol produzida artesanalmente	2014
Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública	Nascimento et al.	Características microbiológicas e físico-químicas da carne de sol comercializadas	2018

Os dois trabalhos, apesar de possuírem similaridade na quantidade de amostras testadas, possuem diferenças em alguns pontos. No trabalho de Gurgel et al. (2014), as amostras foram submetidas a análises microbiológicas e análises físico-químicas, diferente do trabalho de Mennucci (2009),onde foram submetidas a avaliações macro, microscópicas e análises microbiológicas, sendo que as avaliações macro e microscópica tiveram como objetivo observar a presença de materiais estranhos e nocivos ao consumidor, essa avaliação é interessante pois ajuda posteriormente no entendimento dos resultados das análises realizadas e no entendimento das condições de armazenamento, manipulação e comercialização do produto.

Em relação às análises microbiológicas, Gurgel et al. (2014), seguiu as recomendações da instrução normativa n° 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil,2003). Os valores obtidos foram comparados às normas da RDC n° 12 de janeiro de 2001 (Brasil,2001), e utilizou-se os padrões para para o “charque, jerked beef e similares” já que a carne de sol não possui padrões específicos. A metodologia empregada por Mennucci (2009), na análise microbiológica das amostras seguiu as orientações da American Public Health Association (APHA), as recomendações da Food and Drug Administration (FDA), da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) e da Comissão do Codex Alimentarius, Além das técnicas oficiais adotadas pelo Ministério da Saúde e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Os resultados das análises para *Salmonella* spp. de Gurgel et al. (2014), determinaram a presença do microrganismo em 25% das amostras e Mennucci (2009), obteve a presença do microrganismo em 9,1% das amostras. A Presença de *Salmonella* ssp. em alimentos representa riscos à saúde do consumidor e demonstra inconformidades no manuseio dos produtos, higiene pessoal do manipulador, higiene dos utensílios, equipamentos e ambiente no qual o alimento é armazenado e comercializado.

Para a presença de coliformes Mennucci (2009), verificou que o número de coliformes/mL a 45°C, variou entre contagens abaixo de 3 NMP/mL até um máximo de 240 NMP/mL. Gurgel et al. (2014), na análise de coliformes termotolerantes determinou que 51 amostras

estavam fora dos padrões estabelecidos pela legislação com média em torno de 2,36 LogNMP/g. Novamente, a presença de microrganismos como os coliformes alertam para condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação insatisfatórias.

Para a análise de *Staphylococcus aureus*, Gurgel et al. (2014), encontrou uma média de 4,4,81 LogUFC/g, com um total de 63 amostras fora do padrão estabelecido pela RDC n°12/2001 (Brasil, 2001), e para a análise de bactérias halofílicas, foi encontrada a média de 4,87 LogUFC/g que para os autores, pode estar associado ao ambiente salino encontrado nesse tipo de carne que favorece o desenvolvimento destas bactérias. Nos resultados das análises para *Staphylococcus aureus*, Mennucci (2009), descreveu que 50% das amostras determinaram a presença do microrganismo e nas análises para *Escherichia coli*, 13,6% das amostras obtiveram resultado positivo para o microrganismo. A existência de microrganismos como *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* nos alimentos,outra vez está fortemente ligada com condições higiênico-sanitárias visto que o *S.aureus* naturalmente se encontra na pele e fossa nasais de seres humanos e o *E.coli* também é proveniente de falhas na higiene.

Nas avaliações macro e microscópica feitas por Mennucci (2009), foram encontrados materiais estranhos nas amostras como insetos, larvas ou fragmentos de insetos, pelos de roedores e de animais não identificados, desse modo segundo o autor 90,9% dos estabelecimentos de onde foram retiradas as amostras, apresentaram pelo menos uma amostra imprópria para o consumo.

Com relação às análises físico-químicas, comparando Gurgel et al. (2014), com Nascimento et al. (2018), percebe-se uma similaridade nos valores encontrados. Para a realização das análises, feitas por Gurgel et al. (2014), as amostras foram avaliadas em relação ao aspecto de umidade e cinzas, segundo as especificações dos Métodos Analíticos Oficiais para Controle de Produtos de Origem Animal e seus Ingredientes (Brasil,2003) e submetidas também a determinação do pH e da atividade de água. Para Nascimento et al. (2018), nas análises físico-químicas verificou-se o valor de pH, o teor de umidade pelo método da estufa, o teor de cinzas e o de cloreto de sódio seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Nas análises de Nascimento et al. (2018), foi encontrado o valor da média para cinzas de 7,9%, variando de 3,77% a 17,48% e para umidade os valores variaram de 39,51% a 81,43% com média de 57,64%. Os valores encontrados por Gurgel et al. (2014), nessas análises foram, para umidade uma média de 57,5% e em relação a cinzas foram observados valores que variaram de 2,36 a 10,1 % com média de 7,73%. A divergência dos valores encontrados pode estar atrelada ao fato de que a carne de sol não possui padronização na fabricação ou seja o fluxograma de produção utilizado pode ser diferente, bem como os teores de cloreto de sódio podem variar, causando uma leve discrepância entre os valores obtidos principalmente no que se refere ao teor de cinzas.

Os valores de pH encontrados por Gurgel et al. (2014), obtiveram uma média de 5,7025.

Nascimento et al. (2018), encontrou uma média de pH de 5,8. Observando os resultados obtidos é possível atestar que mesmo possuindo um pH dentro das faixas exigidas, o parâmetro não se configurou como empecilho para a proliferação de microrganismos já que em ambos os estudos foram encontrados microrganismos nas mais variadas faixas de pH.
Na análise da atividade de água feita por Gurgel et al. (2014), foi encontrada uma média de 0,86 o que para o autor pode possibilitar a proliferação de microrganismos mesmo com a carne sendo desidratada pelo sal, exposta à temperatura ambiente ou colocada sob refrigeração com temperatura e embalagem adequadas.

Na análise feita para o teor de cloreto de sódio realizada por Nascimento et al. (2018), os resultados obtidos mostram uma variação de 2,55% a 10,23% com uma média de 6,48%. Essa variação nos níveis de cloreto de sódio está relacionada à falta de padronização do produto que ainda obedece padrões artesanais e que pode variar de região para região.

Como conclusão Nascimento et al. (2018), determinou que as carne de sol comercializadas na localidade da sua pesquisa apresentaram padrões microbiológicos insatisfatórios, e a combinação da redução de pH, do incremento de cloreto de sódio e redução da umidade não se mostraram suficientes para exercer função de inibir o crescimento dos microrganismos. Semelhante a essa conclusão, Gurgel et al. (2014), avaliou que as carnes de sol utilizadas em seu estudo apresentavam um risco à saúde do consumidor, o que também foi concluído por Menucci (2009), cujo os resultados obtidos na pesquisa, permitiram avaliar que as carnes de sol comercializadas em 20 (90.9%) dos estabelecimentos da cidade de Diadema - SP, apresentaram condições higiênico-sanitárias insatisfatórias no conjunto das análises microbiológicas, macro e microscópicas.

As conclusões desses estudos apresentaram sobre o viés da observação dos resultados de análises microbiológicas, físico-químicas e avaliações macro e microscópica a necessidade de adoção de medidas higiênico-sanitárias e de boas práticas em todo processo de produção e comercialização de alimentos.

Nos estudos sobre as condições higiênico-sanitárias foram revisados dois artigos, o primeiro feito por Miranda e Barreto (2012), avaliou as condições higiênico- sanitárias de diferentes estabelecimentos de comercialização de carne de sol no município de Cruz das Almas - BA e o segundo feito por Almeida et al. (2011), avaliou as condições higiênico-sanitárias de comercialização de carnes em feiras livres de Paranatama - PE.

A Metodologia empregada por Almeida et al. (2011), foi feita a partir de entrevistas realizadas com 200 consumidores para avaliar as noções dos mesmos a respeito das condições higiênico-sanitárias, ocorrência de doenças, comercialização das carnes, condições de higiene e outras questões. 24 comerciantes também foram entrevistados e questionados sobre a forma, local de abate, armazenamento e o transporte das carnes. Para avaliação das condições higiênico-sanitárias foi aplicado um checklist adaptado da RDC n° 216 (Brasil, 2004) nas bar-

racas que comercializavam o produto em locais abertos, o checklist abordou aspectos como condições da barraca, do equipamento, limpeza do ambiente, utensílios, higiene pessoal dos manipuladores, aparência e exposição da matéria-prima.

Miranda e Barreto (2012), para a avaliação das condições higiênico- sanitárias, utilizaram o cálculo da amostra aleatória simples com o objetivo de observar o maior número possível de estabelecimentos. Desta forma, 12 estabelecimentos comerciais foram avaliados sendo: quatro supermercados, três minimercados, dois boxes do mercado municipal e três açougues. A avaliação dos estabelecimentos foi a partir de conversas informais, visita observatória e aplicação de um checklist contendo questões sobre edificação, instalação, manipuladores, equipamentos, utensílios, entre outros. O instrumento usado para avaliar as condições de comercialização da carne de sol foi a Resolução Nº 216 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2004) e a Portaria Nº 326 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 1997).

Na avaliação feita por Miranda e Barreto (2012), dos estabelecimentos visitados apenas os supermercados atendiam grande parte dos itens avaliados. A refrigeração não era utilizada em 50% dos estabelecimentos e em 100% deles, a carne de sol não se encontrava embalada. Em 75% dos estabelecimentos as facas não eram de uso exclusivo e a manipulação simultânea de dinheiro e alimento foi verificada em 25% dos estabelecimentos. A utilização de aventais, toucas descartáveis, sapatos fechados e limpos foi verificada em apenas 25% dos estabelecimentos. A lavagem inadequada das mãos e outros hábitos impróprios, como conversas durante a manipulação e comercialização dos alimentos, foi verificada em todos os estabelecimentos. A partir dos resultados, Miranda e Barreto (2012), chegaram a conclusão que os estabelecimentos comercializadores de carne de sol em Cruz das Almas, apresentavam falhas quanto à inocuidade e segurança dos alimentos. Entre os estabelecimentos estudados, apenas os supermercados atendiam aos critérios estabelecidos na legislação vigente, seguido dos minimercados.

Os resultados obtidos por Almeida et al. (2011), configuraram números alarmantes. Das barracas analisadas, 50% comercializam carnes clandestinas, em 71% das barracas foram observados animais próximo aos bancos e em 75% delas havia lixo ao redor. Os equipamentos e utensílios, como balanças e facas, eram velhos e sem higienização. Não existia equipamentos para refrigeração das carnes e 79% dos comerciantes de carnes encontravam-se com as roupas sujas, principalmente de sangue. Apenas um (4,0%) utilizava toucas e batas, nenhum deles utilizava luvas para a manipulação do produto e 83% comiam enquanto trabalhavam, assim como todos manipulavam dinheiro. A utilização de brincos, pulseiras e relógios foi observada em 80% dos vendedores. Como conclusão, os autores avaliaram que o modelo de comercialização das carnes nas feiras livres de Paranatama é obsoleto e precário, podendo oferecer riscos à saúde dos consumidores.

Fazendo um paralelo entre os dois estudos é possível observar que irregularidades na produção e comercialização de gêneros alimentícios ocorre nos mais distintos ambientes. Desse modo, a adoção das boas práticas de fabricação é fundamental para garantir a segurança alimentar que é um direito do consumidor.

As boas práticas de fabricação são um conjunto de medidas que devem ser adotadas por estabelecimentos de produção e comercialização de alimentos com intuito de garantir a qualidade higiênico-sanitária. São fundamentais na obtenção de produtos livres de contaminações, na prevenção de contaminação cruzada ou de condições que favoreçam a multiplicação microbiana (BRASIL, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tradição no consumo da carne de sol faz o alimento ser amplamente comercializado em diversos tipos de estabelecimentos. Por outro lado, a falta de legislação submete o alimento às mais diversas formas de contaminações. Portanto, diante dos contextos apresentados, estudos sobre a carne de sol são importantes e necessários tendo em vista que o produto se contamina facilmente, é comercializado na maioria das vezes em ambientes com condições higiênico-sanitárias insatisfatórias e podendo desse modo apresentar riscos à saúde dos consumidores e o comprometimento da qualidade do alimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. B.; DINIZ, W. J. S.; SILVA, P. T. V.; ANDRADE, L. P.; DINIZ, W. P. S.; LEAL, J. B. G.; BRANDESPIM, D.F. Condições higiênico-sanitárias da comercialização de carnes em feiras livres de Paranatama - PE. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 22, n. 4, p. 585-592, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Portaria n° 368, de 04 de setembro de 1997. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de elaboração para estabelecimentos elaboradores/industrializadores de alimentos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução Normativa n° 62 de 26 de Agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n° 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2004.

GURGEL, T. E. P.; BANDEIRA, M. G. L.; ABRANTES, M. R.; DE SOUSA, Ê. S.; SILVESTRE, K. DA S.; SAKAMOTO, S.M.; DA SILVA, J. B. A. Avaliação da qualidade da carne de sol produzida artesanalmente. **Revista Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 73, p. 208-213, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008.

ISHIHARA, Y. M.; MADRUGA, M. S. Indicadores de maciez em carnes salgadas e dessecadas: uma revisão. **Semina: Ciências Agrárias,** Londrina, v. 34, n° 2, p. 3721-3738, 2013.

MENUCCI, T. A. **Avaliação das condições higiênico-sanitárias da carne de sol comercializada em "casas do norte" no município de Diadema - SP** (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MIRANDA, P. C.; BARRETO, N. S. E. Avaliação higiênico-sanitária de diferentes estabelecimentos de comercialização da carne de sol no município de Cruz das Almas - BA. **Revista Caatinga, Mossoró,** v. 25, n. 2, p. 166-172, 2012.

NASCIMENTO, L. L. O.; OLIVEIRA, D. G. S.; SILVA, M. E. P.; BARBOSA, V. A. A.; CARDOSO FILHO, F. C.; ALBUQUERQUE, W. F. DE. Características Microbiológicas e Físico-químicas da carne de sol comercializadas. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 5, n° 1, p. 017-024, 2018.

ROMANELLI, P. F.; CASERIL, R.; FILHO, J. F. L. Processamento da carne do jacaré do Pantanal (Caiman crocodilus yacare). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n° 1, p. 70-75, 2002.

SIGARINI, C. DE O. **Avaliação bacteriológica da carne bovina desossada em estabelecimentos comerciais do município de Cuiabá - MT/Brasil** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

SOUZA, N. L. DE. **Efeito da combinação de sal com lactato e diacetato de sódio nas características sensoriais, físico-químicas, cor e textura de um produto similar à Carne de sol** (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE ÁGUAS DE COCO INDUSTRIALIZADAS: UMA REVISÃO

EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF INDUSTRIALIZED COCONUT WATERS: A REVIEW

SOUZA DOURADO, Michelle[1]*; DOS SANTOS PARANAGUÁ, Natyelle[1]; JOAQUINA DA SILVA, Keliane[1]; CARDOSO DE AQUINO, Carlla Emanuelle[1]; DE SOUZA TIANO ANTUNES, Suzanne[1], ABREU LIMA, Ítalo[1,2]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus Barreiras, Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; [2]Departamento de Ensino Superior. *Contato: michellesouza20155@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho objetiva apresentar alguns trabalhos, em forma de revisão de literatura, sobre análise da qualidade físico-química e microbiológica de águas de coco industriais, possibilitando, dessa forma uma comparação de dados científicos. Foi realizada a revisão bibliográfica por meio de uma busca eletrônica no *Google Acadêmico* (GOOGLE) e *Scientifc Eletronic Base Library Online* (Scielo), no período de fevereiro a abril de 2021. Foram escolhidos 5 trabalhos que abordaram os parâmetros físico-químicos e microbiológico da água de coco industrializada. Com o aumento no consumo de água de coco, constata-se o surgimento de pequenas e grandes empresas por todo o Brasil, podendo haver a possibilidade de não conter fiscalizações no que se refere ao cumprimento das Boas Práticas de Fabricação ou a averiguação do cumprimento das indústrias quanto as características físico-químicas e microbiológicas que o produto deve apresentar. Para industrialização e comercialização da água do coco como produto de conveniência, existe a necessidade de aplicação de processos que garantam a estabilidade físico-química e microbiológica do produto, aumentado sua vida útil e a segurança alimentar. Algumas pesquisas constataram que algumas marcas de água de coco não atendem a legislação brasileira. Ao verificar as conclusões tiradas pelos autores diante das evidências obtidas através das pesquisas, percebe-se que há muito que se averiguar quando se trata de obedecer ao que a legislação vigente estabelece sobre qualidade físico-química e microbiológica das águas de coco industrializadas.

Palavras-chave: Água de coco, qualidade, bebida isotônica.

ABSTRACT

The present work aims to present some works, in the form of a literature review, on the analysis of the physical-chemical and microbiological quality of industrial coconut water, thus enabling a comparison of scientific data. The literature review was carried out through an electronic search on Academic Google (GOOGLE) and Scientifc Electronic Base Library Online (Scielo), from February to April 2021. Five papers were chosen that addressed the physical-chemical and microbiological parameters of industrialized coconut water. With the increase in coconut water consumption, there is the emergence of small and large companies throughout Brazil, and there may be the possibility of not containing inspections with regard to compliance with Good Manufacturing Practices or verification of compliance with industries as the physico-

chemical and microbiological characteristics that the product must present. For the industrialization and commercialization of coconut water as a convenience product, there is a need to apply processes that guarantee the physical-chemical and microbiological stability of the product, increasing its shelf life and food safety. Some researches found that some brands of coconut water do not comply with Brazilian legislation. When verifying the conclusions drawn by the authors in light of the evidence obtained through the research, it is clear that there is much to be investigated when it comes to complying with what the current legislation establishes on physical-chemical and microbiological quality of industrialized coconut waters.

Keywords: Coconut water, quality, isotonic drink.

INTRODUÇÃO

A água do coco verde pode ser consumida tanto na forma *in natura* quanto processada. Tradicionalmente, a água de coco era vendida, exclusivamente, dentro do próprio fruto, sendo está forma de comercialização que conduzia a problemas relacionados ao transporte, armazenamento, e características perecíveis do produto (MARTINS; JUNIOR, 2011).

De acordo com Rosa e Abreu (2000), para proporcionar o consumo da água de coco fora das regiões produtoras é necessário a industrialização da mesma, facilitando a mobilidade, consequentemente, diminuindo os custos com o transporte e aumentar a vida de prateleira. Os métodos de processamento empregados em água de coco visam, essencialmente, inibir a ação enzimática e garantir a estabilidade microbiológica do produto após a abertura do fruto, mantendo o quanto possível suas características sensoriais originais, além de possibilitar a formalização do comércio, aproveitamento do fruto, geração de novos empregos e criando um novo nicho industrial (LIRA , 2010; PENHA; CABRAL; MATTA, 2005).

A água de coco vem ganhando espaço no mercado como uma bebida de vasto potencial comercial, pois além de ser um produto natural, possui baixo teor calórico, considerável valor nutricional e apresenta aroma e sabor suaves e agradáveis. Apresentando-se como uma bebida leve, refrescante e pouco calórica, composta de água, açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais, sendo apresentada como possível substituta às bebidas utilizadas para reidratação após os exercícios físicos, cujas características são alteradas na pré, pós-colheita e após processada (LIMA et al., 2015).

No interior do fruto, a água é estéril, porém, durante a sua extração e envase podem ocorrer contaminações microbiológicas (em virtude da riqueza de nutrientes de fácil assimilação) e alterações bioquímicas, com perda de qualidade do produto e redução do seu valor comercial (DA SILVA et al., 2017).

O presente trabalho objetiva apresentar alguns trabalhos, em forma de revisão de literatura, sobre análise da qualidade físico-química e microbiológica de águas de coco industriais, possibilitando, dessa forma, uma comparação de dados científicos.

METODOLOGIA

O presente trabalho se enquadra como uma pesquisa do tipo exploratória descritiva, uma vez que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito (GIL, 2002; LAKATOS; MARCONI, 2007).

Foi realizada a revisão bibliográfica por meio de uma busca eletrônica no *Google Acadêmico* (GOOGLE) e *Scientifc Eletronic Base Library Online* (Scielo), no período de fevereiro a abril de 2021. Foram escolhidos 5 trabalhos que abordaram os parâmetros físico-químicos e microbiológico da água de coco industrializada.

Não foram inclusos nesta pesquisa, artigos que apresentem alguma conotação duvidosa, que não contenham seu autor, data da sua publicação, local onde esse artigo foi publicado, como também que nunca tenha sido citado em outros projetos, que não contenham nenhum assunto relacionado ao tema deste trabalho.

DESENVOLVIMENTO

Os trabalhos selecionados estão apresentados na Tabela 01, sendo três artigos científicos, uma dissertação e uma monografia de graduação.

Com o aumento no consumo de água de coco, constata-se o surgimento de pequenas e grandes empresas por todo o Brasil, podendo haver a possibilidade de não conter fiscalizações no que se refere ao cumprimento das Boas Práticas de Fabricação ou a averiguação do cumprimento das industrias quanto as características físico-químicas e microbiológicas que o produto deve apresentar. Consequentemente, podendo as mesmas estarem em desacordo com a Legislação vigente, levando o consumidor a comprar um produto de composição duvidosa, que pode causar-lhe danos à sua saúde.

Os trabalhos dispostos exibem os estudos sobre a qualidade físico-química e /ou microbiológica de águas de coco comercializadas em algumas cidades do Brasil. Para industrialização e comercialização da água do coco como produto de conveniência, existe a necessidade de aplicação de processos que garantam a estabilidade físico-química e microbiológica do produto, aumentado sua vida útil e a segurança alimentar.

Tabela 01: Distribuição dos trabalhos selecionadas de acordo com os periódicos, autores, título e ano de publicação.

Periódicos	Autores	Título	Ano
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas	Imaizumi, V. M.	Análise isotópica, físico-química, centesimal e energética de água de coco.	2015
South American Journal of Basic Education, Technical and Technological	Gomes, Araújo e Macedo	Avaliação microbiológica da água de coco obtida por diferentes métodos de conservação no município de Porto Velho, Rondônia.	2015
Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável	Lima et al.	Caracterização físico-química de qualidade da água de coco anão verde industrializada em Pombal, Paraíba.	2015

Universidade Federal do Maranhão -UFMA	Santos, N. B.	Análise físico-química e microbiológica da água de coco comercializada na cidade de Grajaú, Maranhão.	2016
Revista Saúde (Santa Maria)	Silva et al.	Avaliação físico-química e microbiológica de águas de coco produzidas na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará.	2020

Fonte: Autores, (2021).

Lima et al. (2015), teve como objetivo em seu estudo fazer uma avaliação das qualidades físicas e físico-químicas das águas de coco que são armazenadas nas condições ideais que a legislação vigente (BRASIL, 2009) estabelece. Logo, para isso, houve o emprego, para a análise da água de coco anã-verde, que é vendida e comercializada no estado da Paraíba, que foram comprados na chamada (indústria A) e no Ceará, designada como (indústria B), sendo elas legalizadas pelo órgão de fiscalização. No qual, para a análise, cada amostra era composta por quatro copos do modelo PET de cor transparente com capacidade de 300 mL, retirados para a pesquisa logo após a sua fabricação, sendo transportados e, posteriormente, conduzidos ao laboratório de Análise de Alimentos.

Em contrapartida, para a pesquisa da dissertação de mestrado do autor Imaizumi (2015), para fazer a análise isotópica, físico-química, centesimal e energética de água de coco, ele fez uma compra de frutos maduros do tipo anão-verde em várias cidades em diferentes regiões do Brasil, entre os meses de setembro a outubro de 2013. Sendo que, para cada cidade que adquiria o coco, comprava-se 2 frutos, adquirindo, no total, 28 cocos. Já as águas de coco industrializadas foram obtidas em supermercados, completando no final do recolhimento 17 marcas, que, posteriormente, foram identificadas com as letras de A à Q, sendo elas 15 águas de coco esterilizadas e 2 pasteurizadas.

Além disso, Imaizumi (2015) utilizou critérios para comprar as amostras, de modo que, foram adquiridas três embalagens que apresentavam o mesmo tamanho pela marca, mesmo lote e maior número possível de marcas nacionais. Logo para fazer a análise, foram usadas duas embalagens de mesmo tamanho para fazer a pesquisa e uma terceira congelada como contraprova. No caso da água de coco *in natura*, a mesma foi extraída abrindo o coco pelo pedicelo dos frutos, em seguida filtradas e estocadas em garrafas de polietileno, para posteriormente serem congeladas, a fim de evitar a deterioração das amostras. Em contrapartida, para realização das análises físico-químicas foi utilizado tanto a água de coco *in natura* quanto a industrializada. No entanto, para esse trabalho, foram relatados só os procedimentos e resultados referentes a avaliação físico-química e microbiológica.

Os dois trabalhos não têm uma semelhança clara quanto ao objetivo específico que cada autor detém, no entanto, tem alguma similaridade, no que se trata na verificação da qualidade da água de coco e, para isso, tanto Lima et al. (2015), quanto Imaizumi (2015), utilizam como parâmetros o que legislação vigente adverte à cerca dos parâmetros físico-químicos.

Nesse sentido, Imaizumi (2015), além de fazer uma análise físico-química, também designa se as águas de coco comercializadas foram adulteradas.

Sendo assim, Lima et al. (2015), através das análises, determinou que as amostras avaliadas estão de acordo com a Instrução Normativa nº 39, de 22 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), cuja essa instrução estipula o pH mínimo de 4,3 para a água de coco, estando as amostras das industrias A e B, respectivamente com valores de pH entre 5,05 e 5,15. Levando em consideração que o pH da água de coco se modifica no processo de maturação do fruto, tendo a tendência de aumentar conforme que o mesmo amadurece.

Já em relação as conclusões de Imaizumi (2015), foi analisado que o pH das bebidas *in natura* são maiores do que as águas de coco industrializadas, apresentando os seguintes valores, respectivamente, de 5,21 contra 4,85. Isso porque, provavelmente, a indústria adiciona ácido cítrico, com o intuito de baixar seu pH, a fim de equilibrar o ratio, compensando o açúcar adicionado e melhorando a sua conservação. Além disso, foi verificado que os parâmetros como a mediana de sólidos solúveis da água de coco *in natura* apresentou um valor mais elevado se comparado a água de coco industrial sendo (5,75 contra 5,35). Todavia, a acidez de ambas, tanto a água de coco *in natura*, quanto a industrial, apresentaram a mesma mediana de 0,06.

Ainda de acordo com Lima et al. (2015) os teores de sólidos solúveis totais também estão de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2009), apresentando, respectivamente para a indústria A e B, valores de 5,35 e 5,45. Já a viscosidade das águas de coco sofreram algumas alterações com o decorrer dos dias em todas as temperaturas estudadas, estando as mesmas com valores respectivos de 0,32 e 0,30. Além disso, foi constatado que as águas de coco refrigeradas não têm uma vida de prateleira de 30 dias, sem que chegue a ocorrer perdas sensoriais. Por fim, a pesquisa sugere a implantação e vigilância no que tange às Boas Práticas de Fabricação.

Mas, uma das conclusões tiradas por Imaizumi (2015) foi que se conclui que as amostras designadas de A e E estavam adulteradas, devido ao elevado teor de sólidos solúveis, que ultrapassam o limite exigido por lei. Isso é em decorrência da rivalidade entre comerciantes do setor, que começaram a surgir adulterações nas bebidas industrializadas, como a adição de água ou outros componentes ao produto que não constam no PIQ (Padrão de Identidade e Qualidade). Além desses, os produtos adulterados podem apresentar componentes em demasia, desrespeitando o que a Legislação Brasileira define.

De acordo com Imaizumi (2015) a lei brasileira impõe que nos produtos alimentícios tenham informações energéticas e nutricionais do alimento e que, em relação a água de coco, há empresários desonestos que são capazes de “esticar” com água e açúcar de cana. Além disso, na pesquisa foi verificada a utilização do açúcar exógeno para fazer a correção do Brix e de ácidos orgânicos para a correção da acidez pela indústria. As amostras M e Q apresentaram o valor de pH incompatível com o que a legislação estabelece para as águas de coco pasteurizadas.

Todavia, o artigo de Gomes, Araújo e Macedo (2015), diferente dos dois últimos trabalhos citados, tem com o intuito fazer a análise microbiológica das águas de coco, então, para essa análise, foram coletadas cinco amostras em pontos aleatórios da cidade, sendo duas designadas de (Marca 1 e Marca 2) e uma engarrafada. No entanto, somente resfriada e as últimas duas disponíveis no fruto sendo designadas (Ponto 2 e Ponto 3). Sendo que o ponto 2 não sofreu injúrias e o fruto do Ponto 3 foi perfurado no ato da compra. Posteriormente, foram encaminhados para o laboratório de microbiologia.

Tendo em mente que a água de coco é estéril até o momento que a mesma é aberta, dependendo da forma do manejo da mesma, ela pode ser contaminada, não somente no estágio de retirada da água de coco do fruto, mas também durante o processamento industrial ou falta de cuidados na retirada para a análise. Diante disso, na análise Gomes, Araújo e Macedo (2015), foi constatado que as amostras continham coliformes, dando a entender que as amostras ficaram expostas à diversas condições nos locais onde foram coletadas. Sendo essa situação resultante da falta de utilização ou conhecimento de Boas Práticas de Fabricação. Assim dizendo, as amostras de água de coco que foram retiradas sem nenhum cuidado, esterilização, limpeza e apresentaram coliformes.

Este estudo serve como um alerta para os consumidores e as autoridades, pois, o objetivo da industrialização de alimentos é levar ao consumidor, no caso da água de coco, um produto seguro, prático e com as características semelhantes da água de coco *in natura*. Mostrando, acima de tudo, a importância das Boas Práticas de Fabricação.

Além destes, Silva et al. (2020), o artigo mais recente utilizado, não apenas verifica os parâmetros físico-químicos, mas também faz uma avaliação microbiológica das águas de coco comercializadas na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará. Para isso, inicialmente, foi feito uma pesquisa sobre os estabelecimentos que comercializavam águas de coco envasadas e refrigeradas. Logo, foi realizada a recolha de seis amostras, as quais, forem recolhidas duas da própria marca que possuíam o mesmo lote, sendo que três amostras foram usadas para os testes microbiológicos. Foi observado que o pH das amostras estão fora dos padrões estabelecidos pela legislação da instrução normativa (IN) n° 27, de julho de 2009, estando o pH das amostras A, B e C, respectivamente, 4,92, 4,15 e 5,24. Além deste parâmetro, foi analisado a quantidade de sólidos soluveis estando, respectivamente com valores para a industria A, B e C de 5,2, 4,5 e 5,6. Outro parâmetro muito importante analisado também foi a acidez da água de coco, sendo que, nessa pesquisa a acidez titulavel está abaixo do valor mínimo permitido, estando na faixa de 0,026, 0,012 e 0,0115, para as amostras A, B e C, respectivamente.

De acordo com Silva et al. (2020) a Instrução Normativa nº 39 de 29 de maio de 2002, determina que a acidez titulavel assuma valores máximos de 0,18% e mínimos de 0,06%. Este parâmetro é muito importante, uma vez que quanto maior é a acidez titulável do mesmo, menor é o pH. Sendo o pH um fator importante para a proliferação e o desenvolvimento de

vidas microbianas no produto.

Portanto, em relação à analise microbiológica de Silva et al. (2020) todas as amostras apresentaram estar contaminadas por *Escherichia coli*, estando, dessa forma, em desacordo com o que a legislação da instrução normativa (IN) n° 27, de 22 de julho de 2009, que afirma poder ter uma unidade formadora de colônia/mL (UFC/mL) e de acordo com as amostras analisadas tem incontáveis colônias. Então, as análises apresentaram que as qualidades físico-químicas e microbiológicas das amostras não estão aceitáveis, pois as amostras mostraram conter uma quantidade elevada de microrganismos, que insinua a falta de Boas Práticas de Fabricação.

Já a monografia de graduação de Santos (2016), semelhante a Silva et al. (2020), fez uma análise físico-química e microbiológica das águas de coco comercializadas na cidade de Grajaú no Maranhão. Para fazer essa análise, foram escolhidas duas marcas de água de coco industrializadas que são as mais consumidas na cidade. Sendo que a seleção foi por meio de uma investigação nos supermercados. Todas as análises foram realizadas em triplicata, levando em consideração a eficácia dos resultados expressos em valores médios.

Sendo assim, os resultados obtidos dos parâmetros físicos químicos de Santos (2016), tendo como base o decreto n° 6.871, de 4 de Junho de 2009, as análises demonstraram que os parâmetros físico-químicos das marcas A e B estão de acordo com as normas estabelecidas pela legislação vigente (normativa Nº 31), com exceção do pH que denunciou uma pequena variação, estando as marcas A e B com os respectivos valores de 4,74 e 4,86. Além deste parâmetro, a quantidade de sólidos solúveis apresentaram-se entre os seguintes valores 6,6: e 5,66 para as marcas A e B, respectivamente. Logo em seguida, houve uma verificação na acidez titulavel, estando a mesma acima também do permitido pela legislação, com os valores respectivos de 1,17 e 0,88. Já os testes microbiológicos apontaram que não havia a presença de coliformes fecais e totais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao verificar as conclusões tiradas pelos autores diante das evidências obtidas por meio das pesquisas, percebe-se que há muito que se averiguar quando se trata de obedecer ao que a legislação vigente estabelece sobre qualidade físico-química e microbiológica das águas de coco industrializadas.

Além disso, foi observado que é importante que as características físico-químicas sejam fidedignas, ou seja, que atendam as normas impostas pela legislação, pois a mesma age como mediadora a fim de garantir que o produto que chegue ao consumidor seja de qualidade e seguro.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n° 39, de 22 de julho de 2009.** Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade da água de coco.

BRASIL. Instrução normativa n° 27, de 22 de julho de 2009. Regulamento Técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para água de coco. **Diário Oficial da União**, 2009.

BRASIL. Instrução Normativa n° 39, de 29 de maio de 2002. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade da água de coco. **Documento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto n° 6871, de 4 de julho de 2009.** Altera dispositivos do Regulamento aprovado pelo decreto n° 2.314, de 4 de setembro de 1997, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, 2009.

DA SILVA, E. A.; PEREIRA, R. G.; DA SILVA SOUSA, G. Análise Microbiológica da Água de Coco Industrializada. **Revista Interdisciplinar**, v. 9, n. 4, p. 74-78, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, N. W. S.; ARAÚJO, N. F. O.; MACEDO, J. M. Avaliação microbiológica da água de coco obtida por diferentes métodos de conservação no município de porto velho, Rondônia. **Artigos Originais**. V 2, nº 2, p. 4-7, 2015.

IMAZUMI, V. M. **Análise isotópica, físico-química, centesimal e energética de água de coco.** 61 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015.

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico.** 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LIMA, S. A. J.; MACHADO, A. V.; CAVALCANTE, M. T.; ARAÚJO, D. R. de. Caracterização físico-química de qualidade da água de coco anão-verde industrializada, Pombal, PB. **Revista Verde**, v. 10. p. 2-4, jan-mar, 2015.

LIRA, A. L. **Processo de Esterelização Comercial de Água de coco verde por Membranas Cerâmicas.** 141f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

MARTINS, C. R.; JÚNIOR, L. A. de. J. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. Aracajú: **Embrapa Tabuleiros costeiros.** p. 10-22, 2011.

PENHA, E. das M.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M. da. Água de coco. **FILHO, W. GV Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blucher**, 2005.

ROSA. M. F.; ABREU. F. A. P. de. Água de coco: métodos de conservação. Fortaleza: **Embrapa** – CNPAT – SEBRAE/CE, p. 9-13, 2000.

SANTOS, N. B. **Análise físico-química e microbiológica da água de coco comercializada na cidade de Grajaú - Maranhão**. Monografia (Graduação)-Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Licenciatura em Ciências Naturais/Química, 2016.

SILVA, M. S. J.; JÚNIOR, D. L. de. S.; BRAZ; M. L. de. O.; CORREIA, C. da. S.; MENDES, R. de. C.; MARQUES, A. E. F. Avaliação físico-química e microbiológica de águas de coco produzidas na cidade de Juazeiro do Norte, Ceará, **Revista Saúde (Sta. Maria).** p. 46 (I), 2020.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE MIGRAÇÃO DE ADITIVOS ADICIONADOS EM FILMES FLEXÍVEIS COMERCIAIS DE PVC, QUANDO UTILIZADO EM CONTATO DIRETO COM ALIMENTOS

BERNARDO, Paulo Eduardo Masselli[1]*; MURATA, Lúcia Tieco Fukushima[2]

[1]Instituto Adolfo Lutz – Núcelo de Águas e Embalagens - São Paulo/SP
*Contato: paulo.bernardo@ial.sp.gov.br

RESUMO

Os filmes plásticos flexíveis e esticáveis de PVC com aditivos incorporados na matriz polimérica são os mais utilizados em residências e estabelecimentos comerciais para proteger diversos tipos de produtos alimentícios. As substâncias que são adicionadas aos materiais plásticos para alcançar um efeito técnico no produto final são denominadas aditivos. O material plástico quando utilizado em contato direto com alimentos, nas condições previsíveis de uso, não devem ceder aos mesmos, substâncias indesejáveis, tóxicas ou contaminantes, que representem um risco à saúde humana. A metodologia analítica para o controle de embalagens e equipamentos poliméricos encontra-se descrita em regulamentos e normas técnicas. Os filmes plásticos foram imersos em solventes simulantes de alimentos aquosos não ácidos (simulante A); alimentos aquosos ácidos (simulante B); e alimentos gordurosos (simulante D), em diferentes condições de tempo e temperatura. O uso de filmes plásticos flexíveis de PVC em contato direto com alimentos gordurosos, contribui para a migração de substâncias químicas com potencial de risco à saúde humana. Os dados obtidos neste estudo evidenciam a importância do ensaio de migração total na avaliação do potencial de migração de aditivos adicionados ao material polimérico e a necessidade de contínuo monitoramento, ações orientativas e fiscalização no controle da formulação desses produtos, de forma a garantir a fabricação de embalagens e o consumo de alimentos mais seguros por parte da população.

Palavras-chave: Filmes plásticos, filmes de PVC, aditivos plastificantes, migração e segurança alimentar.

ABSTRACT

Flexible and stretchable PVC plastic films with additives incorporated in the polymer matrix are the most used in homes and commercial establishments to protect various types of food products. Substances added to plastic materials for a technical effect on the final product are called additives. Plasticizing additives of phthalic compounds and adipate compounds are the most used and added to the plastic material. The plastic film, when used in direct contact with food, under the conditions of use not transfers toxic or contaminating substances that represent a risk to human health. The analytical methodology for the control of polymeric packaging and equipment is described in technical regulations and standards. The plastic films were totally immersed in non-acidic aqueous food simulant solvents (simulator A); acidic aqueous foods (simulating B); and fatty foods (simulating D), in different weather and temperature conditions. The use of flexible PVC

plastic films in direct contact with fatty foods contributes to the migration of chemical substances with potential risk to human health. The data obtained in this study show the importance of the total migration test in evaluating the potential for migration of additives added to the polymeric material and the need for continuous monitoring, guidance and inspection in the control of the formulation of these products, ensuring the manufacture of packaging and the consumption of safer food by the population.

Keywords: Plastic films, PVC films, plasticizing additives, migration and food safety.

INTRODUÇÃO

Os filmes plásticos flexíveis e esticáveis produzidos de policloreto de vinila (PVC), são comercializados em pequenas bobinas (rolos) para uso doméstico e bobinas maiores para estabelecimentos comerciais que lidam com vários tipos de alimentos (carnes, peixes, frangos, queijos, vegetais, grãos e frutas). O plástico do tipo PVC possui boas propriedades de flexibilidade e maleabilidade podendo ser facilmente esticável e possui boa aderência facilitando o fechamento e o acondicionamento do alimento. Os aditivos são substâncias adicionadas aos materiais plásticos para alcançar um efeito técnico no produto final (Brasil, 2008). A possibilidade de incorporar outras substâncias na matriz polimérica para alcançar um efeito técnico no produto final, torna o PVC um dos polímeros mais versáteis (Rosa et al., 2013). A melhora na flexibilidade e estabilidade do PVC se dá com a inserção de aditivos plastificantes e estabilizantes, permitindo a fabricação desses filmes plásticos com características flexíveis e esticáveis (Souza et al., 2009). A faixa de concentração dos plastificantes utilizada no plástico é de 20 a 40% (m/m), da massa do polímero. Os filmes plásticos flexíveis e esticáveis de PVC com plastificantes incorporados na matriz polimérica são os mais utilizados em residências e estabelecimentos comerciais para proteger diversos tipos de produtos alimentícios.

Os aditivos plastificantes de PVC mais comuns são o di(2-etil-hexil) ftalato e o di(2-etil-hexila) adipato, comumente abreviados e conhecidos pelas siglas DEHP e DEHA, respectivamente. Os ftalatos são utilizados há mais de 50 anos, como plastificantes do PVC em diversas finalidades (Madaleno et. al., 2009). Os ftalatos continuam sendo amplamente utilizados na indústria para a fabricação de filmes de PVC, porque constituem os plastificantes que oferecem a melhor relação custo/benefício para a produção de filmes com propriedades satisfatórias de conservação e praticidade. Os compostos adipatos são economicamente viáveis e considerados menos prejudiciais à saúde, quando comparáveis aos compostos ftálicos. (Souza et. al., 2009). À medida que as pesquisas revelam os riscos do uso dos ftalatos em longo prazo, percebemos que o uso do DEHP em filmes plásticos de PVC destinados a entrar em contato direto com alimentos, será cada vez mais restrito em todo o mundo (Ventrice et. al., 2013).

Em decorrência dos estudos relacionados aos efeitos dos plastificantes ftálicos sobre o aspecto de saúde humana, segurança e meio ambiente, o setor regulamentado tem intensificado a busca de plastificantes alternativos em substituição aos plastificantes ftálicos (Souza et. al., 2009). Atualmente, alguns estudos de plastificantes produzidos de fontes naturais a

partir da epoxidação de óleos vegetais ou de ésteres insaturados, aparecem como possíveis alternativas (Madaleno et al., 2009).

Filmes plásticos flexíveis e esticáveis de PVC quando em contato direto com alimentos, nas condições previsíveis de uso, não devem ceder aos mesmos, substâncias indesejáveis, tóxicas ou contaminantes, que representem um risco à saúde humana. A regulamentação, o controle e a fiscalização dos produtos e serviços que envolvam risco à saúde humana, competem às instituições públicas que promovem a proteção da saúde da população por intermédio do controle sanitário da produção e da comercialização de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é o órgão responsável pelas legislações que regulam esses produtos. Essas legislações estão harmonizadas no Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) e estabelecem os critérios gerais para análise de embalagens e equipamentos poliméricos destinados a entrar em contato com alimentos e têm como limite máximo de migração total 8,0 mg/dm2 ou 50,0 mg/kg (Brasil, 1999; Mercosul, 1992).

O controle dessas embalagens é realizado através de análises que, do ponto de vista de saúde pública, visam determinar a compatibilidade da embalagem com o alimento, a sua não interferência com os caracteres sensoriais do produto e a migração de componentes da embalagem para o alimento. A migração total é a soma de todos os componentes da embalagem que podem ser transferidos para o alimento, sejam eles conhecidos ou não, controlando o nível de contaminação indireta do produto alimentício e do potencial de interação material de embalagem/produto (Murata et. al, 2015).

Os ensaios de migração simulam as condições que a embalagem e o alimento serão submetidos, em função do tipo de alimento, tempo e temperatura de contato. Esses ensaios deveriam ser feitos colocando-se a embalagem em contato com o alimento que se pretende embalar. Entretanto, isto se torna impraticável, devido à complexidade química da maioria dos alimentos. Em virtude desta impossibilidade, recorreu-se ao uso de solventes simulantes de alimentos que tentam reproduzir o pH, o teor de gordura dos alimentos e sua eventual graduação alcoólica (Murata et al, 2015).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os resultados do ensaio de migração total em filmes flexíveis e esticáveis comerciais produzidos de PVC, de diferentes marcas, comercializados na cidade de São Paulo, com abrangência comercial nacional.

METODOLOGIA

Foram analisadas 8 amostras em triplicata de filmes comerciais de PVC flexíveis e esticáveis, de diferentes marcas, comercializados na cidade de São Paulo, com indicação para entrar em contato com alimentos aquosos não ácidos, aquosos ácidos e gordurosos.

As metodologias analíticas para o controle dos filmes plásticos encontram-se descritas nos regulamentos técnicos e normas EN 1186-1 (2002): “Materials and articles in contact with

foodstuffs. Plastics - Part 1: guide to the selection of conditions and test methods for overall migration" (Brasil, 1999; Brasil, 2010). Os filmes plásticos foram imersos nos solventes simulantes de alimentos aquosos não ácidos, água deionizada (18,2 MΩ.cm-1) (simulante A); de alimentos aquosos ácidos, solução de ácido acético a 3% (m/v) (simulante B); e de alimentos gordurosos, solução de etanol a 95% (v/v) (simulante D) (Brasil, 2010; Mercosul, 2010).

A determinação de migração total foi realizada colocando a amostra do filme plástico, de 6 dm2, em contato com um simulante correspondente ao alimento em condições específicas de tempo e temperatura. Os filmes imersos nos solventes simulantes foram acondicionados por 24h à temperatura de 20°C, simulando contato momentâneo e 10 dias à temperatura de 20ºC e 40°C, simulando contato prolongado.

Ao final do período, os extratos obtidos no ensaio de migração total foram comparados visualmente e nestas condições não devem existir diferenças significativas entre a coloração do extrato e a coloração do seu branco. Posteriormente, o extrato foi evaporado e o resíduo de migração foi quantificado e expresso em termos de mg de resíduo/dm2 de material de embalagem (Brasil, 2010; Mercosul, 2010).

DESENVOLVIMENTO

Os resultados obtidos mostraram que as amostras de filmes de PVC, em contato com os simulantes de alimentos aquosos não ácidos (simulante A), de alimentos aquosos ácidos (simulante B), e de alimentos gordurosos (simulante D), apresentaram valores de migração distintos. Os resultados de migração total dos filmes em contato com o simulante A, simulante B e simulante D, acondicionados à temperatura de 20°C por 10 dias, apresentaram valores na ordem de 0,3 a 1,1 mg/dm^2, 0,3 a 3,5 mg/dm^2 e 9,9 a 14,7 mg/dm^2, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 01. Em todos os ensaios de migração total não foram observados visualmente diferenças significativas entre a coloração do extrato e a coloração do seu branco.

Tabela 01: Resultados de migração total em amostras de filmes de PVC comercializados na cidade de São Paulo, acondicionadas por 10 dias em simulante A, B e C a 40°C.

Filme de PVC	Migração total		
	Simulante A	Simulante B	Simulante D
Amostra A1 (Marca 1)	0,6 ± 0,1	1,1 ± 0,4	12,3 ± 0,5
Amostra A2 (Marca 2)	0,5 ± 0,03	1,2 ± 0,1	10,3 ± 2,0
Amostra A3 (Marca 3)	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,2	14,7 ± 2,4
Amostra A4 (Marca 4)	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,2	12,2 ± 0,5
Amostra A5 (Marca 5)	1,0 ± 0,1	3,1 ± 0,7	14,2 ± 0,9
Amostra A6 (Marca 6)	1,1 ± 0,2	3,4 ± 0,2	9,9 ± 1,2
Amostra A7 (Marca 7)	1,1 ± 0,03	3,5 ± 0,3	12,2 ± 1,0
Amostra A8 (Marca 8)	0,8 ± 0,1	0,5 ± 0,2	13,3 ± 1,5

Fonte: Própria (2021).

Analisando a Figura 01, observa-se que das 8 amostras de filmes comerciais de PVC flexíveis e esticáveis, de diferentes marcas comercializadas na cidade de São Paulo, analisadas em contato com o simulante A e B todas as amostras apresentaram valores abaixo do limite estabelecido na legislação em vigor. No entanto, as 8 (oito) amostras analisadas em contato com o simulante de alimentos gordurosos (simulante D), apresentaram valores de migração total em desacordo com a legislação em vigor, superando o limite estabelecido de 8,0 mg/dm^2.

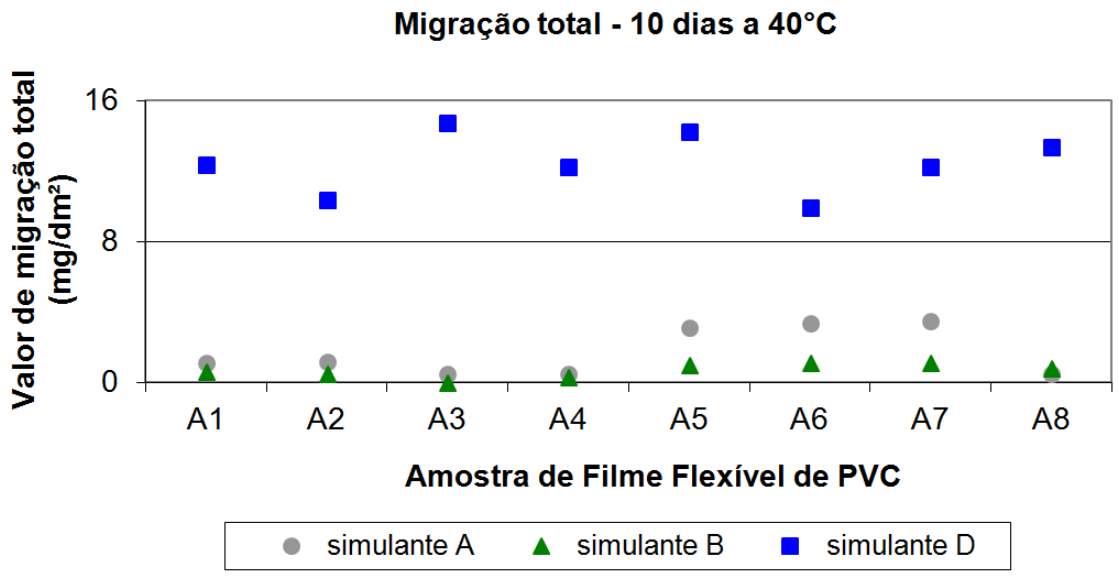


Figura 01: Resultados de migração total em amostras de filmes de PVC comercializados na cidade de São Paulo, acondicionadas por 10 dias a 40°C.

Fonte: Própria (2021).

Para estudar o potencial de migração dos filmes de PVC comerciais, as 8 amostras foram analisadas em contato com simulante D, em condições de ensaio a temperatura de 20°C por 24 horas e 40°C por 10 dias, simulando a condição de contato momentâneo do filme com o produto alimentício e a condição de contato prolongado, respectivamente.

Os resultados de migração total dos filmes em contato com o simulante D, acondicionados em temperatura de 20°C por 10 dias (240 horas), apresentaram valores médios na ordem de 9,9 a 13,3 mg/dm^2, e os filmes acondicionados à temperatura de 20°C por 24 horas, apresentaram valores médios da ordem de 8,6 a 11,4 mg/dm^2, conforme apresentado na Tabela 02. Em todos os ensaios de migração total não foram observados visualmente diferenças significativas entre a coloração do extrato e a coloração do seu branco.

Analisando a Figura 02, observa-se em todas as amostras o mesmo comportamento no processo de migração quando o filme plástico de PVC está em contato com o simulante D, em condição de contato prolongado (240 horas) e contato momentâneo (24 horas). Todas as amostras analisadas em contato com o simulante de alimentos gordurosos (simulante D), apresentaram valores de migração total em desacordo com a legislação em vigor, superando o limite estabelecido de 8,0 mg/dm^2 (Brasil, 2010; Mercosul, 2010).

Tabela 02: Resultados de migração total em amostras de filmes de PVC, acondicionadas em contato com simulante D em condições de tempo e temperatura distintas.

Filme de PVC	Migração total	
	20°C – 24h	20°C – 240h
Amostra A1 (Marca 1)	11,4 ± 0,8	13,3 ± 0,5
Amostra A2 (Marca 2)	9,1 ± 0,7	11,0 ± 0,1
Amostra A3 (Marca 3)	9,9 ± 0,5	11,7 ± 0,2
Amostra A4 (Marca 4)	8,6 ± 0,2	9,9 ± 0,3
Amostra A5 (Marca 5)	9,9 ± 0,4	12,3 ± 0,5
Amostra A6 (Marca 6)	9,4 ± 0,9	10,5 ± 0,6
Amostra A7 (Marca 7)	9,1 ± 1,1	11,8 ± 0,6
Amostra A8 (Marca 8)	9,7 ± 0,6	12,0 ± 0,6

Fonte: Própria (2021).

De acordo com Marcilla, et al. (2004), o processo de migração pode depender das propriedades do polímero, pelo molecular, da natureza e quantidade de plastificante, do processo de produção, da homogeneidade do composto, da área de contato e da temperatura.

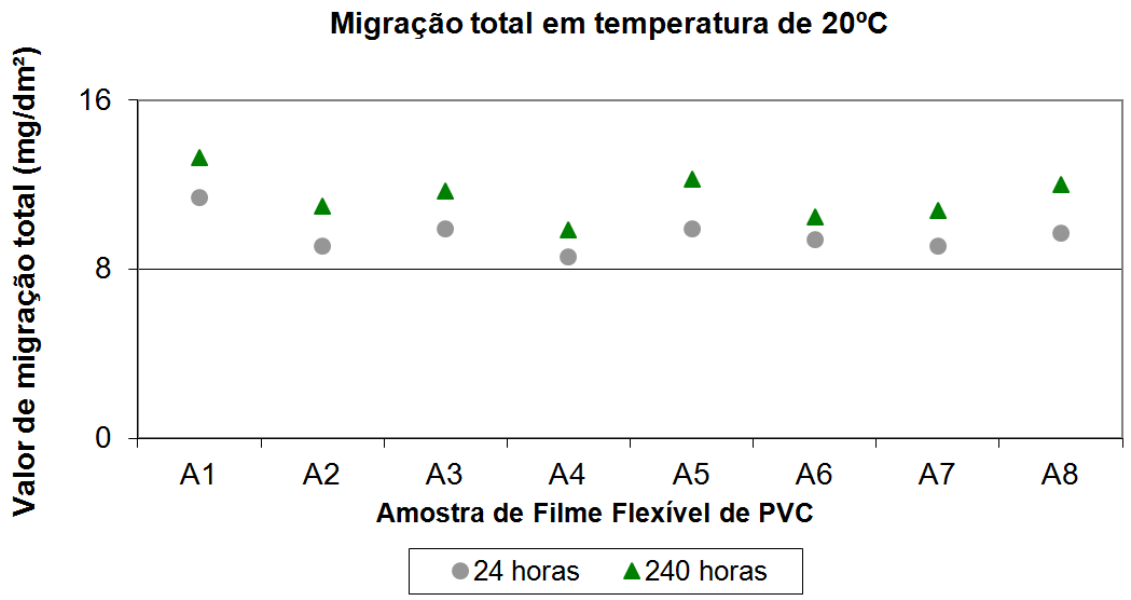


Figura 02: Resultados de migração total em amostras de filmes de PVC comercializados na cidade de São Paulo, acondicionadas por 24 horas e 240 horas (10 dias) a 20°C.

Fonte: Própria (2021).

Neste estudo foi observado que o contato momentâneo (24 horas) em temperatura de 20ºC, já foi suficiente para ocorrer a migração dos aditivos adicionados ao filme plástico de PVC para o simulante de alimentos gordurosos - simulante D. Apesar da alta flexibilidade e versatilidade dos filmes de PVC, os aditivos de baixo peso molecular possuem uma alta mobilidade e podem migrar do material plástico para o produto embalado. Segundo, Boussoum e Belhaneche-Bensemra (2014), a ocorrência da migração pode prejudicar a qualidade dos produtos alimentícios, podendo interferir diretamente nos caracteres sensoriais ou contribuindo para sintomas toxicológicos após a ingestão. O uso de filmes plásticos flexíveis de PVC em contato direto com alimentos gordurosos, contribui para a migração de plastificantes com potencial toxicológico conhecido, podendo ocasionar efeitos nocivos à saúde humana a

longo prazo. Apesar da importância de se buscar novas tecnologias para obter ou melhorar algumas propriedades específicas dos plásticos empregados na produção de embalagens e filmes, tem-se presenciado também a possibilidade de adição contínua de substâncias com potencial de risco à saúde humana.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o ensaio de migração total pode ser considerado uma ferramenta útil e de custo relativamente baixo, na avaliação e controle do potencial de contaminação de produtos alimentícios, devido à migração de compostos químicos (aditivos), nas condições previsíveis de uso da embalagem em contato com o simulante do alimento. Apesar do ensaio de migração total não quantificar os contaminantes ou aditivos específicos da embalagem, essa análise está diretamente relacionada ao potencial de interação material de embalagem/produto alimentício.

Neste estudo, foi observado que não constam no rótulo da embalagem comercial informações do plastificante adicionado ao filme flexível de PVC, dificultando a decisão de escolha por parte do consumidor. Não constam também informações orientativas para evitar o contato direto com alimentos gordurosos e nem informações ou ilustrações orientando consumidores e estabelecimentos comerciais que durante a aplicação do filme de PVC comercial como película de proteção em outras embalagens e utensílios, o mesmo não deve entrar em contato direto com alimentos gordurosos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos neste trabalho demonstram a importância do ensaio de migração total na avaliação da qualidade das embalagens e materiais plásticos destinados a entrar em contato direto com alimentos. Evidenciam também a necessidade de contínuo monitoramento e fiscalização no controle da formulação desses produtos, visando eliminar ou minimizar o risco sanitário envolvido na fabricação de filmes plásticos com aditivos incorporados na matriz polimérica.

Contudo, visando promover o consumo de alimentos mais seguros por parte da população, informações obrigatórias nos dizeres de rotulagem e ações orientativas no uso e aplicação dos filmes de PVC em estabelecimentos comerciais e residenciais devem ser implantadas e estimuladas pelos órgãos de controle sanitário e proteção do consumidor.

REFERÊNCIAS

BOUSSOUM, M. O.; BELHANECHE-BENSEMRA, N. Reduction of the additives migration from poly vinyl chloride films by the use of permanent plasticizers. **Journal of Geoscience and Environment Protection**. v. 2, p. 49-56, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos** (Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1999.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Dispõe sobre regulamento técnico sobre lista positiva de aditivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimentos** (Resolução nº 17, de 18 de março de 2008). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Dispõe sobre migração em materiais, embalagens e equipamentos plásticos destinados a entrar em contato com alimentos** (Resolução nº 51, de 26 de novembro de 2010). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2010.

MADALENO, E.; ROSA, D. S.; ZAWADZKI**,** S. F.; PEDROZO, T. H.; RAMOS, L. P. Estudo do uso de plastificantes de fontes renováveis em composições de PVC. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n° 4, p. 263-270, 2009.

MARCILLA, A.; GARCÍA, S.; GARCÍA-QUESADA, J. C. Study of the migration of PVC plastcizers. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** v. 71, p. 457-463, 2004.

MERCOSUL. Grupo Mercado Comum - Regulamento Técnico Mercosul - **Disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos** (Resolução nº 56, de 15 de dezembro de 1992). Montevidéu, 1992.

MERCOSUL. Grupo Mercado Comum - Regulamento Técnico Mercosul - **Sobre migração em materiais, embalagens e equipamentos plásticos, destinados a entrar em contato com alimentos** (Resolução nº 32, de 15 de junho de 2010). Buenos Aires, 2010.

MURATA, L. T. F.; NUNES, M. C. D.; ALCÂNTARA, M. R. S.; PASCUET, N. S; BERNARDO, P. E. M. Embalagens destinadas a alimentos. In: Germano PML, Germano MIS. **Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos** (6ª Ed.). São Paulo: Editora Manole, 2019.

ROSA, D. S.; ALEXANDRE, F. S.; MADALENO, E.; TAVARES, M. I. B. Estudo do efeito da incorporação de plastificante de fonte renovável em compostos de PVC. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v. 23, n. 4, p. 570-577, 2013.

SOUZA, M. L.; CORIO, P.; TEMPERINI, M. L. A. Aplicação de espectroscopias raman e infravermelho na identificação e quantificação de plastificantes em filmes comerciais de PVC esticável. **Química Nova**, v. 32, n° 6, p. 1452-1456, 2009.

VENTRICE, P.; VENTRICE, D.; RUSSO, E.; SARRO G. PHATALATES: European regulation, chemistry pharmacokinetic and related toxicity. **Environmental Toxicology and Pharmacology**. v. 36, p. 88-96, 2013.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

BEBIDA FERMENTADA VEGANA DE AÇAÍ DESENVOLVIDA A PARTIR DE *BACILLUS SUBTILIS* GENETICAMENTE MODIFICADO

AÇAÍ VEGAN BEVERAGE FERMENTED FROM GENETICALLY MODIFIED *BACILLUS SUBTILIS*

LOPES, Larissa Chivanski[1]*; PORTO, Frederico Bandeira[1]; CRUZ, William Silva da[1]; IGANSI, Andrei Vallerão[2]; COSTA, Jorge Alberto Vieira[1]

[1]Engenharia de Alimentos/Universidade Federal do Rio Grande; [2]Engenharia Química/Universidade Federal do Rio Grande
*Contato: larissachlopes@furg.br

RESUMO

A crescente demanda por meios alternativos de produção de alimentos vem sendo um tema muito discutido no setor alimentício mundial, pois a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis, mudanças nos hábitos dos mesmos e o crescimento do mercado vegano vêm exigindo novos métodos de obtenção de alimentos, como o aprimoramento dos alimentos já existentes por meio da modificação genética. Com base nisso, a ideia de produzir uma bebida semelhante ao leite a partir de uma fonte alternativa é uma maneira de garantir este alimento para as gerações futuras, visando à manutenção da segurança alimentar e suprir os desejos dos consumidores. Portanto, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão bibliográfica acerca do tema, para sustentar a possibilidade do desenvolvimento desse novo alimento, baseado na utilização de *Bacillus subtilis* geneticamente modificado que, a partir da sua fermentação, é capaz de produzir parte das proteínas presentes no leite, utilizadas para formular e produzir uma bebida fermentada adicionada de açaí. Dessa forma, espera-se obter um produto vegano de alta qualidade nutricional e adicionado de ingrediente funcional, além de oferecer uma nova alternativa à alimentação humana, de forma a suprir as necessidades da população quanto à disponibilidade de alimentos no mundo. Portanto, a partir da revisão realizada, conclui-se que o desenvolvimento desse novo alimento pode contribuir com a manutenção da segurança alimentar da população mundial, além de suprir os desejos dos consumidores que buscam alimentos veganos e saudáveis. Além disso, foi elencada a possibilidade de um novo método alternativo de produção de alimentos, a partir do *Bacillus subtilis* geneticamente modificado.

Palavras-chave: Veganismo, proteínas do leite, modificação genética, inovação.

ABSTRACT

The growing demand for alternative methods of food production has been a much-discussed topic in the global food sector, as consumers search for healthier foods, changes in their habits and the growth of the vegan market have required new methods of obtaining food, such as the improvement of existing foods through genetic modification. Based on this, the idea of producing a beverage similar to milk from an alternative source is a way to ensure this food for future generations, aiming to maintain food security and supply the desires of consumers. Therefore, the objective of this study was to perform a narrative review on the subject, to support the possibility of developing this new food,

based on the use of genetically modified *Bacillus subtilis*, which, from its fermentation, will produce part of the proteins present in milk, used to formulate and produce a fermented beverage with added açaí. Thus, it is expected to obtain a vegan product of high nutritional quality and added to a functional ingredient, besides offering a new alternative to human food, in order to meet the needs of the population regarding the availability of food in the world. Therefore, from the review performed, it is concluded that the development of this new food can contribute to the maintenance of food security of the world population, besides supplying the desires of consumers who seek vegan and healthy food. In addition, it was listed the possibility of a new alternative method of food production, from genetically modified *Bacillus subtilis.*

Keywords: Veganism, milk proteins, genetic modification, innovation.

INTRODUÇÃO

Segundo uma pesquisa da produção da pecuária municipal, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de leite em 2018 foi de 33,8 bilhões de litros, 1,6% maior que o ano anterior. Os subprodutos mais comercializados do leite são: queijo, requeijão, creme de leite, doce de leite e bebidas fermentadas (IFOPE, 2020). O Brasil tem uma forte presença na competitividade internacional de produção de *commodities* agrícolas, destacando-se também entre os alimentos processados (Sidonio, 2013).

Com o mercado consumidor buscando alimentos alternativos e mais saudáveis, fez-se necessária a adição de ingredientes como frutas e alimentos naturais, auxiliando tanto na aceitação do produto, como também tornando uma refeição mais nutritiva (Paiva et al., 2014). Estudos demonstram que a ingestão do açaí possui características no controle e/ou prevenção de doenças, como nos casos de diabetes, dislipidemia e doença cardiovascular. Além do fruto demonstrar alta capacidade antioxidante, também apresenta benefícios nutricionais e terapêuticos, como ação antiproliferativa, anti-inflamatória e efeito cardioprotetor (Bonomo et al., 2014).

Dessa forma, a busca dos consumidores por produtos mais saudáveis influenciou a indústria de alimentos na procura por inovações, utilizando ingredientes naturais, aumentado a aceitação de produtos e produzindo refeições mais nutritivas (PAIVA et al., 2014). Além das mudanças nos desejos dos consumidores, o aumento populacional vem exigindo o aumento da oferta de alimentos e o mercado vegano vem apresentando um grande aumento, faturando US $ 12,7 bilhões em 2018, com projeção de faturamento de US $ 24,3 bilhões em 2026 (Slabakova, 2020).

Para atender essas necessidades da população, sejam elas relacionadas à segurança alimentar ou às tendências do mercado consumidor, novas tecnologias devem surgir para garantir o acesso aos alimentos e a satisfação do consumidor. Com isso, métodos alternativos de obtenção de alimentos estão sendo estudados, como o uso de ingredientes naturais e/ou bioativos para implementar a formulação de alimentos, a produção de produtos *in vitro* e o aprimoramento dos já existentes por meio da modificação genética (FAO, 2018).

Uma das técnicas de modificação genética que vem sendo estudada é a transgenia, que consiste em produzir alimentos a partir de modificações gênicas de espécies distintas, sendo uma solução possível para a escassez alimentícia a qual nos encaminhamos (Avelino et al., 2020). Dessa forma, a produção de um pó proteico, proveniente de um microrganismo geneticamente modificado, seria uma alternativa para fornecer diferentes alimentos com a mesma composição nutricional que produtos lácteos. Considerando que no leite há uma fração solúvel constituída por um grupo heterogêneo de proteínas, sendo a β-lactoglobulina, α-lactoalbumina, imunoglobulinas, lactoferrinas, soro albumina e outras frações menores, o *Bacillus subtilis* será modificado com as informações genéticas dessas proteínas, de forma a produzí-las durante a fermentação (Haraguchi *et* al., 2006; Tavano et al., 2017).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão bibliográfica acerca do tema, para sustentar a possibilidade do desenvolvimento desse novo alimento, baseado na utilização de *Bacillus subtilis* geneticamente modificado que, a partir da sua fermentação, é capaz de produzir parte das proteínas presentes no leite, utilizadas para formular e produzir uma bebida fermentada adicionada de açaí.

METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi de natureza qualitativa, na qual foi realizado um estudo de caso baseado no desenvolvimento de um alimento alternativo e inovador, na área de Bioprocessos em Alimentos. Para a realização da revisão, utilizou-se a metodologia de Rother (2007), considerando o período de 15 anos e os seguintes termos: bioprocessos, fermentação, *Bacillus subtilis*, modificação genética, veganismo, ecologia social, leite e açaí. A busca dos artigos consistiu em consulta às principais bases de periódicos e revistas: *Sciente Direct*, SciELO, Portal de Periódicos CAPES, *Scopus* e *Google Scholar*. Além disso, verificou-se a possível composição do produto e realizou-se um estudo sobre as operações unitárias necessárias para o seu processamento.

DESENVOLVIMENTO

Veganismo e Ecologia Social

O termo produto vegano refere-se a recursos que não possuem ingredientes de origem animal em sua composição. Sendo assim, consumidores que seguem a dieta vegana se recusam a utilizar qualquer produto de procedência animal, sejam eles alimentos, produtos de higiene, limpeza, vestuário ou remédios. Em 2018, o mercado vegano global valia cerca de 12,7 bilhões de dólares e projeções preveem um crescimento constante nos próximos anos, chegando a valer 24,3 bilhões em 2026. A procura por esses produtos vem crescendo constantemente, na Índia, em 2019, 39% da população afirmou não consumir produtos de origem

animal e, no Brasil, de acordo com uma pesquisa de 2018, 14% da população brasileira é vegetariana, prevendo um aumento também da população vegana. (IBOPE, 2018; Vegan Society, c2021; Slabakova, 2020).

Além disso, a expansão populacional das últimas décadas tem trazido preocupações tanto com a crescente demanda por alimentos, quanto com os impactos causados ao meio ambiente. A população mundial projetada para 2030 é de 8,5 bilhões (aumento de 10% em relação a 2019) e de 9,7 bilhões para 2050 (aumento de 26%). Previsões indicam que a demanda por alimentos poderá ser 70% maior que a atual, e estima-se que a taxa de demanda para o leite de vaca e a carne de gado, os mais produzidos dentre os produtos animais, aumentarão em 171% e 277%, respectivamente. Esse crescimento exigirá um aumento significativo na produção de alimentos, demandando uma produção agropecuária intensa e resultando no aumento das áreas rurais para cultivo de plantas e criação de animais, causando ainda mais danos ao meio ambiente (FAO, 2018; Nasem, 2019; DESA U.N., 2019).

As propriedades rurais são caracterizadas como as de maior impacto à natureza, pois demandam grandes áreas para produção, constante uso de agrotóxicos e elevada taxa de emissão de gases do efeito estufa (GEEs), sendo os mais impactantes: o metano e o óxido nitroso. O metano é produzido principalmente por fermentação entérica e armazenamento de esterco e tem efeito 28 vezes maior que o dióxido de carbono. Já o óxido nitroso, resultante do armazenamento de esterco e da utilização de fertilizantes orgânicos/inorgânicos, tem efeito 265 vezes maior que o dióxido de carbono (Nardi et. al., 2016; Grossi et. al., 2019). Diversos estudos são direcionados à criação de tecnologias que envolvam a sustentabilidade no setor, tanto para diminuir os danos causados ao meio ambiente, quanto para suprir a crescente demanda por alimentos. Exemplo disso são as tecnologias de aumento de produtividade de organismos a partir da modificação genética, uma tecnologia que está ganhando força para suprir as necessidades globais, a partir da produção de alimentos provenientes de organismos geneticamente modificados (GMOs) (Searchinger, 2019a; Searchinger, 2019b).

Modificação genética

A modificação genética tem como função melhorar ou modificar o organismo em diferentes características, tais como rendimento, resistência e conteúdo nutricional. A possibilidade de utilização de GMOs em diferentes nichos da indústria alimentícia pode implicar na redução de áreas rurais, redução do uso de agrotóxicos e fertilizantes, bem como aumentar o rendimento e suprir a demanda por alimentos (Morse; Mannion, 2009). Uma das técnicas de modificação genética que vem sendo estudada é a transgenia, que consiste em produzir alimentos a partir de modificações gênicas de espécies distintas (Avelino et al., 2020). Cepas geneticamente modificadas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* já existem, por exemplo, com modificações referentes ao aumento da sua eficiência na produção de pães e bebidas alcoólicas. Em seu estudo, Alba e Osorio (2020) utilizaram cepas geneticamente modificadas de

Saccharomyces para produção de β-caroteno durante o processamento de biscoitos do tipo cream cracker, obtendo resultados satisfatórios. No estudo em questão, foram estudadas as condições para a fermentação do *Bacillus subtilis*, como possível cepa a ser modificada geneticamente para produzir as proteínas do leite.

Bacillus subtilis

O *Bacillus subtilis* é uma bactéria gram-positiva, pertencente ao gênero *Bacillus*, produtora de esporos e não patogênica. Sua utilização como probiótico tem aumentado, nos últimos anos, graças a sua eficácia *in vivo* no trato gastrointestinal, já que possui elevada atividade antimicrobiana contra *Escherichia coli, Salmonella typhimurium e Staphylococcus aureus* (Yang; Niu; Guo, 2015; Liu et al., 2017).

Nos últimos anos, alguns estudos têm utilizado este microrganismo em diferentes abordagens: seja para atuar em conjunto a *Lactobacillus* de forma a inibir o crescimento e desenvolvimento da *E. coli* no trato gastrointestinal (Yang; Niu; Guo, 2015), ou como um meio de controlar o crescimento de microrganismos deterioradores, melhorando a estabilidade aeróbia de silagens de milho (Basso et al., 2012), demonstrando assim a ampla gama de opções de seu emprego. De acordo com Muis (2006), que se propôs a estudar diversos meios de crescimento para o *Bacillus subtilis*, aquele que obteve melhor contagem de células foi o que utilizou açúcar mascavo enriquecido com extrato de levedura, seguido da farinha de milho e da farinha de arroz, alcançando seu ápice após 10 horas de fermentação em pH 6,0. Ainda, Sharma, Lamsal e Mba-Wright (2018) trazem que a conversão de carboidratos é aproximadamente de 70%, utilizando outras fontes como “grama de crescimento rápido”, alfafa e casca de soja, e que o *B. subtilis* tem seu crescimento diretamente afetado pela presença de hexoses e pentoses no meio de inoculação.

Proteínas do leite

No leite, há a presença de cinco tipos de caseínas (fosfoproteínas) que são representativas de 80% do total de proteínas do meio. Com a retirada de caseína, a solução restante (20%) ainda mantém as proteínas solúveis do leite, que apresentam um excelente perfil de aminoácidos e caracterizam-se como proteínas de alto valor biológico. Essa fração solúvel do leite apresenta capacidade de se manter em solução em pH 4,6 e é constituída por um grupo heterogêneo de proteínas, sendo suas maiores frações a β-lactoglobulina (BLG) e α-lactoalbumina (ALA), além de imunoglobulinas (Ig’s), lactoferrinas, soro albumina (BSA) e outras frações menores (Haraguchi et al., 2006; Tavano et al., 2017). As informações genéticas das proteínas do leite podem ser obtidas a partir de um banco de genes gratuito, sendo utilizada a modificação genética para transformar a célula do *Bacillus* em produtora das proteínas do leite (caseína, beta lactoglobulina, alfa lactoalbumina, albumina e imunoglobulinas e glicomacropeptídeos). Dessa forma, após a fermentação, o pó proteico obtido pode ser utilizado para

produzir a bebida fermentada.

Dessa forma, uma cepa de *Bacillus subtilis* modificada geneticamente com as informações genéticas das proteínas solúveis do leite, seria capaz de produzir, perante as condições de crescimento e fermentação expostas a seguir, essas proteínas de alto valor biológico, resultando em um pó proteico.

Bebida fermentada

A proposta do presente estudo é propor um novo alimento, sendo uma formulação de bebida fermentada que se assemelhe ao iogurte, tanto em termos sensoriais, quanto em termos nutricionais. Posto isso, é necessária a utilização de dados referentes à produção do iogurte tradicional, à base de leite, para embasar o corpo do trabalho. O iogurte é definido pela IN nº 46, a qual afirma que "iogurte é o produto coagulado, obtido por fermentação láctica devido à ação exclusiva do *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* e do *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* sobre o leite e produtos lácteos, devendo a flora específica estar viva e abundante no produto final" (Brasil, 2007).

A fermentação do leite ocorre com o emprego de bactérias lácticas específicas, que atuam na lactose produzindo, como principal substância ácido láctico. A presença do lactato contribui para a desestabilização das micelas de caseína provocando a coagulação no seu ponto isoelétrico (pH 4,6 - 4,7), beneficiando também o valor nutricional do produto final. As bactérias durante a fermentação crescem em simbiose, ou seja, os *S. thermophilus* se desenvolvem primeiro para criar um ambiente favorável para os *L. bulgaricus*, que posteriormente, desenvolvem-se com maior intensidade (Robert, 2008; Alvarenga, 1995). Após a produção da bebida fermentada a partir do pó proteico originado da fermentação do *Bacillus*, pode-se adicionar açaí ao produto, visando a incrementação do aporte nutricional e funcional do alimento.

Açaí

Segundo a Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018, pode-se definir o açaí como: "os produtos extraídos da parte comestível do fruto do açaizeiro (Euterpe oleracea); após amolecimento e extração com água" (Brasil, 2018). Nos últimos anos, a busca por uma alimentação mais saudável tem levado adeptos de dietas naturais e desportistas a voltarem sua atenção ao açaí, tornando, assim, as perspectivas futuras nos mercados nacional e internacional bem promissoras. Em 2018, a produção de açaí no Brasil ultrapassou 221 mil toneladas, destacando-se a cidade de Limoeiro do Ajuru, cuja produção foi de 41 mil toneladas (Lima, 2014; IBGE, 2018).

O açaí é considerado um fruto de alto valor nutricional, sendo altamente energético e calórico. Isso é proveniente do elevado teor de ácidos graxos mono e poliinsaturados, fibras e compostos antioxidantes, enquadrando-se, no mercado de alimentos funcionais. Porém, seu grande diferencial são os compostos bioativos, como os flavonoides, com destaque para as

antocianinas. (Darnet et al., 2011; Menezes; Torres; Srur, 2008; Nascimento et al., 2008; Oliveira et al., 2002).

Dessa forma, o açaí pode ser adicionado como um ingrediente funcional de diversos alimentos, podendo ser acrescentado à bebida fermentada durante o processamento.

Processamento da bebida fermentada

Para a produção da bebida fermentada, deve-se, primeiro, elaborar o pó proteico, onde são realizadas as operações unitárias que constam na Figura 01.

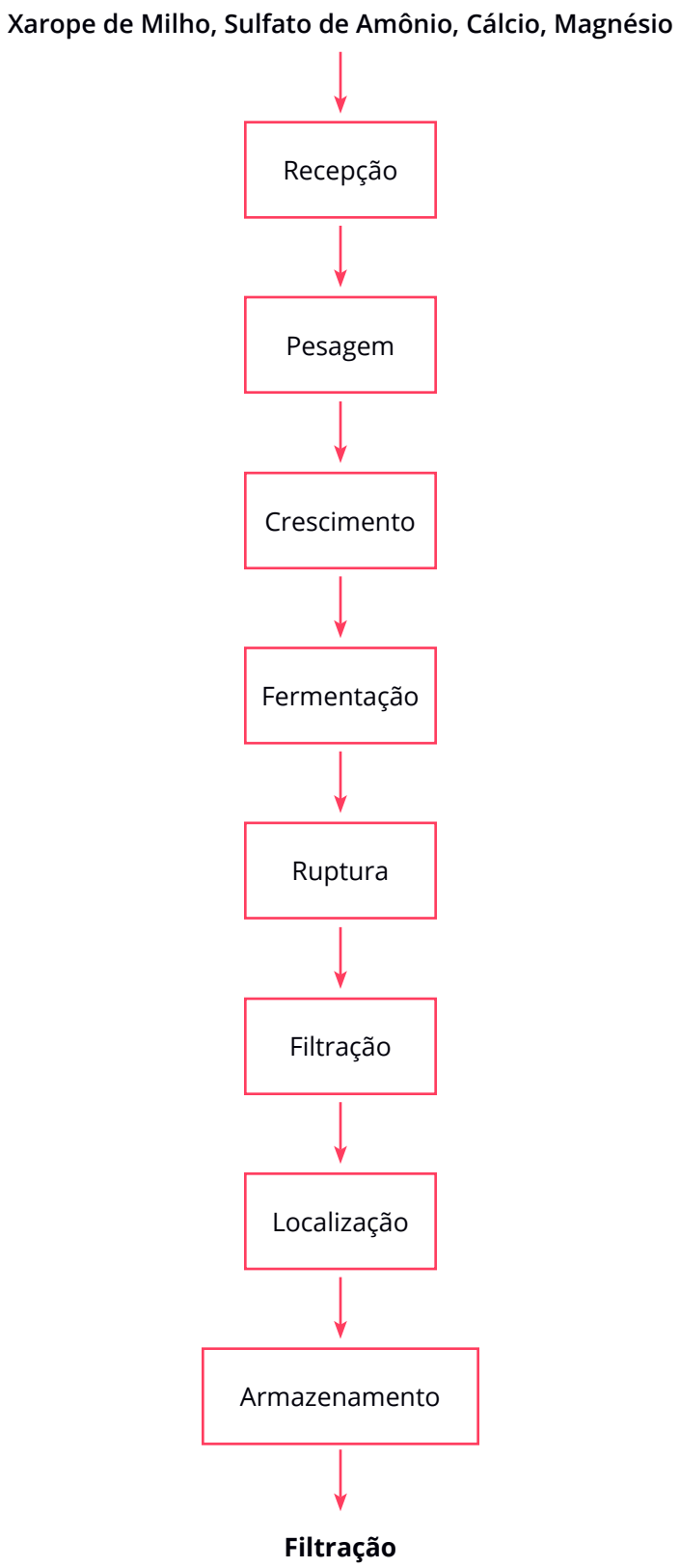


Figura 01: Fluxograma de obtenção do pó proteico.

Fonte: Adaptado de Liu et al. (2011).

Na etapa de recepção, todos ingredientes e matérias-primas são recebidos pela indústria, devendo passar pelas etapas de seleção e lavagem, para garantir a utilização de produtos

seguros e de qualidade na formulação do pó proteico. Após, na etapa de pesagem, todos os ingredientes necessários para a formulação do pó serão pesados, para posterior crescimento e fermentação.

As operações de crescimento e fermentação são realizadas envolvendo o Bacillus modificado, a fonte de açúcar (xarope de milho), a fonte de nitrogênio (sulfato de amônio) e as fontes de cálcio e magnésio (Tabela 01), com o propósito de fornecer condições ideais para seu desenvolvimento, possibilitando a multiplicação do microrganismo e então produzir a biomassa desejada. Podem ser empregadas condições de tempo e temperatura de 24 horas a 37ºC, consideradas ideais para o crescimento do *Bacillus subtilis* (CARVALHO, 2005; OLIVEIRA, 2006).

Tabela 01: Ingredientes para geração da biomassa no biorreator.

Ingrediente	Formulação (%) (m m^{-1})
Xarope de Milho	95,6
Sulfato de Amônio	4,2
Sulfato de Cálcio	0,1
Sulfato de Magnésio	0,1
Total	100

Fonte: Adaptado de Carvalho (2005) e Oliveira (2006).

A ruptura é realizada com o intuito de recuperar os produtos intracelulares e separar a célula do meio líquido que a contém, esse processo tem influência na quantidade total da proteína de interesse a ser recuperada, resultando também em maior flexibilidade nos tratamentos subsequentes realizados no produto. Posteriormente, realiza-se a filtração, que pode ser definida como sendo a remoção de sólidos insolúveis de uma suspensão através da sua passagem por um meio filtrante, que consiste em um material poroso, obtendo-se, assim, a separação entre o filtrado (porção líquida) e o sobrenadante (porção sólida retida).

A secagem pode ser feita através da sublimação, onde um processo de desidratação em que o produto é congelado sob vácuo e o gelo formado sobre ele é sublimado. Por fim, o pó proteico é armazenado em condições ideais de temperatura e umidade, para posterior utilização no processamento da bebida fermentada.

Para a elaboração da bebida fermentada, são realizadas as operações unitárias que constam na Figura 02.

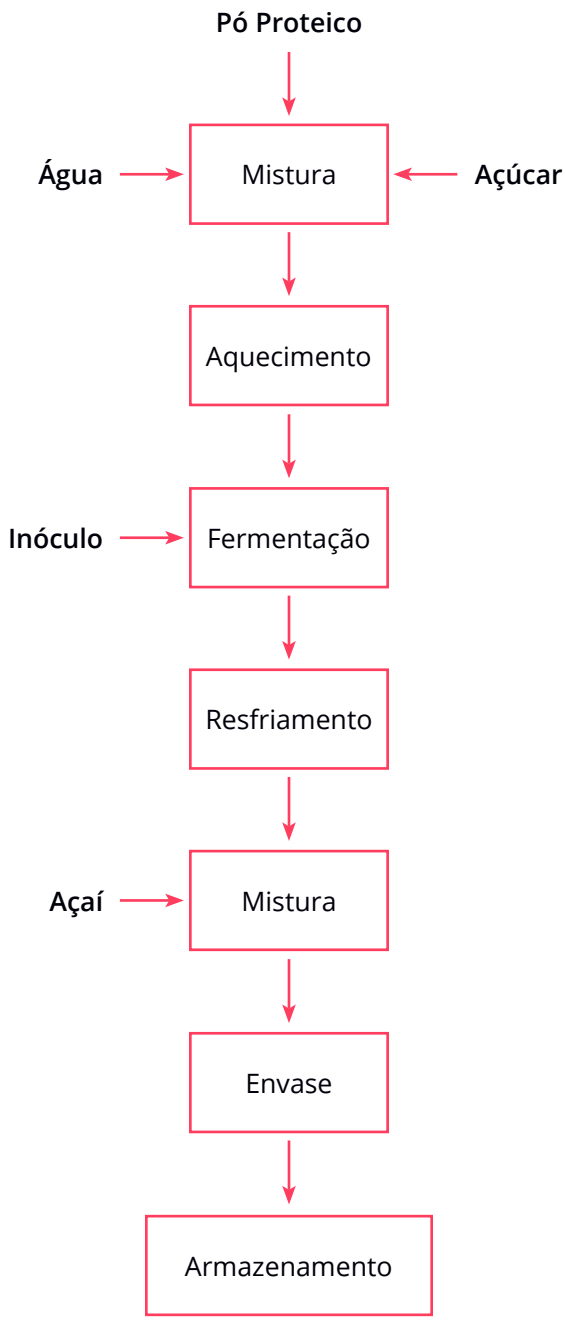


Figura 02: Fluxograma de obtenção da bebida fermentada.

Fonte: Adaptado de Robert (2008).

Na etapa de mistura, realiza-se a homogeneização do pó proteico, água e açúcar, com a finalidade de se obter uma solução homogênea semelhante ao leite. Após, realiza-se o aquecimento, onde objetiva promover a desnaturação das proteínas do soro, reduzindo a contração do coágulo de caseína da bebida fermentada e diminuindo consequentemente o efeito de sinérese. Esse tratamento proporciona condições ideais de temperatura para desenvolvimento na etapa de fermentação da cultura, além de influenciar nas características de viscosidade e textura.

Após alcançar a temperatura ideal para desenvolvimento da cultura, adiciona-se o inóculo para iniciar a etapa de fermentação. Na fermentação, pode-se utilizar uma temperatura de 45°C por 5 horas, para alcançar o grau de acidez desejado, assim como textura e viscosidade. Posteriormente, a realizaçao do resfriamento é uma etapa crítica no processamento da bebida fermentada, sendo executada após a bebida alcançar o grau de acidez desejado, sendo fundamental para reduzir a atividade metabólica da cultura, evitando maior grau de acidez, pode-se utilizar temperaturas entre 18-20°C por 30 minutos, temperaturas menores que isso podem promover o choque térmico, causando o encolhimento da massa, danos ao

coágulo e separação do soro.

Após o resfriamento, pode-se realizar a mistura, que envolve a bebida fermentada e a polpa de açaí, com a finalidade de se obter o produto desejado. Por fim, realiza-se o envase do produto e o seu armazenamento, em condições ideais de umidade e temperatura, entre 2 a 5ºC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da realização do processamento demonstrado no presente estudo, espera-se obter um pó semelhante leite em pó, obtido por meio da modificação genética do *Bacillus subtilis*, que pode ser utilizado como ingrediente para formular uma bebida fermentada adicionada de polpa de açaí, cuja textura, viscosidade e sabor sejam próximas às encontradas em produtos disponíveis no mercado, como o iogurte.

Portanto, a partir da revisão realizada, conclui-se que o desenvolvimento desse novo alimento pode contribuir com a manutenção da segurança alimentar da população mundial, além de suprir os desejos dos consumidores que buscam alimentos veganos e saudáveis. Além disso, foi elencada a possibilidade de um novo método alternativo de produção de alimentos, a partir do *Bacillus subtilis* geneticamente modificado, capaz de produzir parte das proteínas presentes no leite durante a fermentação.

REFERÊNCIAS

ALBA, D. A.; OSORIO, M. A. D. **Formulación de galletas tipo cracker utilizando levadura Saccharomyces cerevisiae modificada genéticamente para la producción de β-caroteno** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidad de Los Andes, 2020.

ALVARENGA, M. B. **Manual de produção de iogurte**. Fortaleza: EMBRAPA-CTTA, 1995. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185115/1/iogurtes-ctaa-bnb.pdf>.

AVELINO, A. B. N.; TOSCANO, G. S.; DUTRA, M. C. F. S. G.; LIMA, A. O.; SILVA, M. R. F. Os alimentos geneticamente modificados no contexto da globalização e da sociedade de risco. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, ed. 2, p. 7423-7443, 2020.

BASSO, F. C. LARA, E. C.; DE ASSIS, F. B.; RABELO, C. H. S.; MORELLI, M.; REIS, R. A. Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 1009-1019, 2012.

BONOMO, L. F.; SILVA, D. N.; BOASQUIVIS, P. F.; PAIVA, F. A.; GUERRA, J. F. C.; MARTINS, T. A. F.; TORRES, A. G. J.; DE PAULA, I. T. B. R.; CANESHI, W. L.; JACOLOT, P.; GROSSIN, N.; TESSIER, F. J.; BOULANGER, E.; SILVA, M. E.; PEDROSA, M. L.; OLIVEIRA, R. P. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) modulates oxidative stress resistance in *Caenorhabditis elegans* by direct and indirect mechanisms. **PloS one**, v. 9, n. 3, p. e89933, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa n°46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa nº 37, de 8 de outubro de 2018. Parâmetros Analíticos e Quesitos Complementares aos Padrões de Identidade e Qualidade de Polpa de Fruta**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2018.

CARVALHO, A. L. U. DE. **Fisiologia de *Bacillus subtilis* R14 sob condições restrita e irrestrita de oxigênio: produção de compostos bioativos e esporulação** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

DARNET, S.; SERRA, J. L.; RODRIGUES, A. M. C.; DA SILVA, L. H. M. A high-performance liquid chromatography method to measure tocopherols in assai pulp (*Euterpe oleracea*). **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2107-2111, 2011.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Africa - Sustainable Livestock 2050. 2018. Disponível em: **<http://www.fao.org/3/CA0888EN/ca0888en.pdf>**.

GROSSI, G.; GOGLIO, P.; VITALI, A.; WILLIAMS, A. G. Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 69-76, 2019.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. C.; DE PAULA, H. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, v. 19, ed. 4, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção da extração vegetal e da silvicultura. 2018. Disponível em: **<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>.**

Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE). Pesquisa de Opinião Pública Sobre Vegetarianismo. 2018. Disponível em: **<https://www.greenme.com.br/wp-content/uploads/2019/11/JOB_0416_VEGETARIANISMO.pdf>**.

IFOPE. Tecnologia de Bebidas Fermentadas: processo fermentativo e legislação. 2020. Disponível em: **<https://blog.ifope.com.br/bebidas-fermentadas/>**.

LIMA, P. P. DE. **Caracterização da Variabilidade Genética, Sistema de Cruzamento e Parâmetros de Germinação e Emergência de *Euterpe precatoria martius* em Populações do Baixo Rio Solimões** (Dissertação de mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, 2014.

LIU, P; ZHAO, J.; GUO, P; LU, W.; GENG, Z.; LEVESQUE, C. L.; JOHNSTON, L. J.; WANG, C.; LIU, L; ZHANG, J.; MA, N.; QIAO, S.; MA, X. Dietary corn bran fermented by *Bacillus subtilis* MA139 decreased gut cellulolytic bacteria and microbiota diversity in finishing pigs. **Frontiers in cellular and infection microbiology**, v. 7, p. 526, 2017.

LIU, W. J.; ZENG, F. X.; JIANG, H; ZHANG, X. S. Preparation of high adsorption capacity bio-chars from waste biomass. **Bioresource technology**, v. 102, n. 17, p. 8247-8252, 2011.

MENEZES, E. M. S; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (Euterpe oleracea Mart) liofilizada. **Acta amazônica**, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008.

MORSE, S.; MANNION, A. M. Can genetically modified cotton contribute to sustainable development in Africa?. **Progress in Development Studies**, v. 9, n. 3, p. 225-247, 2009.

MUIS, A. Biomass Production And Formulation of *Bacillus Subtilis* for Biological Control. **Indonesian Journal of Agricultural Science**, v. 7, p. 51-56, 2006.

NARDI, A. C.; LOCH, P; DE CONTO, A. G.; MENEGHATTI, M. R.; DE FARIÑA, L. O. Impactos Ambientais da Pecuária de Leite da Agricultura Familiar. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 49-66, 2016.

NASCIMENTO, R. J. S. N.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 498-502, 2008.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). In **Science breakthroughs to advance food and agricultural research by 2030** (1 ed.). Washington: National Academies Press, 2019.

OLIVEIRA, F. H. P. C. **Fisiologia de *Bacillus subtilis* R14: crescimento e produção de litopeptídeos em cultivos descontínuos** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

OLIVEIRA, M.; CARVALHO, J. E. U. DE; NASCIMENTO, W. M. O. DO; MULLER, C. H. Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Circular Técnico Nº 26. Embrapa Amazônia Oriental**. 2002. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20021405768>.

PAIVA, Y. F.; DA SILVA, K. C. M.; DANIELLE, K. Avaliação microbiológica de iogurte natural com polpa de abacaxi base mel. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, 2014.

ROBERT, N. F. Dossiê técnico - fabricação de iogurtes. 2008. Disponível em: **<http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MzIw>.**

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista de enfermagem**, v. 20, n. 2, p. 5-6, 2007.

SEARCHINGER, T.; HANSON, C.; WAITE, R; RANGANATHAN, J. Creating a sustainable food future: a menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050. 2019a. Disponível em: **<https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>**.

SEARCHINGER, T.; HANSON, C.; WAITE, R; RANGANATHAN, J. 10 tecnologias inovadoras que podem ajudar a alimentar o mundo sem destruí-lo. 2019b. Disponível em: **<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/07/10-tecnologias-inovadoras-que-podem-alimentar-o-mundo-sem-destruir>.**

SHARMA, R.; LAMSAL, B. P.; MBA-WRIGHT, M. Performance of *Bacillus subtilis* on fibrous biomass sugar hydrolysates in producing biosurfactants and techno-economic comparison. **Bioprocess and biosystems engineering**, v. 41, n. 12, p. 1817-1826, 2018.

SIDONIO, L.; CAPANEMA, L.; GUIMARÃES, D. D.; CARNEIRO, J. V. A. Inovação na indústria de alimentos: importância e dinâmica no complexo agroindustrial brasileiro. **BNDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p. 333-370, 2013.

SLABAKOVA, B. The Age of Veganism: Vegan Statistics for 2020. 2020. Disponível em: **<https://healthcareers.co/vegan-statistics/>**.

THE VEGAN SOCIETY. Statistics. c2021. Disponível em: **<https://www.vegansociety.com/news/media/statistics>**.

TAVANO, O. L.; SILVA, S. C. O.; OLIVEIRA, V. R.; PAULA, H. A. A. Composição e Digestibilidade Proteica de Suplementos Alimentícios Contendo Proteína de Soro de Leite (Whey Protein). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, ed. 3, p. 131-138, 2017.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs (DESA, U. N.). World Population Prospects 2019: Highlights. 2019. Disponível em: **<https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf>**.

YANG, J. J.; NIU, C. C.; GUO, X. H. Mixed culture models for predicting intestinal microbial interactions between Escherichia coli and Lactobacillus in the presence of probiotic *Bacillus subtilis*. **Beneficial microbes**, v. 6, n. 6, p. 871-877, 2015.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

BIOFILMES DE FUNGOS FILAMENTOSOS: UMA ALTERNATIVA NA PRODUÇÃO ENZIMÁTICA

BIOFILMS OF FILAMENTOUS FUNGI: AN ALTERNATIVE IN ENZYME PRODUCTION

LEÃES, G. F.[1]*; GASPERINI, A. M.[1]; STEFANELLO, A.[1]; BISELLO, T. N.[1]; DA SILVA, S. B. S.[1]; COPETTI, M. V[1].

[1]Department of Technology and Food Science, Federal University of Santa Maria - UFSM, POSTAL 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil. *Contato: marina.copetti@ufsm.br

RESUMO

A produção de enzimas a partir de microrganismos possui ampla aplicação na indústria de alimentos buscando melhorar o processo de produção de bebidas e alimentos, tornando-o mais eficiente e sustentável. Diante disso, novas opções estão sendo estudadas para inovar esse processo, como por exemplo a utilização de biofilmes. O cultivo de fungos filamentosos através de biofilmes promove ótimos resultados e torna-se uma alternativa aos processos usuais de fermentação submersa e em estado sólido, pois apresentam alta taxa metabólica, intensa produção enzimática, além da possibilidade de serem produzidos utilizando fontes de nutrientes de baixo custo. Este trabalho aborda uma revisão de literatura, que descreve aspectos do emprego de biofilmes como método de cultivo de fungos filamentosos para a produção enzimática. Foram explicados conceitos de biofilmes fúngicos e sua formação, apontando o uso em processos tecnológicos. O trabalho foi desenvolvido por meio de um levantamento bibliográfico realizado em artigos científicos, dissertações e teses disponíveis em diferentes plataformas digitais. A literatura analisada apontou a produção de diversos tipos de enzimas de importância industrial, como tanases, celulases e fitases a partir da fermentação de diferentes espécies de fungos filamentosos, como *Aspergillus* e *Rhizopus*. Dessa forma, essa revisão aborda possibilidades acerca da aplicabilidade biotecnológica dos biofilmes e aponta que existe um potencial que pode ser mais explorado.

Palavras-chave: Enzimas, fermentação por biofilme, microrganismos, biotecnologia.

ABSTRACT

The production of enzymes from microorganisms has wide application in the food industry aiming to improve the production process of beverages and foods, turning them more efficient and sustainable. Therefore, new alternatives are being studied to innovate this process, for example, the use of biofilms. Cultivation of filamentous fungi through biofilms promotes great results and becomes an alternative to the traditional processes of submerged and solid-state fermentation, pois present high metabolic rate, intense enzymatic production, as well as the possibility of producing them using low-cost nutrient sources. This paper is a literature review, describing aspects of the use of biofilms as a cultivation method for filamentous fungi to produce enzyme. Concepts of fungal biofilms and their formation were explained, pointing out their use in technological processes. The work was developed through a bibliographic survey carried out through scientific articles, dissertations, and theses from different dig-

ital platforms. The reviewed literature pointed out the production of several types of enzymes of industrial importance, for instance tannases, cellulases and phytases, from the fermentation of several filamentous fungi species, such as Aspergillus and Rhizopus. Thus, this review addresses the possibilities about the biotechnological applicability of biofilms and shows that there is a potential that can be further explored.

Keywords: Enzymes, biofilm fermentation, microorganisms, biotechnology.

INTRODUÇÃO

Os fungos filamentosos são capazes de realizar a biossíntese de produtos naturais de importância, como medicamentos, enzimas, ácidos orgânicos e pigmentos (COPETTI, 2019), além de originar produtos indesejados, como algumas toxinas (HOFFMEISTER E KELLER, 2007). As enzimas, por sua vez, são utilizadas em diversos setores da indústria de alimentos e, em função do seu elevado interesse biotecnológico, processos alternativos e mais eficientes são um desafio para sua produção buscando produtividade elevada e custo reduzido (FLORÊNCIO et al., 2017). Com isso, a utilização de biofilmes torna-se uma forma inovadora e eficiente de cultivar fungos filamentosos baseados em seus aspectos morfológicos que contribuem para a produção de enzimas (VILLENA E GUTIERREZ-CORREA, 2007).

Em contrapartida aos biofilmes fúngicos que trazem benefícios para a indústria de alimentos, salienta-se a existência de biofilmes bacterianos decorrentes de falhas nos processos de higienização. Estes são capazes de aderir em diversos tipos de superfícies ao longo do processamento de alimentos ocasionando prejuízos financeiros à indústria. Os biofilmes bacterianos conferem proteção às células microbianas individuais, que se tornam mais tolerantes aos processos de sanitização convencionais. Além disso, comprometem a qualidade dos alimentos e trazem graves riscos à saúde do consumidor (SIMÕES et al., 2010; CAIXETA, 2008).

Em relação à produção de enzimas microbianas de interesse biotecnológico, diferentes métodos de fermentação podem ser adotados, como por exemplo submersa, em estado sólido e por biofilmes (MANAN E WEBB, 2017; GASPAROTTO et al., 2014). No caso da fermentação em estado sólido, é um processo que requer menos espaço, menor custo de operação, simplicidade no processo e menor possibilidade de contaminação, reduzindo os gastos com a esterilização (SANGEETHA et al., 2005). No entanto, segundo Domingues et al. (2014), os fatores que dificultam a ampliação de escala desse tipo de fermentação seriam a dificuldade de controlar temperatura, pH, umidade e concentração do substrato durante o cultivo em quantidade limitada de água. No caso da fermentação submersa, que produzem a maioria das enzimas industriais, o alto custo para manter agitação e aeração do meio, a possibilidade de formação de espuma (NADDEM et al., 2015; DOMINGUEZ et al., 2014; BON et al., 2008; MAIORANO et al., 2008) seriam as maiores desvantagens do método. Além da limitação na transferência e mistura de oxigênio que ocorrem devido à alta viscosidade do meio em decorrência da biomassa e morfologia fúngica (QUINTANILLA et al., 2015).

A utilização de fungos filamentosos em fermentação por biofilmes tem sido cada vez mais empregada, pois quando o fungo se desenvolve aderido a uma superfície, formando o biofilme, seu metabolismo é ampliado e, consequentemente sua secreção enzimática. Deste modo, esse tipo de fermentação torna-se uma forma promissora para a produção de enzimas. O objetivo deste trabalho foi revisar as publicações avaliando a capacidade de utilização de biofilmes a partir de fungos filamentosos como alternativa na produção enzimática disponíveis na literatura.

METODOLOGIA

O presente artigo de revisão foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica realizada em artigos científicos, dissertações e teses depositados em plataformas digitais como: *Scientific Eletronic Library Online*, *Science Direct*, Google Acadêmico, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e *ResearchGate* publicados do ano de 2000 a 2021.

DESENVOLVIMENTO

O processamento de alimentos requer enzimas em praticamente todas suas áreas tornado esse o setor com maior demanda mundial. Geralmente são utilizadas na fabricação de alimentos e visam oferecer benefícios econômicos (GARG et al., 2016). Diante disso, a busca por formas alternativas de obtenção, visando a otimização e a redução de custo do processo, tornam atrativa a fermentação por biofilmes de fungos filamentosos para produção de enzimas.

Fungos filamentosos

O Reino Fungi é formado por seres unicelulares ou multicelulares, microscópicos e macroscópicos incapazes de realizar fotossíntese. Metabolicamente versáteis e vastamente distribuídos na natureza, seja em associação com outras espécies, como patógenos de animais e plantas ou como organismos de vida livre. A absorção de nutrientes desse reino é feita através da parede e membrana celular por meio da produção de enzimas que são lançadas aos substratos onde colonizam (BLACKWELL, 2011; SILVA E COELHO, 2006).

Foram descritas mais de 100 mil espécies de fungos, mas estima-se que existam cerca de 1,5 milhões de espécies (SILVA E MALTA, 2016; MADIGAN et al., 2016; KIRK, 2008). Diante dessa diversidade fúngica, dados demostram que é um dos reinos menos explorados. Além disso, devido à degradação do ecossistema, diversas espécies serão extintas antes mesmo de serem identificadas, causando prejuízo imensurável ao equilíbrio ecológico e desconhecimento do potencial biotecnológico (SILVA E COELHO, 2006).

Entre todas as espécies fúngicas, as filamentosas são as mais pesquisadas pela comunidade científica devido as características de biossíntese de produtos naturais. Os produtos naturais sintetizados podem ser benéficos (como por exemplo fármacos, enzimas, ácidos or-

gânicos e pigmentos) (COPETTI, 2019) ou nocivos, como alguns compostos de metabolismo secundários, conhecidos como micotoxinas (HOFFMEISTER E KELLER, 2007). Assim, fungos estão sendo amplamente utilizados na produção de substâncias bioativas, proteínas naturais ou heterólogas (KRULL et al., 2013), antibióticos e aditivos (SONIA et al., 2014).

Conforme relatado por Quintanilla et al. (2015), os fungos filamentosos tornaram-se indispensáveis para a produção de enzimas devido a sua capacidade de expressar e secretar proteínas para o meio externo. Constituem materiais biológicos ideais devido a facilidade de cultivo, crescimento rápido, baixo custo de produção sob condições controladas em laboratório e pela capacidade de produzirem grandes quantidade de enzimas (LARA-MÁRQUEZ et al., 2011; HERNÁNDEZ-MARTINEZ et al., 2011; SIMÕES E TAUK-TORNISIELO, 2005; IWASHITA, 2002).

Além da indústria alimentícia, os fungos filamentosos apresentam potencial de aplicação em indústrias têxteis, papel e celulose, combustíveis, farmacêutica, entre outras. De acordo com Chávez-González et al. (2001), os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* são apontados como mais eficientes em fornecer moléculas mais estáveis e em maior quantidade e dessa forma seriam os mais aplicados para este propósito. Enquanto para Aro (2005), o gênero *Trichoderma* estaria juntamente com *Aspergillus* na categoria de mais aplicados.

Os fungos filamentosos são espontaneamente adaptáveis ao crescimento em superfícies e, por apresentarem comportamento fisiológico particular, podem ser considerados organismos formadores de biofilmes. Resumidamente, uma vez que os esporos são adsorvidos ao suporte, crescem ligados a ele através de uma ligação superficial por aderência celular. Então as células anexadas desenvolvem uma estrutura de biofilme ativa e diferencial com alterações fisiológicas e genéticas (GHIGO, 2003; O'TOOLE et al., 2000). Em virtude dessas características particulares, Gutiérrez-Correa e Villena (2003) sugeriram o modelo de fermentação por adesão à superfície.

Devido à diversidade metabólica, capacidade de produção elevada, eficiência de secreção e capacidade de realizar modificações pós-traducionais o uso da fermentação de fungos filamentosos tem se intensificado nos últimos anos (PAPAGIANNI, 2004), sendo a metodologia mais utilizada para a produção comercial em larga escala de diversos produtos biotecnológicos (GAVRILESCU E CHISTI, 2005).

Produção enzimática

O setor de alimentos possui uma integração e demanda bem estabelecida com enzimas (GARG et al., 2016). As enzimas favorecem muitas operações de processamento na panificação, produção de bebidas, laticínios, suplementos dietéticos, hortifrutis e carnes. Essa alta demanda por enzimas na indústria de alimentos deve-se pela elevada estabilidade à temperatura, atividade de pH e pressão, particularidades ao substrato, além de alta especificidade de produtos (FERNANDES, 2010).

Segundo Papadaki et al. (2020), o mercado global de enzimas foi avaliado em US$ 7,1

bilhões em 2017 com perspectiva para chegar a US$ 10,5 bilhões em 2024. Ainda no ano de 2017, o mercado de enzimas produzidas por microrganismos representou mais da metade da quota de mercado.

A maioria das enzimas industriais são produzidas por leveduras e fungos filamentosos. A aplicação pioneira ocorreu em 1894, pelo bioquímico japonês Jokichi Takamine, que obteve enzimas a partir do cultivo de A. oryzae, bastante empregado na cultura asiática (JPO, 2002). De acordo com Said e Pietro (2004), o interesse na utilização de microrganismos para a produção de enzimas com fins industriais tem sido gerado por estudos funcionais, estruturais e de aplicação dessas enzimas, aliados ao emprego de técnicas de engenharia genética.

A seleção de enzimas deve ser adequada às condições nas quais serão utilizadas, pois enzimas com a mesma forma de atuação sob o substrato podem apresentar funcionamento ótimo em pH, temperatura e concentrações iônicas diferentes (PASTORE, 2002). Além disso, as enzimas microbianas denotam versatilidade de processos metabólicos e condições equilibradas de reações apresentando vantagens sobre outras enzimas (de origem animal ou vegetal), como a possibilidade de manipulação genética e representam recursos renováveis (CARVALHO, 2005).

Como discutido anteriormente, os processos de fermentação mais utilizados na produção enzimática por microrganismos são fermentação submersa e em estado sólido. A fermentação submersa constitui a forma mais empregada e foi considera exemplo da tecnologia de produção durante anos (NADEEM et al., 2015; DOMINGUEZ et al., 2014; PANDEY et al., 2001). Em contrapartida, a fermentação em estado sólido passou a ser considera nas últimas décadas, principalmente a partir de sistemas fúngicos, por requerer baixa tecnologia e maior vantagem econômica quando comparada a fermentação submersa (MAHADIK et al., 2002). Entretanto, o aumento da escala de produção nesse método é difícil, desfavorecendo a implementação na indústria (PANDEY, 2003). Considerando a produção de enzimas microbianas, Gasparotto (2014) e Manam e Webb (2017), descrevem que formas variadas de fermentação podem ser adotadas, como a submersa, em estado sólido ou por biofilmes. Em razão disso, novas alternativas estão sendo exploradas, e a utilização de biofilmes torna-se promissora e inovadora para a produção enzimática a partir do cultivo de fungos filamentosos (VILLENA E GUTIERREZ-CORREA, 2007).

Fermentação por biofilmes de fungos filamentosos

Os biofilmes são sistemas biológicos desenvolvidos sobre matrizes poliméricas extracelulares, de maneira que permitam uma distinta organização estrutural destes organismos importante para os processos de produção. Estes desempenham um papel importante na natureza, em processos tecnológicos e podem se desenvolver em quaisquer superfícies bióticas ou inertes como espécies individuais ou como uma comunidade derivada de várias espécies (DONLAN, 2001).

Inicialmente o conceito de biofilme foi desenvolvido para bactérias e posteriormente para leveduras. Contudo os fungos filamentosos apresentam características de nutrição, secreção e crescimento que os torna adaptados ao crescimento em superfícies. Mediante trabalhos desenvolvidos com *A. niger* (VILLENA E GUTIERREZ-CORREA, 2006; VILLENA, MORENO E CORREA, 2001) e *A. fumigatus* (MARTINEZ E FRIES, 2010; RAMAGE et al., 2009) o sistema de formação de biofilmes por fungos filamentosos foi aceito e possui alta relevância na área da saúde e na indústria (WANG et al., 2009).

Um crescimento microbiano em associação com uma superfície formando um agregado de células sésseis, caracterizada pela ligação irreversível destas com um substrato, e umas às outras, submersos em uma matriz polimérica forma um biofilme (REYNOLDS E FINK, 2001). Na forma de biofilme, as células sésseis apresentam taxa de crescimento e transcrição genética distintas das células livres (DONLAN E COSTERTON, 2002). De acordo com Bigerelle et al. (2002), na etapa de aderência de fungos filamentosos, as propriedades físicas cruciais para a formação e manutenção dos biofilmes são a hidrofobicidade, a carga eletrostática e a rugosidade da superfície.

Em condições naturais, o contato com superfícies é necessário para que os fungos possam absorver nutrientes e secretar enzimas para o crescimento apical das hifas. Assim ocorre na formação de um biofilme em um suporte inerte polimérico, pois há associação direta com o substrato, adesão do esporo, germinação e crescimento apical de hifas, no entanto, os fenótipos resultantes terão expressões gênicas distintas (AZIANI et al., 2012).

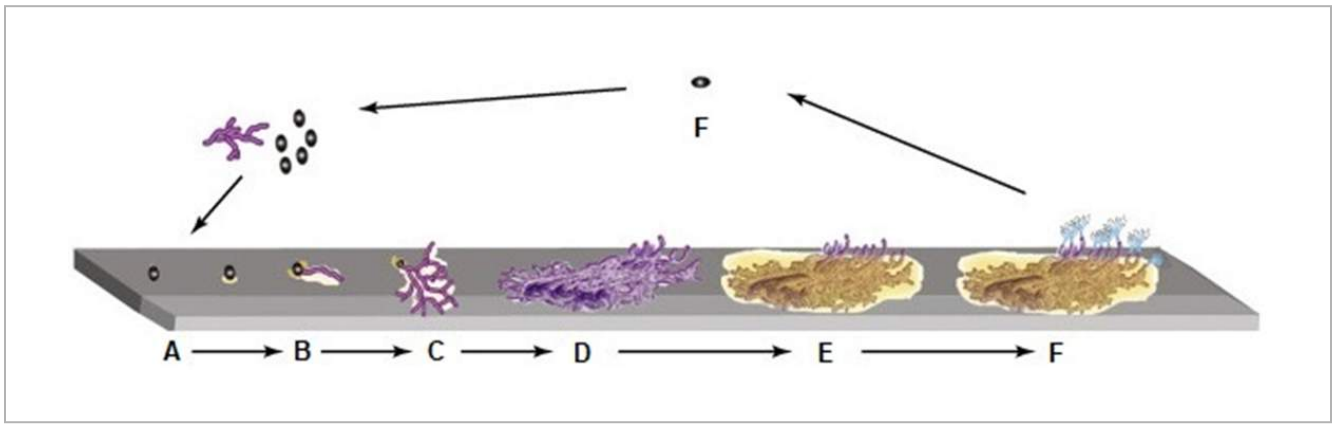
No caso da fermentação por biofilme de fungos filamentosos, o sistema de produção ocorre em um ambiente líquido similar ao processo de fermentação submersa, mas com a eficiência de produção da fermentação em estado sólido. A taxa metabólica e a produção enzimática se acentuam tornando os níveis de produção enzimática mais elevados do que os obtidos no processo submerso (GUTIÉRREZ-CORREA et al., 2012; RAMAGE et al., 2009; SAUER et al., 2002).

O potencial biotecnológico dos processos fermentativos, incluído a fermentação por biofilme, tem sido evidenciado pelas espécies de *Aspergillus niger*, *A. fumigatus* e *A. phoenicis* e sua importância no mercado de enzimas (GUIMARÃES E SOUZA, 2017).

O modelo para a formação de biofilmes fúngicos por fungos filamentosos (Figura 01) foi proposto por Hading et al. (2009) e consiste em seis etapas (A – F). Na primeira etapa (A) ocorre a adsorção de propágulos fúngicos, como esporos, conídios ou hifas, em contato físico com superfícies sólidas – essa etapa corresponde a adesão reversível que acontece nos biofilmes bacterianos. Na segunda etapa (B) ocorre a adesão e fixação à superfície pela liberação de substâncias adesivas por esporos em estado germinativo. Em seguida os estágios I e II de microcolônias são formados: no estágio I (C), ocorre a formação de microcolônias com crescimento inicial (alongamento apical e ramificação de hifas) e colonização da superfície com

produção de matriz polimérica extracelular para adesão da colônia ao substrato; no estágio II (D) ocorre a formação de microcolônias, ou estágio inicial de maturação, que compreende a formação de uma rede compacta de hifas ou micélios e a formação de canais de água para a passagem de nutrientes. Depois disso ocorre a quinta etapa (E) com a fase de maturação ou reprodução, caracterizada pela produção de corpos frutíferos, esporos e outras estruturas de sobrevivência. O crescimento aéreo caracteriza essa frutificação. Por fim, ocorre a sexta etapa (F) com a fase de dispersão, ou planctônica, com a dispersão de esporos e filamentos fúngicos que atuam como propágulos para reiniciar o ciclo.

Figura 01: Modelo de desenvolvimento de biofilme em fungos filamentosos. Os estágios são: (A) adsorção, (B) adesão à superfície, (C) estágio I de microcolônias, (D) estágio II de microcolônias, (E) maturação ou reprodução e (F) dispersão ou fase planctônica.



Fonte: Modificado de HARDING et al., 2009.

Grande parte das enzimas utilizadas em escala comercial são de origem fúngica. Protease, amilase, celulase, lipase, fitase e tanase podem ser produzidos por diferentes gêneros de fungos, incluindo *Aspergillus*, *Rhizopus* e *Penicillium*. Estudos já demostraram a produção de diferentes enzimas por fermentação por biofilme, como a produção de tanases por *A. ochraceus* em superfície inerte de polietileno (ARACRI et al., 2018). A produção de fitase foi evidenciada com o cultivo de *R. microsporus* em suportes inertes de polietileno e viscose (SATO et al., 2016). Frutooligossacarídeos foram produzidos por *A. phoenicis*, em suporte inerte de polietileno (AZIANI et al., 2012) e celulase por *A. niger* em pano de poliéster (GUTIÉRREZ-CORREA E VILLENA, 2006).

Apesar de várias pesquisas aceitarem o conceito de formação de biofilmes por fungos filamentosos, dentro da comunidade micológica ainda existe um debate sobre o que especificamente constitui um biofilme. Essa revisão de literatura destaca que os fungos filamentosos se adequam aos critérios básicos descritos na definição de um biofilme microbiano, como possuírem capacidade de se conectar em uma superfície e/ou uns aos outros, e pelo potencial de serem incluídos dentro de uma substância exopolímera.

Segundo Villena e Gutierrez-Correa (2007), os micologistas industriais têm conhecimento dos aspectos benéficos dos biofilmes fúngicos há algum tempo, constatando que espécies de *Aspergillus* desenvolveram formas de coordenar seu comportamento para formar biofilmes. Assim sendo, valer-se dessa capacidade de adaptação para produção enzimática pode

impactar positivamente os processos industriais.

Por fim, a produção de enzimas por microrganismos já é estudada e utilizada, e a fermentação por biofilmes focada na produção de enzimas pode atender à alta demanda industrial, e ao mesmo tempo diminuir custos e tempo em diversos setores, mas principalmente na indústria alimentícia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa revisão discutiu brevemente aspectos morfológicos e fisiológicos da formação de biofilmes por fungos filamentosos, bem como o potencial biotecnológico. Considerando as informações descritas, o presente levantamento bibliográfico confirmou o potencial da fermentação de biofilmes na produção de enzimas por fungos filamentosos e evidenciou o uso em processos industriais. Com isso, é importante que novas pesquisas sejam publicadas com mais dados sobre a fermentação de biofilmes na produção de enzimas focados na indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

ARACRI, F. M.; CAVALCANTI, R. M. F.; GUIMARÃES, L. H. S. **Produção de tanases utilizando biofilmes de *Aspergillus ochraceus* e síntese de propilgalato.** In: VIII Congresso Farmacêutico e IV Jornada de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, 2018, Araraquara. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, 2018. v. 39.

ARO, N.; PAKULA, T.; PENTTILA, M. **Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi.** FEMS Microbiology Review. Netherlands, v. 29, 2005. p. 719-739.

AZIANI, G.; TERENZI, H. F.; JORGE, J. A.; GUIMARAES, L. H. S. **Production of fructooligosaccharides by *Aspergillus phoenicis* biofilm on polyethylene as inert support.** Food Technology and Biotechnology, v. 50, p. 40-45, 2012.

BIGERELLE, M.; ANSELME, K.; DUFRESNE, E.; HARDOUIN, P. **An unscaled parameter to measure the order of surfaces: a new surface elaboration to increase cells adhesion.** Biomolecular Engineering, v. 19, n. 26, p. 79-83, Aug. 2002.

BLACKWELL, M. **The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species?** American Journal of Botany, v. 98, n. 3, p. 426-438, Mar. 2011.

BON, E. P. S.; PEREIRA, N.; GORRSCHALK, L. M. F.; SÁ-PEREIRA, P.; ROSEIRO, J. C.; FERRARA, M. A. **Bioprocessos para produção de enzimas.** In: BON, E. P. S Enzimas em biotecnologia, produção, aplicações e mercado. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, cap. 5, p. 95-120, 2008.

CARVALHO, P. O. et al. Potencial de biocatálise enantios seletiva de lipases microbianas. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 614-621, 2005.

CAIXETA, D. S. **Sanificantes químicos no controle de biofilmes formados por duas espécies de Pseudomonas em superfície de aço inoxidável.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M.; RODRÍGUEZ-DURAN, L. V.; BALAGURUSAMY, N.; BARRAGÁN-PRADO, A.; RODRÍGUEZ, R.; CONTRERAS, C. C.; AGUILAR, C. N. **Biotechnological advances and challenges of tanase: An overview.** Food Bioprocess Technology, v. 5, p. 445-459, 2011.

COPETTI, M. V. **Fungi as industrial producers of food ingredients.** CURRENT OPINION IN FOOD SCIENCE. v. 25, p. 52-56, 2019.

DOMINGUEZ, A. L.; RODRIGUES, L. R.; LIMA, N. M.; TEIXEIRA, J. A. **An overview of the recent developments on fructooligosaccharide production and applications.** Food and Bioprocess Technology, v. 7, p. 324-337, 2014.

DONLAN, R. M.; COSTERTON, W. **Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms.** Clinical Microbiology Reviews, v. 15, n. 2, p. 167-193, 2002.

DONLAN, R. M. **Biofilm formation: a clinically relevant microbiological process**. Clinical Infectious Diseases, 33(8), pp. 1387-1392, 2001.

FERNANDES, P. **Enzymes in food processing: A condensed overview on strategies for better biocatalysts.** Enzyme Research, v. 2010, n. 1, 862537, 2010.

FLORENCIO, C.; BADINO, A. C.; FARINAS, C. S. **Desafios relacionados à produção e aplicação das enzimas celulolíticas na hidrolise da biomassa lignocelulósica**. Química Nova, v. 40, n. 9, p. 1082-1093, 2017.

GARG, G.; SEHRAWAT, N.; YADAV, M. **Role of Enzymes in Food Industries Frontiers in Food Biotechnology.** In: SHARMA, C., SHARMA A. K., ANEJA, K. R. Frontiers in Food Biotechnology, 1ª ed. New York: Nova Publishers, cap. 9, p. 219-252, 2016.

GASPAROTTO, J. M.; WERLW, L. B.; MAINARDI, M. A.; MAZUTTI, M. A.; JAHN, S. L. **Produção de enzimas celulíticas de *Trichoderma reesei* por fermentação em estado sólido e sua aplicação na hidrólise enzimática de biomassa**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, 2014.

GAVRILESCU, M.; CHISTI, Y. **Biotechnology - a sustainable alternative for chemical industry**. Biotechnology Advances, v. 23, n. 7, p. 471-499, 2005.

GHIGO, J. M. **Are There Biofilm-Specific Physiological Pathways Beyond A Reasonable Doubts?** Research in Microbiology. 154:1-8, 2003.

GUIMARÃES, L. H. S.; SOUZA, P. N. C. **Aspergillus biotechnology: an overview on the production of hydrolases and secondary metabolites**. Current Biotechnology, v. 6, n. 4, p. 283-294, 2017.

GUTIÉRREZ-CORREA, VILLENA, G. K. **Surface adhesion fermentation: a new fermentation category**. *Rev Peru Biol* 10, 113-124, 2003.

GUTIÉRREZ-CORREA, VILLENA, G. K. **Production of cellulase by *Aspergillus niger* biofilms developed on polyester cloth.** Letters in applied microbiology v. 43, ed. 3, 262-268, 2006.

GUTIÉRREZ-CORREA, M.; LUDEÑA, Y.; RAMAGE, G.; VILLENA, G. K. **Recent advances on filamentous fungal biofilms for industrial uses**. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 167, n. 5, p. 1235-1253, 2012.

HARDING, M. W.; MARQUES, L. L.; HOWARD, R. J.; OLSON, M. E. **Can filamentous fungi form biofilms?** Trends in Microbiology, v. 17, n. 11, p. 475-480, 2009.

HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, R.; GUTIÉRREZ-SÁNCHES, G.; BERGMANN, C. W.; LOERA-CORRAL, O.; ROJO-DOMINGUEZ, A.; HUERTA-OCHOA S.; REGALADO-GONZÁLEZ, C.; PRADO-VARRAGÁN, L. A. **Purification and characterization of a thermodynamic stable serine protease from Aspergillus fumigatus**. Proc. Bioch., v. 46, n. 10, p. 2001-2006, 2011.

HOFFMEISTER, D.; KELLER, N. P. **Natural products of filamentous fungi: enzymes, genes, and their regulation**. Natural Product Reports, v. 24, p. 393-416, 2007.

IWASHITA, K. **Recent studies of protein secretion by filamentous fungi.** Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 94, n. 6, p. 530-535, 2002.

JAPAN PATENT OFFICE. Jokichi Takamine Taka-Diastase, Adrenaline. 07/10/2002. Disponível em: **https://www.jpo.go.jp/e/introduction/rekishi/10hatsumeika/jokichi_takmine.html.**

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS J. A**. Dictionary of the fungi.** 10th ed. Wallingford: CAB International, 2008.

KRULL, R.; WUCHERPFENNIG, T.; ESFANDABADI, M.; WALISKO, R.; MELZER, G.; HEMPEL, D.; KAMPEN, I.; KWADE, A.; WITTMANN, C. **Characterization and control of fungal morphology for improved production performance in biotechnology.** Journal of Biotechnology, v. 163, n. 2, p. 112-123, 2013.

LARA-MÁRQUEZ, A.; ZAVALA-PÁRAMO, M. G.; LÓPEZ-ROMERO, E.; CAMACHO, H. C. **Biotechnological potential of pectinolytic complexes of fungi.** Biotechnology Letters, v. 33, n. 5, p. 859-868, 2011.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. São Paulo: Artmed. Cap. 17, p. 555-561, 2016.

MAIORANO, A. E.; PICCOLI, R. M.; SILVA, E. S.; FILOMENA, M.; RODRIGUES, A. **Microbial production of fructosyltransferases for synthesis of pre-biotics.** Biotechnology Letters, v. 30, p. 1867-1877, 2008.

MAHADIK, N. D.; PUNTAMBEKAR, U. S.; BASTAWDE, K. B.; KHIRE, J. M.; GOKHALE, D. V. **Production of acidic lipase by Aspergillus niger in solid state fermentation.** Process Biochemistry, v. 38, n. 5, p. 715-721, 2002.

MANAN, M. A.; WEBB, C. **Design Aspects of Solid State Fermentation as Applied to Microbial Bioprocessing**. Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering, v. 4, n. 1, p. 1-25, 2017.

MARTINEZ, L. R.; FRIES, B. C. **Fungal biofilms: relevance in the setting of human disease**. Current Fungal Infection Reports, v. 4, p. 266-275, 2010.

NADEEM, H.; RASHID, M. H.; SIDDIQUE, M. H.; AZEEM, F.; MUZAMMIL, S.; JAVED, M. R.; ALI, M. A.; RASUL, I.; RIAZ, M. **Microbial invertases: A review on kinetics, thermodynamics, physiochemical properties**. Process Biochemistry, v. 50, p. 1202-1210, 2015.

O'TOOLE, G., KAPLAY, H. B. e KOLTER, R. **Biofilm formation as microbial development.** Ann. Rev. Microbiol. 54:49-79, 2000.

PANDEY, A.; SZAKACS, G.; SOCCOL, C. R.; RODRIGUEZ, J. A. L; SOCCOL, V. T. **Production, purification and properties of microbial phytases.** Bioresource Technology, v. 77, n. 3, p. 203-214, 2001.

PAPADAKI, E.; KONTOGIANNOPOULOS, N. K.; ASSIMOPOULOU, A. N.; MANTZOURIDOU, F. T. **Feasibility of multi-hydrolytic enzymes production from optimized grape pomace residues and wheat bran mixture using Aspergillus niger in an integrated citric acidenzymes production process.** Bioresource Technology, v. 309, 123317, 2020.

PAPAGIANNI, M. **Fungal morphology and metabolite production in submerged mycelial processes**. Biotechnology Advances, Thessaloniki, v. 22, p. 189-259, 2004.

PASTORE G. M. **Processos e produção de alimentos: aplicação de enzimas.** In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE BIOTECNOLOGIA ENZIMÁTICA, 5., Anais. Brasília, DF, 2002.

QUINTANILLA, D.; HAGEMANN, T.; HANSEN, K.; GERNAEY, K. V. **Fungal morphology in industrial enzyme production-modelling and monitoring.** Advances in Biochemical Engineering, v. 149, p. 29-54, 2015.

RAMAGE, G.; MOWAT, E.; JONES, B.; WILLIAMS, C.; LOPEZ-RIBOT, J. **Our current understanding of fungal biofilms.** Critical Reviews in Microbiology, v. 35, n. 4, p. 340-355, 2009.

REYNOLDS, T. B.; FINK G. R. **Bakers' yeast, a model for fungal biofilm formation**. Science, v. 291, n. 5505, p. 878-881, 2001.

SAID, S.; PIETRO, R. **Enzimas como agentes biotecnológicos**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 2004.

SANGEETHA, P. T.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. **Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides**. Trends in Food Science & Technology, v. 16, p. 442-457, 2005.

SATO, V. S.; JORGE, J. A.; GUIMARAES, L. H. S. **Characterization of a thermotolerant phytase produced by Rhizopus microsporus var. microsporus biofilm on an inert support using sugarcane bagasse as carbon source**. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 174, p. 610-624, 2016.

SAUER, K.; CAMPER, A. K.; EHLICH, G. D.; COSTERTON, J. W.; DAVIES, D. G. **Pseudomonas aeruginosa displays multiple phenotypes during development as a biofilm**. Journal of Bacteriology, v. 184, n. 4, p. 1140-1154, 2002

SILVA, R. R.; COELHO, G. D. **Fungos: principais grupos e aplicações biotecnológicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.

SILVA, C. J. A.; MALTA, D. J. N. **A importância dos fungos na biotecnologia.** Caderno da graduação: Ciências biológicas e da saúde, v. 2, n. 3, p. 49-66, 2016.

SIMÕES, M.; SIMÕES, L. C.; VIEIRA, M. J. **A review of current and emergent biofilm control strategies**. LWT - Food Science and Technology, Zurich, v. 43, n. 4, p. 573-583, 2010.

SIMÕES, M. L. G.; TAUK-TORNISIELO, S. M. **Comparação da técnica tradicional e do método turbidimétrico automatizado no cultivo em diferentes fontes de carbono de fungos filamentosos isolados de solo de área de caatinga**. Holos Environment, v. 5, n. 2, p. 94-103, 2005.

SONIA; ROHILLA, A. K.; SINDHU, A.; AGRAWAL, S. **Exploration of biocatalytic potential of bacterial isolates from the soils of Uttarakhand.** Annals of Agri Bio Research, v. 19, n. 3, p. 391-398, 2014.

VILLENA, G. K.; GUTIERREZ-CORREA, M. **Production of cellulase by Aspergillus niger biofilms developed on polyester cloth.** Letters in Applied Microbiology, v. 43, n. 3, p. 262-268, Sept. 2006.

VILLENA, G. K.; GUTIERREZ-CORRE, A. M. **Morphological patterns of Aspergillus niger biofilms and pellets related to lignocellulolytic enzyme productivities.** Letters in Applied Microbiology, v. 45, p. 231-7, 2007.

VILLENA, G.; MORENO, P.; CORREA, M. G. **Cellulase production by fungal biofilms on polyester cloth.** Agro Food Industry Hi-Tech, v. 12, n. 1, p. 32-35, Jan./Feb. 2001.

WANG, Y.; MENG, F.; ZHANG, Y. **Expression, purification and characterization of recombinant protein tyrosine phosphatase from Thermus thermophilus HB27.** Acta Biochimica Et Biophysica Sinica, v. 41, n. 8, p. 689-698, 2009.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

CADEIA PRODUTIVA DA TILÁPIA NO BRASIL: DO CAMPO À MESA E GERAÇÃO DE COPRODUTOS

TILAPIA PRODUCTION CHAIN IN BRAZIL: FROM FIELD TO TABLE AND CO-PRODUCT GENERATION

BUENO, Monica Priscila Neis[1]*; REZENDE-DE-SOUZA, Jonatã Henrique2*; SAVAY-DA-SILVA, Luciana Kimie3

[1]Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Piscicultura e Processamento de Pescado, Núcleo de Estudos em Pescado (NEPES), Universidade Federal de Mato Grosso; [2]Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas; [3]Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Mato Grosso. *Autoria principal. Contato: jonatarezendesouza@gmail.com

RESUMO

A demanda mundial por pescado vem crescendo nas últimas décadas, e a tilápia do Nilo é uma das espécies mais produzidas no Brasil e no mundo, devido à sua facilidade de manejo e qualidade nutricional e sensorial. Sendo assim, objetivou-se realizar um levantamento bibliográfico de estudos relacionados à cadeia produtiva da tilápia no Brasil. O levantamento de dados ocorreu nas bibliotecas digitais Scielo e Google Acadêmico, além das consultas de documentos brasileiros oficiais de produção. O teor proteico médio da tilápia é de 19% e seu rendimento médio de filé é 33%. Várias características impactam no rendimento de filé, como o método de fileta-gem, presença de pele, densidade de estocagem, linhagem do peixe, tamanho da cabeça e comprimento do corpo. Com os resíduos industriais, torna-se possível o desenvolvimento de coprodutos para alimentação humana (fishburger, nuggets, óleo de peixe, concentrados proteicos) e animal (ração), bem como para produção de biodiesel e fins medicinais. Conclui-se que com o aumento da demanda de produção e consumo de pescado, e em especial da tilápia, cresce também a necessidade de pesquisas que identifiquem as melhores práticas de utilização dos resíduos de processamento de filé para geração de novos produtos, e consequente aplicação industrial das mesmas, a fim de agregação de valor à matéria-prima inicial, bem como promover aumento de empregos no setor e diminuir a geração de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: Coproduto, filé, pescado, processamento, rendimento.

ABSTRACT

The world demand for fish has been growing in recent decades, and the Nile tilapia is one of the most produced species in Brazil and in the world, due to its ease of handling and nutritional and sensory quality. Thus, the objective was to carry out a bibliographical survey of studies related to the tilapia production chain in Brazil. Data collection took place in the digital libraries Scielo and Google Academic, in addition to consultations of official Brazilian production documents. Tilapia's average protein content is 19% and its average fillet yield is 33%. Several characteristics impact fillet yield, such as filleting method, presence of skin, stocking density, fish strain, head size and body length. With industrial waste, it is possible to develop co-products for human food (fishburgers, nuggets, fish oil, protein concentrate) and animal (feed), as well as for the production of biodiesel and

medicinal purposes. It is concluded that with the increase in the demand for production and consumption of fish, and especially of tilapia, there is also a growing need for research to identify the best practices for using fillet processing residues to generate new products, and consequent application in order to add value to the initial raw material, as well as to promote an increase in jobs in the sector and reduce the generation of organic waste.

Keywords: Cco-product, fillet, fish, processing, yield.

INTRODUÇÃO

A demanda mundial por pescado tem sofrido um significativo incremento nas últimas décadas, principalmente em função do crescimento populacional e da busca por alimentos mais saudáveis, por parte dos consumidores. Atualmente, a aquicultura desponta como a alternativa mais viável para a oferta de pescado nos próximos anos. Além disso, o pescado está entre as quatro maiores fontes de fornecimento de proteína animal para o consumo humano, apresentando um consumo *per capita* mundial de 20,5 kg em 2018, e é estimado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2020) que, em 2030, o consumo de pescado seja de 18% maior do que o atual.

Dentre as espécies utilizadas no consumo humano, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se como a espécie de peixe mais produzida no Brasil, o qual se apresenta como o 4º maior produtor mundial desta espécie (FAO, 2020; Peixe BR, 2021), com uma produção total de pouco mais de 486 mil toneladas em 2020, representando crescimento de 12,5% ao ano (Peixe BR, 2021). Ademais, já existe um pacote tecnológico desenvolvido e em prática para essa espécie, incluindo questões de melhoramento genético, desenvolvimento de rações específicas e até mesmo equipamentos automatizados para seu processamento na indústria, que ainda é focada na produção e comercialização de filés.

Desta forma, o entendimento dos fatores relacionados à produção e ao processamento dessa espécie torna-se interessante, além de poder garantir melhores resultados para a cadeia produtiva da tilápia do Nilo como um todo, principalmente no que se refere ao aproveitamento integral desta matéria-prima, garantindo agregação de valor aos produtos e coprodutos elaborados, assim como maior sustentabilidade na cadeia produtiva. Sendo assim, objetivou-se neste estudo, realizar um levantamento bibliográfico a respeito da cadeia produtiva da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil.

METODOLOGIA

Para desenvolvimento do estudo, foram pesquisados e compilados os dados relacionados à produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio de artigos científicos, trabalhos de conclusão de cursos superiores e de pós-graduações, livros e capítulos de livros, disponíveis nas bibliotecas digitais *Scielo* e Google Acadêmico. Os termos pesquisados foram relacionados a produção, perfil nutricional, comercialização, consumo, beneficiamento e re-

aproveitamento de resíduos da tilápia. Como critérios de inclusão, utilizou-se materiais bibliográficos em português e inglês, intrínsecos ao tema. As informações foram apresentadas, interpretadas, discutidas e uma conclusão foi obtida a respeito do assunto.

DESENVOLVIMENTO

Produção, comercialização e consumo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil

Nos últimos anos, a aquicultura vem se desenvolvendo muito rapidamente, em resposta à crescente demanda por pescado e derivados (FAO, 2020; Peixe BR, 2021), atingindo um nível de desenvolvimento muito além do que se poderia imaginar tempos atrás, quando a piscicultura começou a desenvolver-se. Em 2006, segundo o Relatório da Pesca e Aquicultura a Nível Mundial (FAO, 2018), haviam 472 espécies sendo produzidas e, dez anos depois, esse total se ampliou para 598 espécies, sendo 369 de peixes, 109 de moluscos, 64 de crustáceos e o restante se dividindo em anfíbios, invertebrados e algas aquáticas. Atualmente, a produção global aquícola, incluindo plantas aquáticas, é de 114,5 milhões de toneladas, sendo os peixes aquele grupo de maior produção, totalizando 54,3 milhões de toneladas (FAO, 2020). Com relação a produção mundial de peixes, a carpa é aquele de maior representação do setor, com 36% da produção total de peixes no mundo, o que equivale a quase 20 milhões de peixes. Em seguida, encontra-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com produção total de 4,8 milhões de toneladas, correspondendo a 8,3% da produção total de peixes no mundo (FAO, 2020).

Kubitza (2011) traz em sua obra, um histórico completo sobre a tilápia no Brasil. De forma geral, desde dois mil anos antes de Cristo, já foram registrados pelos egípcios, o cultivo de tilápias em tanques, para posterior consumo. No entanto, o crescimento da atividade intensificou-se somente no século XX. No Brasil, por sua vez, em 1971, por meio do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), foi implementado um programa oficial sobre produção de alevinos de tilápia nos reservatórios públicos da região Nordeste. A produção dessa espécie exótica firmou-se como atividade empresarial somente a partir da década de 1980, quando surgiram os empreendimentos pioneiros. Esses foram inicialmente limitados por vários tipos de restrições, como falta de pesquisas, conhecimento incipiente das técnicas de cultivo, inexistência de rações adequadas, baixa qualidade dos alevinos, dentre outras. Entretanto, o Estado do Paraná iniciou a organizar nacionalmente a atividade, inclusive com a implantação de frigoríficos especializados em beneficiamento de tilápias. Desta forma, esse Estado tornou-se rapidamente o maior produtor da espécie no Brasil. Com o avanço da industrialização de tilápia no Brasil, tornou-se possível então a melhoria da conservação dos peixes e apresentação dos mesmos ao consumidor. Ademais, com o passar dos anos, foram ocorrendo melhorias na fabricação das rações para resolver problemas nutricionais das tilápias, o que foi viabilizando a criação deste peixe em vários lugares. Ainda, técnicas de reversão sexual (masculinização) dos alevinos e de melhoramento genético foram utilizadas.

Os primeiros relatos de seleção em tilápia foram feitos pela *Asian Institute for Technology* (AIT), no final da década de 60, na Estação Experimental do Palácio Real de Chitralada, em Bangkok (Kubitza, 2011). A linhagem da tilápia nilótica resultante deste intenso processo de seleção, passou a ser conhecida como tilápia tailandesa ou Chitralada, e foi grandemente disseminada nos países tropicais, sendo uma das linhagens mais cultivadas no Brasil até hoje (Barroso et al., 2015). Outro programa de melhoramento que revolucionou a produção comercial de tilápia, foi realizado na década de 80, pelo *World Fish Center* (WFC) e parceiros de pesquisa das Filipinas e Noruega (Costa et al., 2009). Adaptando métodos de melhoramento genético aplicados com sucesso em salmonídeos, o programa utilizou a tilápia nilótica como espécie modelo da metodologia para os teleósteos tropicais (Lightfoot et al., 1993).

Atualmente são registradas 77 espécies de tilápias, sendo a maioria originária da África, no entanto, quatro conquistaram destaque na aquicultura mundial, sendo todas elas do gênero *Oreochromis*: tilápia do Nilo – *Oreochromis niloticus*; tilápia de Moçambique – *Oreochromis mossambicus*; tilápia azul ou áurea – *Oreochromis aureus*; e tilápia de Zanzibar – *Oreochromis urolepis hornorum*. A tilápia é uma espécie onívora que aceita com facilidade vários tipos de alimentos, responde com eficiência à ingestão de proteínas animais e vegetais, possui um curto ciclo de engorda, é dócil ao manejo em todas as fases de cultivo, apresenta boa rusticidade, é de fácil domínio da reprodução, desovam ao longo de todo o ano, além de produzirem filés de alta qualidade (Oliveira et al., 2008).

Percebe-se que a produção de tilápia vem apresentando um expressivo crescimento, com uma participação na piscicultura brasileira de 60,6% do total produzido em 2020, o equivalente a 486 mil toneladas de peixes (Peixe BR, 2021). O Paraná é, atualmente, o Estado brasileiro de maior produção de tilápia, com 166 mil toneladas, seguido por São Paulo e Minas Gerais, com 70,5 mil toneladas e 42,1 mil toneladas, respectivamente (Peixe BR, 2021). O aumento da produção se deve tanto aos incentivos à produção dos últimos anos, quanto à forte promoção do pescado com um programa de *marketing* para aumento de consumo interno, realizado nos primeiros anos do extinto Ministério da Pesca e Aquicultura. Incentivar esse aumento produtivo no Brasil é necessário para que seja possível atender a demanda do mercado interno.

Atualmente, a produção de tilápia no Brasil não é realizada apenas nos Estados do Amazonas, Rondônia e Roraima, devido às barreiras ambientais relacionadas à produção de espécie exótica na Floresta Amazônica. Entretanto, os Estados de Mato Grosso e Tocantins foram os mais recentes Estados amazônicos brasileiros que iniciaram a produção de tilápia do Nilo, com produção em 2020 de 4,5 mil toneladas e 80 toneladas, respectivamente (Peixe BR, 2021). Considerando o grande potencial desses dois estados quanto à oferta de grãos como matéria-prima, clima adequado e suficiência de recursos hídricos, espera-se que grandes investimentos em produção de tilápia sejam realizados em breve.

Conforme demonstrado na literatura (Vila Nova et al., 2005; Menezes, 2006; Goes et al., 2017), de forma geral, o teor médio de umidade de tilápia varia entre 72 a 78%, e esse é um peixe fonte de proteínas de alto valor biológico, no qual expressa teor proteico médio entre 16 a 19% da sua composição total. Outro fator positivo de carnes desses animais é o baixo teor lipídico, o que faz com que uma porção de 100 gramas de tilápia tenha em torno de 110 calorias. Ademais, a tilápia oferece, entre outros componentes, vitaminas B6 e B12, e minerais como cálcio, magnésio, fósforo, potássio e sódio, bem como o selênio, um importante mineral atuante nas defesas antioxidantes do corpo.

A comercialização de tilápias ocorre principalmente em filés frescos e peixes frescos inteiros ou eviscerados. O filé de tilápia é comercializado como mais uma opção para o consumidor que busca por alimentos de melhor conveniência, sendo considerado hoje, conforme Kubitza (2011), um dos produtos de pescado mais valorizados no mercado. Devido às características nutricionais e sensoriais, bem como pelo avanço das tecnologias aplicadas no manejo e demais setores produtivos de pescado, o consumo de peixes no Brasil, em 2019, foi de 10 kg *per capita*, e desse total, apenas 3% são representados por peixes cultivados (Peixe BR, 2020). Entretanto, o consumo de peixes de cultivo aumentou para 4% em 2020 (Peixe BR, 2021). A boa aceitação da tilápia se dá a fatores como versatilidade de preparo culinário, sabor neutro que garante boa aceitação de sabores oriundos de temperos e marinadas e tamanho de porções adequadas à refeição, por exemplo.

Rendimento em filé no processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Para a indústria, a qualidade da carcaça do pescado é fator imprescindível na definição dos processos de preparação do produto e dos tipos de cortes. O peso do animal vivo é um fator relevante ao rendimento do filé, e a relação do peso corporal e o rendimento do filé em tilápias do Nilo foram estudados em diversos trabalhos. Souza et al. (1999), avaliaram o efeito dos métodos de filetagem em tilápia do Nilo, como retirada da pele com alicate e posterior filetagem, e filetagem com posterior retirada da pele com faca e auxílio de alicate, e encontraram rendimento de 36,7% e 32,9%, respectivamente. Além disso, esses autores também avaliaram em seu estudo, a influência dos pesos vivos dos animais, categorizados nas faixas de 250 a 300 g, 301 a 350 g, 351 a 400 g e 401 a 450 g, em relação ao rendimento de filés. Sobre isso, peixes com 250 a 300 g e 301 a 350 expressaram os melhores rendimentos, com 36,4% e 37,3%, respectivamente.

Silva et al. (2016), realizaram trabalho cujo objetivo foi determinar a melhor faixa de peso e características morfométricas que favorecem o rendimento do filé de tilápia em escala industrial. Para isso, utilizaram três classes de faixas de peso, sendo elas de 350 a 550 g, 551 a 750 g e 751 a 1.000 g, e encontraram valores de rendimentos dos filés de 27,0%, 28,6% e 28,4%, respectivamente. Savay-da-Silva (2009), ao avaliar a relação dos pesos vivos dos animais de 250 a 300 g, 350 a 400 g, 450 a 500 g, 550 a 600 g com o rendimento de filé de tilá-

pias, encontrou rendimento variando de 33,2 a 35,4%. Souza e Maranhão (2001), por sua vez, analisaram o rendimento de filé de tilápia do Nilo em duas categorias de peso vivo, sendo elas de 300 a 400 g e 401 a 500 g, as quais expressaram rendimento médio de filé de 36,5 e 36,8%, respectivamente. Entretanto, nos três estudos relatados, não houveram diferenciação estatística do rendimento de filé em relação a classe de peso dos animais vivos.

Verifica-se então que, analisando isoladamente o peso dos animais vivos, essa variável não é fator impactante no rendimento de filés de tilápia, e que os valores variam entre os estudos citados. Essa oscilação dos valores de rendimento sofre influência não somente do peso dos animais vivos, mas também de fatores como eficiência das máquinas filetadoras e/ou destreza manual do operário e características intrínsecas à matéria-prima, forma anatômica do corpo, tamanho da cabeça e peso dos resíduos (vísceras, pele e nadadeiras). Entretanto, para melhoria do rendimento, podem ser aplicadas técnicas de manejo dos animais, bem como boas práticas durante o beneficiamento dos peixes.

Souza et al. (1998), analisaram a influência da densidade de estocagem no rendimento de filé, e constataram que a menor densidade (3 peixes/m3) proporcionou um rendimento de 37,1%, enquanto que a maior densidade (9 peixes/m3) expressou rendimento de 31,7%. Na densidade de 3 peixes/m3, os peixes pesaram aproximadamente 530 g, enquanto na densidade de 9 peixes/m3, tiveram peso corporal final de 395 g. Para Souza et al. (1999), a retirada da pele com o auxílio de alicate melhora o rendimento de filé (36,6%) comparado à filetagem seguida da remoção da pele com auxílio de uma faca (32,89%).

Com base nesses resultados, observa-se que não há como determinar um rendimento fixo de filé, mas, seu rendimento médio padrão é de 33%. Entretanto, além desses fatores, o tipo de apresentação do filé ao consumidor final, também impacta em seu rendimento. Por fim, reafirma-se que para haver maior assertividade na apuração do rendimento de filé de tilápia, devem ser consideradas a qualidade da matéria-prima e a eficiência no processamento. Com a medição desses fatores, ficam claros os pontos a serem melhorados, pois eles indicarão o custo do filé e consequentemente, torna-se possível adotar um sistema de gestão que permita melhorar sua eficiência industrial.

Coprodutos da tilápia

Devido ao filé de tilápia ser o subproduto dessa espécie com maior taxa de comercialização, torna-se necessário que os frigoríficos responsáveis pelo processamento da tilápia estejam preparados e atentos à cadeia industrial de processamento da espécie, a fim de promover um melhor aproveitamento durante a etapa de filetagem. Dentre os resíduos gerados pela obtenção do filé, têm-se a cabeça, vísceras, nadadeiras, pele, coluna vertebral e aparas de filetagem, os quais somam aproximadamente 67% do peso total do animal após o abate.

A utilização desses produtos na alimentação humana é utilizada principalmente por meio da obtenção da Carne Mecanicamente Separada (CMS). De acordo com Oetterer et al.

(2006), a CMS de pescado, *minced fish* ou pasta de pescado, como também é conhecida, se constitui na fração comestível do pescado, obtida pela passagem do peixe eviscerado e descabeçado, por uma máquina separadora de carne e ossos, sendo posteriormente formatada em bloco e congelada. Kirschnik e Macedo-Viegas (2009) e Kirschnik et al. (2013), utilizaram resíduos de tilápia para obtenção de CMS, e encontraram valores proteicos de 15,1 e 14,1%, e teores lipídicos de 2,9 e 6,3%, respectivamente. Os rendimentos de extração de CMS dos resíduos foram de 57,7% para estudo de Kirschnik et al. (2013) e 78,6% para estudo de Kirschnik e Macedo-Viegas (2009).

A partir da obtenção da CMS, torna-se possível o uso da proteína como *food ingredient*, servindo de base na elaboração de diversos análogos de carnes. Oliveira Filho et al. (2012) desenvolveram salsicha a base de CMS de tilápia, e encontraram teores de 17,7% para proteína e de 3,6% para lipídios, e sensorialmente, houve aceitação moderada do produto. Cortez Netto et al. (2014), por sua vez, desenvolveram *snacks* contendo 20, 30 e 40% de CMS de tilápia, e encontraram teores proteicos variando de 3,2 a 4,4%, e frações lipídicas entre 1,4 a 3,0%. Ademais, Cortez Netto et al. (2020), em estudo complementar, utilizaram teste de aceitação de compra dos *snacks*, e observaram aceitação moderada dos produtos finais. Outros trabalhos utilizando CMS de tilápia no desenvolvimento de novos produtos também podem ser citados, como é o caso da elaboração de farinha (Godoy et al., 2010; Petenuci et al., 2010; Stevanato et al., 2007), caldos e sopas (Godoy et al., 2010; Stevanato et al., 2007), biscoitos (Goes et al., 2017), dentre outros alimentos convenientes.

Entretanto, conforme Fogaça et al. (2015) e Rezende-de-Souza et al. (2020), devido à composição química da CMS, como presença de enzimas proteolíticas e lipolíticas endógenas, além de proteínas sarcoplasmáticas como a mioglobina, pigmento natural de carnes, pode ser realizada a lavagem e posterior prensagem da CMS, a fim de solubilização e eliminação desses compostos, o que resulta em um produto chamado de *surimi*, o qual apresenta cor clara, sabor neutro e maior vida útil em relação à CMS. Com o surimi, é possível desenvolver os mesmos produtos à base de CMS, mas com a justificativa de ser um ingrediente de sabor mais neutro, como o hambúrguer (Fogaça et al., 2015). Além disso, torna-se possível o desenvolvimento de produtos de coloração clara, como nuggets (Melo et al., 2019), por exemplo.

Além da CMS, do surimi e de seus respectivos derivados, outros coprodutos podem ser gerados a partir dos resíduos de tilápia. Carvalho et al. (2018), extraíram a partir de cabeças, carcaças e vísceras de tilápia, 9,23, 6,12 e 34,70% de óleo, respectivamente. Os pesquisadores recomendam a aplicação do óleo de tilápia em enriquecimento de ração animal e, com o óleo de melhor rendimento, oriundo das vísceras, foi produzido biodiesel, o qual expressou rendimento de processo de 56% com base no óleo bruto e 72% no óleo refinado. Também é possível o desenvolvimento de gelatinas por meio do reaproveitamento de peles de tilápia.

Bordignon et al. (2012), extraíram gelatinas líquidas de pele de tilápia congelada e sal-

gada, as quais expressaram teor proteico de 3,18 e 4,12%, respectivamente. Monteiro et al. (2019), por sua vez, aplicaram em tomates verdes, uma cobertura contendo 5% de gelatina de tilápia na formulação, e constataram que essa cobertura foi eficiente na barreira contra liberação de etileno e consequentemente diminuição da taxa de amadurecimento do fruto, aumentando então a vida útil do mesmo. Melo et al. (2019), entretanto, aplicaram 0, 2, 4 e 6% de gelatina de tilápia em *nuggets* de resíduos de tilápia, e encontraram teores proteicos de 19,5%, 20,4%, 21,1% e 22,1%, comprovando eficiência significativa no aumento nutricional por meio do enriquecimento com gelatina de tilápia.

Outra possível alternativa do reaproveitamento de resíduos da tilápia é na utilização da pele desses animais como curativo biológico oclusivo no tratamento de queimaduras, também chamado de xenoenxerto. Conforme relatado por Lima-Junior et al. (2017), essa prática é possível pois, as peles, após tratamento prévio com soro fisiológico e demais soluções químicas, aderem no leito das feridas, aumentando a velocidade de cicatrização das mesmas. Miranda e Brandt (2019) observaram eficácia do uso de peles de tilápia em queimaduras de 2º grau em adultos. As peles de tilápia também podem ser utilizadas no setor de moda e vestuário. Franco et al. (2013) curtiram pele de tilápia e recomendam que o seu respectivo couro, devido a sua espessura e consequente resistência, possui potencial de uso apenas em vestimentas (roupa interior, casados, calçados, adereços), e não em vestuários (roupas de forma geral). Entretanto, em estudo complementar, Franco et al. (2015) verificaram que quando aplicado técnicas adequadas de curtimento, torna-se possível a utilização de couro de tilápia também em vestuários, pois algumas técnicas influenciam na resistência e qualidade final do couro.

Além disso, é possível o desenvolvimento de produtos como silagem e hidrolisado proteico de resíduos de tilápia. Oliveira et al. (2006), desenvolveram silagem do corpo dorsal de tilápias, por meio de hidrólise ácida. O produto final, após 30 dias de produção, expressou teor proteico de 48,3%, e teor lipídico de 19,2%, e com boas características físico-químicas e microbiológicas, indicando então sua utilização no enriquecimento nutricional da alimentação de animais. Ferreira et al. (2020), por sua vez, desenvolveram hidrolisados proteicos de tilápia, a fim de concentrar ainda mais as proteínas dos resíduos do processamento dessa espécie. O rendimento do processo foi próximo a 100% e, em relação ao animal inteiro, o rendimento foi próximo a 30%. Os teores proteicos totais variaram entre 41,6 a 52,1%, e os hidrolisados expressaram perfil de aminoácidos adequados para aplicação na alimentação animal. Entretanto, os hidrolisados também podem ser aplicados na alimentação humana. Veit et al. (2012), incluíram 8% de hidrolisado proteico de tilápia em empanados de peixe, o qual apresentou características similares ou superiores à formulação controle para o perfil nutricional, microbiológico e sensorial.

O desenvolvimento de novos produtos é uma atividade alternativa para as indústrias, e constitui um desafio importante, tanto do ponto de vista científico, bem como de sua aplica-

ção, devido à proposta de um melhor aproveitamento das tecnologias aplicadas e adaptação de novas tecnologias, bem como devido ao uso de matérias-primas pouco exploradas ou desconhecidas. Percebe-se então uma oportunidade de negócio para as indústrias processadoras de tilápia que utilizam seus resíduos para geração de subprodutos e coprodutos pesqueiros. De forma geral, esses coprodutos são, em maioria, desenvolvidos apenas para fins científicos, tornando-se necessário que indústrias de beneficiamento de tilápia utilizem do reaproveitamento de resíduos para que além do aumento dos recursos financeiros, essa prática contribua com a geração de novos empregos, bem como diminua a geração de resíduos orgânicos que impactam negativamente ao meio ambiente, quando não tratados de forma adequada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tilápia expressa desempenhos de produção e manejo satisfatórios, além de bom rendimento de filé. Ademais, possui boas características nutricionais e sensoriais, o que faz com que sua produção e consumo seja, atualmente, a de maior representação no Brasil. Diversas técnicas podem ser aplicadas para melhoria do rendimento do processamento de filé, entretanto, ainda é necessário que as indústrias processadoras de pescado apliquem técnicas de reutilização dos resíduos orgânicos gerados para obtenção de novos produtos, a fim de agregação de valor à matéria-prima inicial, bem como promover aumento de empregos no setor e diminuir a geração de resíduos orgânicos.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

REFERÊNCIAS

BARROSO, R. M.; TENÓRIO, R. A.; FILHO, M. X.; WWBBER, D. C.; BELCHIOR, L. S.; TAHIM, E. F.; CARMO, F. J..; MUEHLMANN, L. D. **Gerenciamento genético da tilápia nos cultivos comerciais.** EMBRAPA, 2015, 64p.

BORDIGNON, A. C.; FRANCO, M. L. R. S.; GASPARRINO, E.; YAJIMA, E. M.; VESCO, A. P. D.; VISENTAINER, J. V.; MIKCHA, J. M. G. Aproveitamento de peles de tilápia-do-nilo congeladas e salgadas para extração de gelatina em processo batelada. **R. Bras. Zootec.**, v. 41, n. 3, p. 473-478, 2012

CARVALHO, G. C.; LEAL, R, S.; MATTOS, B. O.; TRISTÃO, T. S.; MACEDO, J. P.; PIMENTA, M. E. S. G. Óleo de resíduos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para produção de biodiesel. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 615-637, 2018.

CORTEZ NETTO, J. P. C.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; LAPA-GUIMARÃES, J.; VIEGAS, E. M. M. Physicochemical and sensory characteristics of snack made with minced Nile tilapia. **Food Sci. Technol.**, v. 34, n. 3, p. 591-596, 2014.

CORTEZ NETTO, J. P. C.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; LAPA-GUIMARÃES, J.; VIEGAS, E. M. M. Stability of snacks made with minced Nile tilapia stored at room temperature. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 51, n. 1, p. 1-7, 2020.

COSTA, A. C.; REIS NETO, R. V.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; LAGO, A. A.; SANTOS, V. B. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através de modelos não lineares. **Arch. Zootec.**, v. 58, p. 561-564, 2009.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura:** cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma, 2018, 250p.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura:** la sostenibilidad en acción. Roma, 2020, 223p.

FERREIRA, H. K.; SIGNOR, F. R. P.; FIGUEIREDO, E. S.; SIGNOR, A.; REIDEL, A.; SIGNOR, A. A. Hidrolisados proteicos de resíduos da indústria de processamento de tilápia: caracterização centesimal, microbiológica e aminoácidos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 59516-59527, 2020.

FOGAÇA, F. H. S.; OTANI, F. S.; PORTELLA, C. G.; SANTOS-FILHO, L. G. A.; SANT'ANA, L. S. Caracterização de surimi obtido a partir da carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo e elaboração de fishburger. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 765-776, 2015.

FRANCO, M. L. R. S.; FRANCO, N. P.; GASPARINO, E.; DORADO, D. M.; PRADO, M.; VESCO, A. P. D. Comparação das peles de tilápia do nilo, pacu e tambaqui: histologia, composição e resistência**. Arch. Zootec.**, v. 62, n. 237, p. 21-32. 2013.

FRANCO, M. L. R. S.; VIEGAS, E. M. M.; KRONKA, S. N.; GASPARINO, E.; PONTARA, L. P.; VESCO, A. P. D. Qualidade de resistência de couro de tilápia do Nilo em função da técnica de curtimento**. Acta Tecnológica**, v. 10, n. 1, p. 24-31. 2015.

GODOY, L. C.; FRANCO, M. L. R. S.; FRANCO, N. P.; SILVA, A. F.; ASSIS, M. F.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Análise sensorial de caldos e canjas elaborados com farinha de carcaças de peixe defumadas: aplicação na merenda escolar. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 30, p. 86-89, 2010.

GOES, E. S. R.; FEIDEN, A.; VEIT, J. C.; FINKLER, J. K.; GOES, M. D.; BOSCOLO, W. R. Elaboração de biscoito tipo *cookies* com inclusão de peixe. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 245-253, 2017.

KIRSCHNIK, P. G.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Efeito da lavagem e da adição de aditivos sobre a estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante estocagem a -18 °C. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 29, n. 1, p. 200-206, 2009.

KIRSCHNIK, P. G.; TRINDADE, M. A.; GOMIDE, C. A.; MORO, M. E. G.; VIEGAS, E. M. M. Estabilidade em armazenamento da carne de tilápia-do-nilo mecanicamente separada, lavada, adicionada de conservantes e congelada. **Pesq. agropec. bras.**, v. 48, n. 8, p. 935-942, 2013.

KUBITZA, F. **O status atual e as tendências da tilapicultura no Brasil**. Panorama da Aquicultura, 2011, 19p.

LIGHTFOOT, C.; BIMBAO, M. A. P.; DASLGAAD, J. P. T.; PULLIN, R. S. V. Aquaculture and Sustainability through Integrated Resources Management. **ICLARM Contribuition**, n. 948, p. 143-150, 1993.

LIMA-JUNIOR, E. M.; PICOLLO, N. S.; MIRANDA, M. J. B.; RIBEIRO, W. L. C.; ALVES, A. P. N. N.; FERREIRA, G. E.; PARENTE, E. A.; MORAES-FILHO, M. O. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. **Rev. Bras. Queimaduras,** v. 16, n. 1, p. 10-17, 2017.

MELO, R. P. F.; FONSECA, S. B.; SILVA, R. E. S.; MEIRELES, B. R. L. A. **Obtenção de gelatina e CMS de tilápia e seu efeito combinado na qualidade de *nuggets*.** In: VIEIRA, V. B.; PIOVESAN, N. (Org.). Avanços e Desafios da Nutrição 4. Atena Editora, 2019. p. 149-160.

MIRANDA, M. J. B.; BRANDT, C. T. Xenoenxerto (pele da Tilápia do Nilo) e hidrofibra com prata no tratamento das queimaduras de II grau em adultos. **Rev. Bras. Cir. Plást.**, v. 34, n. 1, p. 79-85, 2019.

MONTEIRO, L. B.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M. Aplicação de cobertura a base de gelatina de tilápia na conservação de tomates. **Ciência e Tecnologia**, p. 1-10, 2019.

VILA NOVA, C. M. V. M.; GODOY, H. T.; ALDRIGUE, M. L. Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídios totais de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pargo (Lutjanus purpureus). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 3, p. 430-436, 2005.

OETTERER, M.; REGITANO-DARCEM. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Editora Manoele. 2006. 632p.

OLIVEIRA, M. M.; PIMENTA, M. E. S. G.; CAMARGO, A. C. S.; FIORINI, J. E.; PIMENTA, C. J. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico – análise bromatológica, físico-química e microbiológica. **Ciênc. agrotec.**, v. 30, n. 6, p. 1218-1223, 2006.

OLIVEIRA, N. M. S.; OLIVEIRA, W. R. M.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, J. M. S. F.; VICENTE, E.; FIORINI, J. E.; BRESSAN, M. C. Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à sanitização. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n.1, p. 83-89, 2008.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; VIEGAS, E. M. M.; KAMIMURA, E. S.; TRINDADE, M. A. Evaluation of physicochemical and sensory properties of sausages made with washed and unwashed mince from Nile tilapia by-products. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 21, n. 3, p. 222-237, 2012.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura 2020**. Associação Brasileira de Piscicultura, 2020, 136p.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura 2021**. Associação Brasileira de Piscicultura, 2021, 71p.

PETENUCI, M. E.; STEVANATO, F. B.; MORAIS, D. R.; SANTOS, L. P.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilápia. **Ciênc. agrotec.**, v. 34, n. 5, p. 1279-1284, 2010.

REZENDE-DE-SOUZA, J. H.; SOUZA, C. O. S. S.; HOSHIBA, M. A.; ABREU, J. S.; SAVAY-DA-SILVA, L. K. Influência colorimétrica em surimis de tambaqui submetidos a diferentes crioprotetores. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 23264-23277, 2020.

SAVAY-DA-SILVA, L. K. **Desenvolvimento do produto de conveniência**: tilápia (*Oreochromis niloticus*) refrigerada minimamente processada embalada a vácuo – padronização para rastreabilidade. 332 f. Dissertação de Mestrado (Ciências). Universidade de São Paulo, 2009.

SILVA, L. M.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; ABREU, J. G.; FIGUEIREDO, E. E. S. Determinação de índices morfométricos que favorecem o rendimento industrial de filés de tilápia. **Bol. Inst. Pesca**, v. 42, n. 1, p. 252-257, 2016.

SIMÕES, M. R.; RIBEIRO, C. F. A.; RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.,** v. 27, n. 3, p. 608-613, 2007.

SOUZA, M. L. R.; MARANHÃO, T. C. F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E.; KRONKA, S. N. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça, filé e pele da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. Zootec.**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 1999.

SOUZA, M. L. R.; CASTAGNOLLI, N.; KRONKA, S. N. Influência das densidades de estocagem e sistemas de aeração sobre o peso e características de carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757). **Acta Scientiarum,** v. 20, n. 3, p. 387-393, 1998.

STEVANATO, F. B.; PETENUCCI, M. E.; MATSUSHITA, M.; MESOMO, M. C.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. E. L.; ALMEIDA, V. V.; VISENTAINER, J. V. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 3, p. 567-571, 2007.

VEIT, J. C.; MALUF, M. L. F.; SIMÕES, M. R.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. Inclusão de hidrolisados proteicos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em empanados de peixe. **Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR**, v. 16, n. 2, p. 85-92, 2012.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

COMPOSTOS BIOATIVOS E OS SEUS BENEFÍCIOS NO MANEJO DA COVID-19

BIOACTIVE COMPOUNDS AND THEIR BENEFITS IN THE MANAGEMENT OF COVID-19

DIAS DE FARIAS, Éllen Roberta; FINKLER, Leandro; LAMENHA LUNA FINKLER, Christine*

Nutrição/Universidade Federal de Pernambuco. *Contato: chrislluna@yahoo.com.br

RESUMO

A pandemia do novo coronavírus resultou em um alto número de mortes e hospitalizações e causou um impacto global na saúde humana, na sociedade e nos sistemas de saúde. Até o presente momento, ainda não foi encontrado nenhum medicamento eficaz para a profilaxia ou tratamento da doença. Neste contexto, o uso de compostos bioativos na dieta surge como um suposto adjuvante nutricional ou terapêutico no manejo da COVID-19, visto que pode exercer efeitos sobre as funções imunológicas através de mecanismos de ativação celular e produção de moléculas sinalizadoras. O presente estudo tem por objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, analisar tais suposições e destacar dados científicos sobre alguns dos mais importantes compostos bioativos que apresentam efeitos antioxidantes, antivirais, anti-inflamatórios e imunomoduladores, e pretende contribuir para a ampliação do conhecimento sobre os principais aspectos estudados até o momento.

Palavras-chave: SARS-CoV-2, nutrição, compostos bioativos, probióticos, sistema imune.

ABSTRACT

The new coronavirus pandemic has resulted in a high number of deaths and hospitalizations and caused a global impact on human health, society and healthcare systems. To date, no effective drug for the prophylaxis or treatment of the disease has been found. In this context, the use of bioactive compounds in the diet appears as a supposed nutritional or therapeutic adjuvant in the management of COVID-19, as they can exert effects on immune functions through mechanisms of cell activation and production of signaling molecules. The present study aims, from a literature review, to analyze such assumptions and highlight scientific data on some of the most important bioactive compounds that have antioxidant, antiviral, anti-inflammatory and immunomodulatory effects, and aims to contribute to the expansion of knowledge about the main aspects studied to date.

Keywords: SARS-CoV-2, nutrition, bioactive compounds, probiotics, immune system.

INTRODUÇÃO

O primeiro relato de COVID-19 (do inglês *coronavirus disease*), infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, foi em 1 de dezembro de 2019, em Wuhan, China. Um alerta epidemiológico foi emitido em 31 de dezembro do mesmo ano pela autoridade de saúde local e rapidamente a doença foi disseminada para outros países do mundo. Em 30 de janeiro de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou um relatório de saúde pública e relatou que havia uma emergência de preocupação internacional (Wu et al., 2020). Posteriormente, a OMS declarou o surto de COVID-19 como uma pandemia. De acordo com o relatório da OMS, até 9 de julho de 2021 foram confirmados 185.291.530 casos de COVID-19 em todo o mundo, com 4.010.834 mortes. No Brasil, já são 18.909.037 de casos confirmados, com 528.540 mortes (OMS, 2021).

Apesar da implementação de medidas de saúde pública em diversos países, tais como uso de máscaras, distanciamento social e *lockdowns*, milhares de pacientes com casos graves têm morrido todos os dias devido à falta de medicamentos antivirais específicos e à pressão do tratamento clínico (Jin et al., 2020a). Atualmente, nenhum medicamento específico está disponível para o tratamento da COVID-19 (Li et al., 2020).

Compostos bioativos tem sido relatados como moduladores de processos metabólicos, apresentando efeito antioxidante, inibição das atividades de receptores e inibição ou indução de enzimas da expressão gênica (Santos et al., 2019). Vários estudos *in vitro* sobre compostos bioativos tem mostrado resultados positivos na melhora das funções imunológicas, tais como propriedades imunomoduladoras, incluindo a imunidade mediada por células, expressão molecular de antígenos leucocitários humanos (HLA), aumento da produção de anticorpos e mobilidade de macrófagos (Boon et al., 2002).

Considerando que a pandemia leva a uma situação de emergência extrema, e na ausência de medicamentos específicos para a doença, é urgente a necessidade de encontrar abordagens alternativas para prevenir e controlar a propagação do vírus, assim como a busca por novas moléculas e combinações de terapias que podem ser úteis no tratamento de COVID-19. Intervenções nutricionais baseadas em compostos bioativos tem sido estudadas para outras infecções virais e podem fornecer uma abordagem alternativa para combater a COVID-19. Neste contexto, o objetivo desse artigo é realizar uma revisão narrativa sobre os potenciais compostos bioativos com propriedades antivirais para SARS-CoV-2 e que são capazes de melhorar a resposta imune do indivíduo.

METODOLOGIA

Esta pesquisa é uma revisão narrativa de natureza qualitativa, e visa descrever o potencial uso de compostos bioativos para conter infecções relacionadas a COVID-19 a partir de suas propriedades antivirais e de melhoria do sistema imune. De acordo com Vosgerau e

Romanowsk (2014), uma revisão narrativa é constituída por uma análise ampla da literatura, sem estabelecer uma metodologia rigorosa e replicável a nível de reprodução de dados. Esse tipo de revisão é importante para a atualização do conhecimento sobre uma temática específica, evidenciando temas que têm recebido maior ou menor ênfase na literatura selecionada.

O estudo é do tipo documental, e o objeto de estudo é a análise de artigos de revisão e de pesquisa usando as bases de dados eletrônicos *ScienceDirect*, *PubMed* e *Scopus* publicados de 2020 a 2021. O termo de pesquisa foi "COVID-19" combinado com o termo "bioactive compounds", usando os indicadores booleanos "and" e "or", sem limitação de idioma. Os resultados da pesquisa foram coletados no programa *Mendeley* e as duplicatas foram removidas usando procedimentos automáticos e manuais. O procedimento de pesquisa foi realizado até 11 de julho de 2021.

DESENVOLVIMENTO

A busca inicial nas bases de dados resultou em um total de 1.200 artigos, sendo 821 artigos da base de dados *ScienceDirect* (198 artigos de 2020 e 623 artigos de 2021), 269 artigos da base de dados *PubMed* (117 artigos de 2020 e 152 artigos de 2021) e 110 artigos do *Scopus* (38 artigos de 2020 e 72 artigos de 2021). A partir destas publicações, foram utilizados critérios de inclusão relativos a estudos experimentais, estudos *in silico* e revisões que abordavam o potencial de uso de compostos bioativos no manejo da COVID-19, e que tivessem os termos "COVID-19" e "bioactive compounds" no título, resumo e palavras-chave, sendo então selecionados 265 artigos (59 da *ScienceDirect*, 113 do *PubMed* e 93 do *Scopus*).

De modo a organizar o resultado do levantamento dos artigos, estes foram agrupados em categorias que especificam os principais compostos bioativos que estão sendo avaliados no manejo da COVID-19.

Peptídeos

Sabe que o SARS-CoV codifica uma série de proteínas estruturais que facilitam a entrada do vírus na célula, e a proteína *spike* S é a maior do grupo de quatro proteínas estruturais (incluindo proteínas M, E e N) que desempenha esse papel. Esta proteína se liga à enzima conversora de angiotensina 2 (ECA2) para iniciar a entrada celular (Pillay, 2020). Muitos nutrientes contêm peptídeos bioativos que são inibidores da ECA (Fan et al., 2019), e o iogurte tem sido o produto lácteo mais amplamente estudado. Gouda et al. (2021) revisaram as propriedades do iogurte que podem alterar beneficamente a patogênese e a expressão da COVID-19, e verificaram que a atividade e a potência desses peptídeos variam dependendo de sua sequência de aminoácidos, dos prebióticos usados na fermentação do produto e do seu efeito na digestão intestinal. Os autores sugerem a realização de estudos epidemiológicos para avaliar o papel do consumo de iogurte na gravidade da COVID-19 e de estudos clínicos randomizados que avaliem o efeito de uma dieta enriquecida com iogurte em pacientes hospitalizados com COVID-19.

Probióticos

A administração de probióticos para fortalecer o sistema imunológico foi recomendada num guia publicado por pesquisadores chineses (Jin et al., 2020b). Além de seu papel na produção de peptídeos bioativos durante a fermentação, o consumo de probióticos tem sido relatado como benéfico à saúde humana considerando a sua capacidade de regular a microbiota intestinal e modular o sistema imunológico (Dargahi et al., 2019).

Pesquisas têm demonstrado que a disbiose de bactérias benéficas e o crescimento de patógenos oportunistas estão relacionados com a gravidade da COVID-19 (Tang et al., 2020; Baud et al., 2020). De acordo com Olaimat et al. (2020), os probióticos podem ajudar a prevenir e tratar a COVID-19, preservando o trato gastrointestinal e a microbiota pulmonar desde que a disbiose desempenha um papel importante na suscetibilidade a infecções. Os autores propõem o emprego de alimentos fermentados como fontes dietéticas de probióticos para prevenir ou aliviar a infecção por SARS-CoV-2.

Os efeitos do SARS-CoV-2 na microbiota intestinal devem ser investigados com mais detalhes, e vários ensaios utilizando probióticos para tratar ou prevenir COVID-19 estão atualmente em andamento (Infusino et al., 2020).

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos têm sido relatados como inibidores de proteases virais devido à sua afinidade pelas proteínas por meio de ligações de hidrogênio. Além disso, existem evidências de atuarem como inibidores do acoplamento do SARS-CoV-2 por se ligarem à proteína *spike* S, embora estudos pré-clínicos e clínicos sejam necessários para confirmar essas evidências (Paraiso et al., 2020).

Compostos fenólicos como curcumina, quercetina e resveratrol, além daqueles presentes na própolis, alho e chá verde, tem sido identificados como substâncias potenciais no combate à infecção por COVID-19.

A curcumina pode ser encontrada na cúrcuma (ou açafrão da terra) e no curry. É uma substância amplamente estudada na pesquisa médica e científica por causa de suas propriedades anti-inflamatória, antioxidante e anticancerígena (Ahmadn et al., 2020). Apresenta potencial de inibir a entrada de SARS-CoV-2 em humanos principalmente pelo bloqueio do receptor ECA2, impedindo a replicação do genoma viral. Relata-se também que pode impedir a chamada “tempestade de citocinas”, que é uma resposta imunológica excessiva e que tem sido apontada como uma das causas da falência múltipla de órgãos que ocorre em alguns casos de COVID-19 (Dhar e Bhattacharjee, 2021).

A quercetina é um composto polifenólico e representa a molécula de flavonoide mais abundante encontrada em diferentes frutas e vegetais, incluindo maçãs, frutas vermelhas, cebolas, endro, coentro e alcaparras (Anand David et al., 2016). Apresenta propriedades an-

tioxidante, anti-inflamatória, imunomoduladora e anti-patogênica (Aucoin et al., 2020). Estudo recente identificou a quercetina como uma molécula de interesse contra a COVID-19, provavelmente devido à sua capacidade de reduzir a interação entre o vírus e o receptor ECA2, sendo esta pesquisa baseada numa abordagem *in sílico* (Sargiacomo et al., 2020).

O resveratrol pertence à família dos polifenóis presentes em alimentos como uva, nozes, vinho tinto, frutas vermelhas, chocolate e outros. É uma substância conhecida por proteger o organismo contra doenças cardiovasculares e respiratórias (Horne e Vohl, 2020). A nível celular, o resveratrol atua como agente antioxidante, citostático, antiviral e anti-inflamatório (Wahedi et al., 2021). Estudos recentes têm demonstrado a sua potencial eficiência terapêutica ou adjuvante contra o SARS-CoV-2, pois o resveratrol desregula as principais vias de sinalização da inflamação, estimula o sistema imunológico e reduz o estresse oxidativo que causa a lesão pulmonar na infecção por SARS-CoV-2 (Ramdani e Bachari, 2020).

A própolis é um material resinoso produzido pelas abelhas para proteger suas colmeias, e é rica em uma ampla gama de compostos, como flavonoides, polifenólicos, aminoácidos, resinas e óleos (Simone-Finstrom e Spivak, 2010). É conhecida por suas propriedades antibacteriana, antiviral, anti-inflamatória e efeito imunomodulador. A composição da própolis varia de acordo com a espécie vegetal disponível em cada região, e alguns dos seus componentes incluem quercetina, miricetina, ácido caféico, crisina, rutina e galangina (Refaat et al., 2021). Estes autores desenvolveram uma formulação lipossomal otimizada para aumentar a atividade antiviral de própolis contra COVID-19, e observaram uma inibição da replicação viral determinada por RT-PCR, sendo esta comparável ao efeito inibitório do antiviral remdesivir. Esses achados identificaram o potencial da própolis encapsulada em lipossomas como uma abordagem promissora em tratamento contra a COVID-19.

Os efeitos benéficos do alho (*Allium sativum*) na saúde têm sido identificados a partir de diversos estudos, sendo amplamente utilizado como agente profilático e terapêutico em todo o mundo (Omar e Al-Wabel, 2010), especialmente por suas propriedades antimicrobiana, anticâncer, antifúngica, antioxidante e antiviral (Batiha et al., 2020; Rouf et al., 2020). É formado por dezenas de compostos organossulfurados, destacando-se a alicina, que apresenta elevado valor funcional. Trabalhos recentes mostraram que extratos aquosos e óleos essenciais de alho reduziram a taxa de infecção causada por SARS-CoV-2 (Khubber et al., 2020; Thuy et al., 2020). Donma e Donma (2020) relatam que o alho pode ser uma alternativa aceitável contra a infecção por COVID-19 pois apresenta propriedades de favorecimento do sistema imunológico e de repressão da produção e secreção de citocinas pró-inflamatórias.

O chá verde, preparado a partir das folhas da planta *Camelia sinensis*, é rico em polifenóis do grupo das catequinas e tem sido usado historicamente como uma erva medicinal na prevenção da obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (Yang e Zhang, 2019). As catequinas do chá apresentam atividades antiviral (Kaihatsu et al., 2018) e de proteção contra do-

enças causadas por estresse oxidativo e inflamação, sendo que a catequina mais abundante é a epigalocatequina-3-galato (EGCG). Zhang et al. (2021) discutiram os potenciais efeitos protetores de EGCG, tais como inibição da enzima SARS-CoV-2 Mpro - uma protease essencial para a reprodução viral, atividade antioxidante e proteção contra a tempestade de citocinas, que está associada à trombose, sepse e fibrose pulmonar. Essas possíveis atividades combinadas da EGCG sugerem a importância de novos estudos em modelos animais e humanos para uma potencial prevenção contra a infecção por SARS-CoV-2 e síndromes associadas.

Micronutrientes

Micronutrientes, como oligoelementos e vitaminas, desempenham um papel essencial para a manutenção de um sistema imunológico saudável. Gorji e Ghadiri, (2021) descrevem como os micronutrientes zinco, selênio, cobre e ferro, assim como as vitaminas A, B, C, D e E, influenciam o sistema imunológico e, consequentemente, o impacto da severidade da COVID-19. Os autores ainda relatam que a deficiência destes compostos está associada a um maior risco de ocorrência e gravidade das infecções virais.

Beigmohammadi et al. (2021) relataram baixos níveis séricos das vitaminas B9, B12, C e D, além de Mg e Fe, em pacientes com COVID-19, e níveis mais baixos de vitamina D, Zn e Mg foram correlacionados com as formas mais graves da doença.

Neste contexto, a identificação de deficiências de micronutrientes entre indivíduos infectados e o efeito da suplementação destes compostos são de grande interesse para uma melhor compreensão entre o *status* de micronutrientes, a resposta imune do hospedeiro e a virulência do vírus patogênico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A observação clínica de que os sintomas dos pacientes com COVID-19 variam desde casos assintomáticos, casos leves ou mesmo graves trazem a hipótese de que a imunidade inata do indivíduo desempenha um papel crítico sobre o desenvolvimento e a progressão da doença. Dessa forma, a resposta imune nas infecções virais é um fator importante em relação à interação do vírus com o hospedeiro, os sintomas, gravidade, duração e o desfecho da doença.

Hipóteses sobre o papel de ingredientes dietéticos específicos na prevenção ou no manejo da COVID-19 tem sido amplamente estudadas, e uma grande quantidade de publicações científicas tem apontado sobre a importância da alimentação e nutrição no contexto da pandemia. Dentre estes componentes, destacam-se os compostos bioativos como peptídeos, probióticos, compostos fenólicos e micronutrientes. No entanto, uma avaliação rigorosa da eficácia destes compostos exige ensaios clínicos randomizados de longo prazo em grandes amostras, de forma a serem elucidados os papéis específicos destes componentes sobre esta doença infecciosa viral.

A presente revisão apresentou de forma abrangente o panorama atual das publicações referentes ao uso de alguns dos principais compostos bioativos no manejo da COVID-19. Embora nenhum alimento, um único nutriente ou suplementos dietéticos sejam capazes de prevenir a COVID-19, os estudos sugerem que o emprego de tais substâncias pode ter o potencial de melhorar a imunidade do hospedeiro e, com isso, se constituir numa estratégia potencial para o tratamento da doença.

REFERÊNCIAS

AHMAD, R. S.; HUSSAIN, M. B.; SULTAN, M. T.; ARSHAD, M. S.; WAHEED, M.; SHARIATI, M. A.; PLYGUN, S.; HASHEMPUR, M. H. Biochemistry, safety, pharmacological activities, and clinical applications of turmeric: a mechanistic review. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 7656919, 2020.

ANAND DAVID, A. V.; ARULMOLI, R.; PARASURAMAN, S. Overviews of biological importance of quercetin: a bioactive flavonoid. **Pharmacological Reviews**, v. 10, p. 84-89, 2016.

AUCOIN, M.; COOLEY, K.; SAUNDERS, P. R.; CARDOZO, V.; REMY, D.; CRAMER, H.; ABAD, C. N.; HANNAN, N. The effect of quercetin on the prevention or treatment of COVID-19 and other respiratory tract infections in humans: A rapid review. **Advances in Integrative Medicine**, v. 7, p. 247-251, 2020.

BATIHA, G. EL-SABER; BESHBISHY, A. M.; WASEF, L. G.; ELEWA, Y. H. A.; AL-SAGAN, A. A.; EL-HACK, M. E. A.; TAHA, A. E.; ABD-ELHAKIM, Y. M.; DEVKOTA, H.P. Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (*Allium sativum* L.): a review, **Nutrients**, v. 12, p. 872, 2020.

BAUD, D.; AGRI, V. D.; GIBSON, G. R.; GREGOR, R.; GIANNONI, E. Using probiotics to flatten the curve of coronavirus disease COVID-2019 pandemic, **Frontiers in Public Health**, v. 8, 186, 2020.

BEIGMOHAMMADI, M. T.; BITARAFAN, S.; ABDOLLAHI, A.; AMOOZADEH, L.; SALAHSHOUR, F.; ali abadi, M. M.; SOLTANI, D.; MOTALLEBNEJAD, Z. A. The association between serum levels of micronutrients and the severity of disease in patients with COVID-19, **Nutrition**, p. 111400, 2021.

BOON, A. C. M.; VOS, A. P.; GARAUS, Y. M. F.; RIMMELZWAAN, G. F.; OSTERHAUS, A. D. M. E. In vitro effect of bioactive compounds on influenza virus specific B-and T-cell responses. **Scandinavian Journal of Immunology**, v. 55, p. 24-32, 2002.

DARGAHI, N.; JOHNSON, J.; DONKOR, O.; VASILJEVIC, T.; APOSTOLOPOULOS, V. Immunomodulatory effects of probiotics: Can they be used to treat allergies and autoimmune diseases? **Maturitas**. v. 119, p. 25-38, 2019.

DHAR, S.; BHATTACHARJEE, P. Promising role of curcumin against viral diseases emphasizing COVID-19 management: A review on the mechanistic insights with reference to host-pathogen interaction and immunomodulation, **Journal of Functional Foods**, v. 82, 104503, 2021.

DONMA, M. M.; DONMA O. The effects of *Allium sativum* on immunity within the scope of COVID-19 infection. Medical Hypotheses, v. 144, p. 109934, 2020.

FAN, H.; LIAO, W.; WU, J. Molecular interactions, bioavailability, and cellular mechanisms of angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides. **Journal of Food Biochemistry**, v. 43, e12572, 2019.

GORJI, A.; GHADIRI, M. K. Potential roles of micronutrient deficiency and immune system dysfunction in the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. **Nutrition**, v. 82, p. 111047, 2021.

GOUDA, A. S.; ADBELRUHMAN, F. G.; SABBAH ALENEZI, H.; MÉGARBANE, B. Theoretical benefits of yogurt-derived bioactive peptides and probiotics in COVID-19 patients - A narrative review and hypotheses. **Saudi Journal of Biological Sciences**, *in press*, 2021.

HORNE, J. R.; VOHL, M. C. Biological plausibility for interactions between dietary fat, resveratrol, ACE2, and SARS-CoV illness severity. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 318, p. E830-E833, 2020.

INFUSINO, F.; MARAZZATO, M.; MANCONE, M.; FEDELE, F.; MASTROIANNI, C. M.; SEVERINO, P.; CECCARELLI, G.; SANTINELLI, L.; CAVARRETTA, E.; MARULLO, A. G. M.; MIRALDI, F.; CARNEVALE, R.; NOCELLA, C.; BIONDI-ZOCCAI, G.; PAGNINI, C.; SCHIAVON, S.; PUGLIESE, F.; FRATI, G.; D'ETTORRE, G. Diet supplementation, probiotics, and nutraceuticals in SARS-CoV-2 infection: A scoping review. **Nutrients**, v. 12, p. 1718, 2020.

JIN, Y.; YANG, H.; JI, W.; WU, W.; CHEN, S.; ZHANG, W.; DUAN, G. Virology, epidemiology, pathogenesis, and control of COVID-19. **Viruses**, v. 12, p. 372, 2020a.

JIN, H. Y.; CAI, L.; CHENG, C. Z. S.; CHENG, H.; DENG, T.; FAN, Y. P.; FANG, C.; HUANG, D.; HUANG, L. Q.; HUANG, Q.; HAN, Y.; HU, B.; HU, F.; LI, B. H.; LI, Y. R.; LIANG, K.; LIN, L. K.; LUO, L. S.; MA, J.; MA, L. L.;

PENG, Z. Y.; PAN, Y. B.; PAN, Z. Y.; REN, X. Q.; SUN, H. M.; WANG, Y.; WANG, Y. Y.; WENG, H.; WEI, C. J.; WU, D. F.; XIA, J.; XIONG, Y.; XU, H. B.; YAO, X. M.; YUAN, Y. F.; YE, T. S.; ZHANG, X. C.; ZHANG, Y. W.; ZHANG, Y. G.; ZHANG, H. M.; ZHAO, Y.; ZHAO, M. J.; ZI, H.; ZENG, X. T.; WANG, Y. Y.; WANG, X. H. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia. **Military Medical Research**, v. 7, p. 4, 2020b.

KAIHATSU, K.; YAMABE, M.; EBARA, Y. Antiviral mechanism of action of epigallocatechin-3-O-gallate and its fatty acid esters. **Molecules**, v. 23, p. 2475, 2018.

KHUBBER, S.; HASHEMIFESHARAKI, R.; MOHAMMADI, M.; GHARIBZAHEDI, S. M. T. Garlic (*Allium sativum* L.): a potential unique therapeutic food rich in organosulfur and flavonoid compounds to fight with COVID-19, **Nutrition Journal**, v. 19, p. 124, 2020.

LI, H.; ZHOU, Y.; ZHANG, M.; WANG, H.; ZHAO, Q.; LIU, J. Updated approaches against SARS-CoV-2. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 64, e00483-20, 2020.

OMAR, S. H.; AL-WABEL, N. A. Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 18, p. 51-58, 2010.

OMS. Organização Mundial de Saúde. **Painel do Coronavírus da OMS (COVID-19)**. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 11 jul. 2021.

PARAISO, I. L.; REVEL, J. S.; STEVENS, J.F. Potential use of polyphenols in the battle against COVID-19, **Current Opinion in Food Science**, v. 32, p. 149-155, 2020.

PILLAY, T. S. Gene of the month: the 2019-nCoV/SARS-CoV-2 novel coronavirus spike protein. **Journal of Clinical Pathology**, v. 73, p. 366-369, 2020.

RAMDANI, L.H.; BACHARI, K. Potential therapeutic effects of Resveratrol against SARS-CoV-2. **Acta Virologica**, v. 64, p. 276-280, 2020.

REFAAT, H.; MADY, F. M.; SARHAN, H. A.; RATEB, H. S.; ALAAELDIN, E. Optimization and evaluation of propolis liposomes as a promising therapeutic approach for COVID-19. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 592, p. 120028, 2021.

ROUF, R.; UDDIN, S. J.; SARKER, D. K.; ISLAM, M. T.; ALI, E. S.; SHILPI, J. A.; NAHAR, L.; TIRALONGO, E.; SARKER, S. D. Antiviral potential of garlic (*Allium sativum*) and its organosulfur compounds: A systematic update of pre-clinical and clinical data. **Trends in Food Science and Technology**, v. 104, p. 219-234, 2020.

SANTOS, D. I.; SARAIVA, J. M. A.; VICENTE, A. A.; MOLDÃO-MARTINS, M. Methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds and nutrients. In **Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds**, Ed. Elsevier. p. 23-54, 2019.

SARGIACOMO, C.; SOTGIA, F.; LISANTI, M. P. COVID-19 and chronological aging: senolytics and other anti-aging drugs for the treatment or prevention of corona virus infection? **Aging**, v. 12, p. 6511-6517, 2020.

SIMONE-FINSTROM, M.; SPIVAK, M. Propolis and bee health: the natural history and significance of resin use by honey bees. **Apidologie**, v. 41, p. 295-311, 2010.

TANG, L.; GU, S.; GONG, Y.; LI, B.; LU, H.; LI, Q.; ZHANG, R.; GAO, X.; WU, Z.; ZHANG, J.; ZHANG, Y.; LI, L. Clinical significance of the correlation between changes in the major intestinal bacteria species and COVID-19 severity. **Engineering (Beijing)**, v. 6, p. 1178-1184, 2020.

THUY, B. T. P.; MY, T. T. A.; HAI, N. T. T.; HIEU, L. T.; HOA, T. T.; LOAN, H. T. P.; TRIET, N. T.; ANH, T. T. V.; QUY, P. T.; TAT, P. V.; HUE, N. V.; QUANG, D. T.; TRUNG, N. T.; TUNG, V. T.; HUYNH, L. K.; NHUNG, N. T. A. Investigation into SARS-CoV-2 resistance of compounds in garlic essential oil, **ACS Omega**, v. 5, p. 8312-8320, 2020.

VOSGERAU, D. S. A. R.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista de Diálogo Educacional**, v. 14, p. 165-189, 2014.

WAHEDI, H. M.; AHMAD, S.; ABBASI, S. W. Stilbene-based natural compounds as promising drug candidates against COVID-19. **Journal of Biomolecular Structure and Dynamics**, v. 39, p. 3225-3234, 2021.

WU, Y. C.; CHEN, C. S.; CHAN, Y. J. The outbreak of COVID-19: an overview. **Journal of the Chinese Medical Association**, v. 83, p. 217, 2020.

YANG, C. S.; ZHANG, J. S. Studies on the prevention of cancer and cardiometabolic diseases by tea: Issues on mechanisms, effective doses, and toxicities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, p. 5446-5456, 2019.

ZHANG, Z.; ZHANG, X.; BI, K.; HE, Y.; YAN, W.; YANG, C. S.; ZHANG, J. Potential protective mechanisms of green tea polyphenol EGCG against COVID-19, **Trends in Food Science & Technology**, v. 114, p. 11-24, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

CONSERVANTES NATURAIS: FONTES E USO NA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

NATURAL PRESERVATIVES: SOURCES AND USE IN FOOD TECHNOLOGY

SANTOS DA SILVA, Patrícia[1]*; VIEIRA CABRAL, Annuska[2]; COSTA GONÇALVES, Jenisson Linike[3]; SANTOS DE JESUS, Ellen Karine[4]; BELTRÃO LESSA CONSTANT, Patrícia[5]

[1, 2, 3, 4]Mestranda(o) do Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos-PROCTA/Universidade Federal de Sergipe; [5]Doutora em Ciência e Tecnologia de alimentos/Universidade Federal de Sergipe
*Contato: psscarreteiro2@gmail.com

RESUMO

Os conservantes alimentares disponíveis podem ser sintéticos ou naturais. Porém, há relatos de que o acúmulo de alguns conservantes sintéticos nos tecidos, pode ser prejudicial à saúde humana. Muito tem sido pesquisado sobre aditivos naturais que sejam eficientes conservadores, mas que não tragam o ônus da toxicidade para os consumidores. Os conservantes naturais podem ser derivados de plantas, animais, microrganismos e/ou metabólitos desses, ou até mesmo da água do mar. O cloreto de sódio (NaCl) é utilizado na conservação de alimentos há milênios. A sacarose também tem ação preservadora, e assim como o NaCl, atua reduzindo a atividade de água do alimento. Muitas plantas, ou partes dessas, são comumente utilizadas no preparo de alimentos, e muitas vezes os consumidores não se dão conta de que, além de temperar, esses condimentos auxiliam na conservação desses alimentos. Os animais também são fontes ricas de compostos bioativos com ação preservadora, como a lisozima, lactoperoxidase e quitosana. Outros compostos com ação conservante são obtidos a partir de metabólitos microbianos, principalmente de bactérias ácido lácticas (BAL). A utilização de conservantes naturais é promissora e desejável tanto pela indústria, quanto pelos consumidores, os quais cada vez mais procuram por produtos com menos substâncias sintéticas. Contudo, ainda são necessárias mais pesquisas sobre a toxicidade dos diversos conservantes naturais disponíveis, além das dosagens adequadas para uso tecnológico.

Palavras-chave: Conservação de alimentos, antimicrobianos, bioativos.

ABSTRACT

Avaliable preservatives can be natural or synthetic. However, there are reports that the acumulation of some synthetic preservatives in tissues can harm human health. A lot has been researched on natural additives that are efficient conservatives, but that do not bring the onus of toxicity to consumers. Natural preservatives can be derived from plants, animals, microorganisms and/or their metabolites, or even from sea water. Sodium chloride (NaCl) has been used in food preservation for millenia. Sucrose also has a preserving action, and like NaCl, it works by reducing the food's water activity. Many plants, or parts of them, are commonly used in food preservation, and consumers do not realize that, in addition to seasoning, these condiments help preserve these foods. Animal are also rich sources of bioactive compounds with

preservative action, such as lysozyme, lactoperoxidase and chitosan. Other compounds with preservative action are obtained from microbial metabolites, mainly lactic acid bactéria (LAB). The use of natural preservatives is promising and desirable for both industry and consumers, who are increasingly looking for products with fewer synthetic substances. Nevertheless, more research is needed on the toxicity vários natural preservatives avaliable, in addition to the appropriate dosages for technological use.

Keywords: Foods preservation, antimicrobial, bioactives

INTRODUÇÃO

A preservação de alimentos tem sido constante na vida humana, desde quando começamos a viver em grupos, principalmente para os que habitam áreas do globo, onde a disponibilidade de certos alimentos se limita a alguns meses do ano (Food ingredients Brasil, 2011). Conservantes são aditivos químicos, sem função nutritiva, adicionados com o propósito de conservar os alimentos, inibindo ou retardando ação de microrganismos e/ou enzimas, os quais modificam as características químicas, estruturais e sensoriais do produto alimentício (Gokoglu, 2018). Os compostos preservadores estão divididos em três subcategorias: antimicrobianos, antioxidantes e agentes antiescurecimento (Carocho et al., 2014).

Os conservantes são de especial importância em países tropicais, onde a deterioração de alguns alimentos é acentuada pelo grau de umidade e temperaturas próximas ao ótimo do desenvolvimento microbiano. Além disso, o uso dos aditivos é necessário quando há falta de instalações adequadas de armazenamento e o transporte do produto é deficiente ou onde as distâncias entre os centros produtores e consumidores são grandes (Food ingredients Brasil, 2011).

A eficiência desses aditivos depende de fatores como: 1) Concentração utilizada, a qual deve ser adequada para cada tipo de microrganismo e alimento; 2) Temperatura do alimento onde o preservante será empregado, devendo ser ideal à ação do conservante e não encontrar-se na faixa de temperatura ótima para o crescimento microbiano; 3) Espécie microbiana, contra a qual deverá ser empregado o conservante adequado; 4) Natureza do alimento, cuja composição e aspectos como pH ou teor de matéria orgânica, exercem grande influência na eficácia do aditivo. Não existe conservante que seja eficaz para todos os tipos de alimentos (Food ingredients Brasil, 2011). A maioria dos conservantes utilizados são ácidos orgânicos fracos, sendo a molécula não dissociada a forma de atuação mais eficiente.

Os conservantes disponíveis podem ser sintéticos ou naturais. A prevenção de perdas sensoriais e nutricionais causadas por alterações microbiológicas, químicas ou enzimáticas e a extensão do prazo de validade dos alimentos, são geralmente alcançadas pelos conservantes químicos, tais como: benzoato de sódio, nitrato de sódio e dióxido de enxofre (Olatunde; Benjakul, 2018). Porém, há relatos de que o acúmulo de alguns desses conservantes sintéticos nos tecidos, pode ser prejudicial à saúde (Gokoglu, 2018; Olatunde; Benjakul, 2018),

embora também haja incertezas sobre os efeitos tóxicos dos conservantes sintéticos, quando são aplicados em doses adequadas (Gokoglu, 2018).

Muito tem sido pesquisado sobre aditivos naturais que sejam eficientes conservadores, mas que não tragam o ônus da toxicidade para os consumidores. Os conservantes naturais podem ser derivados de plantas, animais, microrganismos e/ou metabólitos desses (Pereira, 2013), ou até mesmo da água do mar. Vários desses conservantes são usados desde a antiguidade, como o cloreto de sódio - o popular sal de cozinha (Gokoglu; Olatunde; Benjakul, 2018). Outros, como extratos vegetais, óleos essenciais, bacteriocinas, quitosanas e peptídeos bioativos, têm sido relatados como eficientes substitutos aos conservantes sintéticos para aplicação em alimentos (Lima et al., 2014; Olatunde; Benjakul, 2018).

Os aditivos alimentares, incluindo os conservantes, somente podem ser usados quando aprovados em legislação específica para cada categoria de alimento, observando suas funções tecnológicas, limites máximos e restrições de uso (Pereira, 2013). No Brasil, são regulamentados segundo normas da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a qual considera referências internacionalmente reconhecidas, como o *Codex Alimentarius*, a União Europeia e, de forma complementar, a U.S. Food and Drug Administration (FDA). Esse critério é estabelecido pela legislação brasileira, conforme a Portaria SVS/MS n° 540/1997 e pelo MERCOSUL GMC/RES. N° 52/98.

Essa revisão visa fornecer informações atualizadas sobre a origem e o mecanismo de atuação de alguns conservantes naturais, além de suas aplicações e limitações em tecnologia de alimentos.

METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa qualitativa, por meio de levantamento bibliográfico, em livros, artigos acadêmicos, periódicos, legislação e sites pertinentes, com dimensão temporal entre 1996 a 2020, tendo em vista definições do tema explorado, a importância da utilização de conservantes naturais em alimentos, bem como as fontes das quais eles são extraídos, além dos mecanismos de atuação e limitações dessas substâncias. Na estratégia de busca, foram utilizados os descritores: conservantes naturais, alimentos, propriedades, aplicações e mecanismo de ação. As ferramentas on-line de buscas foram: Periódico CAPES e Google Acadêmico.

DESENVOLVIMENTO

Muitas fontes têm sido pesquisadas, afim de se extrair compostos com potencial antimicrobiano, em quanto outras, de tão antigas, já possuem uso consolidado. Os conservantes naturais, mais relatados na literatura, assim como suas aplicações na tecnologia de alimentos, estão apresentados a seguir:

Cloreto de sódio (NaCl) e sacarose

A história do cloreto de sódio é paralela à história da civilização humana. Ele é tão importante que foi um ator de grande relevo no comércio global, em sanções e monopólios econômicos, em guerras, no crescimento das cidades, nos sistemas de controle social e político, nos avanços industriais e na migração de populações (Courteur & Burreson, 2006).

Esse sal é utilizado na conservação de alimentos há milênios, tendo sido uma mercadoria preciosa e com frequência muito cara. Já foi utilizado como forma de pagamento por serviços laborais, fato que deu origem à palavra salário; além de ser essencial à sobrevivência humana, devendo ser incluído na dieta, embora de forma equilibrada (Courteur & Burreson, 2006; Pereira, 2013). Com o passar dos tempos, o sal foi amplamente utilizado como condimento e até mesmo na indústria têxtil como fixador de alguns corantes.

A obtenção do sal é realizada principalmente pelo processo de evaporação sob a luz solar, que consiste basicamente na ação do vento e do calor, que contribuem para evaporar a água do mar, deixando apenas o sal, posteriormente processado. Outro método conhecido consiste na mineração do sal que ficou retido sob rochas litorâneas, geralmente disposto em camadas, que pode ser extraído por perfuração e, posteriormente, ser processado.

Tradicionalmente, o sódio é utilizado para desidratar ou amolecer alguns alimentos, dar textura, controlar processos de fermentação, acentuar o sabor, bem como conservá-los, devido à diminuição da atividade de água (Food ingredients Brasil, 2011; Pereira, 2013). O cloreto de sódio sólido é composto de um arranjo regular de dois íons – sódio (Na), positivamente carregado e cloreto (Cl), negativamente carregado. Esses íons são unidos por grandes forças de atração entre as duas cargas.

A atuação do cloreto de sódio como conservante é possível devido a sua interação com as moléculas de água livres presentes no alimento. As moléculas de água são parcialmente carregadas. A molécula possui um momento dipolar, devido à diferença de eletronegatividade dos átomos constituintes (2 H e 1 O).

Os átomos de hidrogênio ligam-se ao de oxigênio por ligações covalentes. Por ser mais eletronegativo, o átomo de oxigênio atrai mais fortemente os elétrons da ligação covalente, e assim, fica momentaneamente carregado negativamente, enquanto os átomos de hidrogênio ficam carregados positivamente. Essa conformação da água permite que o sal se dissolva nela (Ribeiro & Seravalli, 2007).

Ao se adicionar cloreto de sódio no alimento, a água livre, disponível para a ocorrência de reações, irá formar ligações do tipo íon-dipolo com os íons Na^+ e Cl^-. Assim, a atividade de água do alimento será reduzida, diminuindo a possibilidade de crescimento microbiano e de reações que degradam o produto (Courteur & Burreson, 2006; Food ingredients Brasil, 2011).

Assim como o sal, o açúcar foi outrora um luxo só acessível aos ricos, afetando o destino de países e continentes à medida que levou à revolução industrial e transformou o comércio

e as culturas no mundo inteiro (Courteur & Burreson, 2006). A sacarose, que é o açúcar comumente utilizado, é um dissacarídeo composto por uma molécula de glicose e outra de frutose. O açúcar pode ser extraído de muitas plantas, como cana e beterraba. Segundo alguns historiadores, a cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) é originária do Pacífico Sul, segundo outros autores, é originária do sul da Índia. O cultivo dessa gramínea se espalhou pela Ásia e pelo Oriente Médio e acabou por chegar à África do Norte e à Espanha.

A sacarose extraída da cana chegou à Europa no século XIII, com a volta dos primeiros cruzados. Nos três séculos seguintes, continuou sendo um artigo exótico. O açúcar era usado na medicina para disfarçar o gosto, muitas vezes nauseantes, de outros ingredientes medicamentosos. Por volta do século XV, passou a ser mais facilmente obtido na Europa, mas continuava um luxo disponível a poucos (Courteur & Burreson, 2006). Era um produto tão caro, que figurava em alguns inventários *post mortem* de membros da nobreza (Gomes, 2019).

No século XVI, o açúcar estava se tornando o adoçante preferido da população. Nos séculos XVII e XVIII, tornou-se mais apreciado com a descoberta de modos de preservar frutas com açúcar e de preparar geleias, gelatinas e outras guloseimas. A produção da sacarose cresceu 700% no século XX, passando de artigo de luxo a produto de primeira necessidade, e continua sendo importante atualmente (Courteur & Burreson, 2006).

O mecanismo de ação da sacarose como agente conservante é o mesmo do cloreto de sódio. A sacarose realiza ligação do tipo dipolo-dipolo com a água. Essa ligação é mais frágil do que aquela realizada entre a água e o cloreto de sódio. Por isso, é necessária uma concentração maior de açúcar para obter o mesmo resultado de redução da atividade de água, e consequente preservação do alimento.

Plantas, extratos de plantas e óleos essenciais

Há milhares de anos, extratos de plantas têm sido usados com propósitos farmacêuticos, médicos, fitoterápicos e sanitários (Olatunde & Benjakul, 2018). Além disso, são usados também nas indústrias cosmética, alimentícia e de bebidas. Dentre as plantas, ou partes dessas, comumente utilizadas no preparo de alimentos, estão cravo da índia, noz moscada, canela, orégano, folhas de louro, tomilho, alecrim, alho, cebola, coentro, pimentas, e muitas vezes os consumidores não se dão conta de que, além de temperar, esses condimentos auxiliam na conservação dos alimentos (Courteur & Burreson, 2006; Lorenzi & Matos, 2008).

Também podem ser obtidos extratos solúveis e óleos a partir dessas plantas, podendo-se extrair e concentrar os princípios ativos responsáveis pela atividade preservante (Carocho et al., 2014). Os extratos vegetais e óleos essenciais são considerados potentes conservantes naturais e aditivos alimentares, usados na indústria alimentícia para a conservação de produtos crus ou processados, como pescados, embutidos e outros produtos cárneos, devido a sua forte atividade antibacteriana, antifúngica e antioxidante (Maqsood et al., 2014; Hugo & Hugo, 2015; Gokoglu; Olatunde & Benjakul, 2018).

Os compostos aromáticos presentes nesses vegetais e óleos essenciais são resultados dos metabólitos secundários de plantas, que os produzem para sua própria defesa, como por exemplo, contra os ataques de predadores e de fitopatógenos (Gokoglu; Olatunde & Benjakul, 2018). Esses ativos são classificados, em sua maioria, como compostos fenólicos, podendo ser divididos em duas categorias: flavonoides e não flavonoides (Bajpai, Shukla & Kang, 2008).

O mecanismo de atuação dos compostos fenólicos, diante dos microrganismos, se dá a partir do aumento da permeabilidade e rompimento da membrana celular de bactérias e fungos, causada pelas substâncias ativas. Esse rompimento promove extravasamento de conteúdo importante das células microbianas, como íons potássio e estruturas celulares, culminando na morte celular (Bajpai, Shukla & Kang, 2008). A quantidade e qualidade desses compostos de interesse, com ação conservante, dependem de vários fatores, como: procedência da planta; em qual ou quais partes das plantas os antimicrobianos se encontram; o tipo de solo; condições climáticas; genética e idade da planta, além do processo de extração (Lorenzi & Matos, 2008).

Os compostos ativos naturais são pouco solúveis em água e biologicamente instáveis, podendo ser decompostos e inativados pelo pH, temperatura do alimento, presença de O_2 e incidência de luz. Por isso, tecnologias vêm sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas para possibilitar a aplicação dos óleos essenciais e extratos, industrialmente. Uma técnica bastante utilizada é a microencapsulação, que consiste em um sistema de entrega, onde os agentes ativos são transportados dentro de uma matriz até o ponto alvo, possibilitando a biodisponibilidade e estabilidade dos princípios ativos (Carocho et al., 2014).

Compostos bioativos extraídos de animais

Os animais são fontes ricas de compostos bioativos. Esses compostos exercem efeitos biológicos na saúde humana, seja pelo consumo de produtos alimentícios de origem animal ou pelo consumo desses compostos isolados (Gokoglu, 2018).

A enzima lisozima apresenta atividade antimicrobiana, especialmente contra bactérias Gram positivas, por meio de diferentes mecanismos. Ela atua induzindo rompimento da célula bacteriana via clivagem catalítica de polímeros de superfície celular ou junções da parede celular microbiana (Azevedo, 2012; Gokoglu, 2018). Essa enzima foi descoberta em 1921 por Alexander Fleming, que a descreveu como um princípio bacteriolítico notável. Assim, a lisozima foi a primeira enzima cuja sequência de aminoácidos foi determinada e a primeira cuja estrutura foi estabelecida por cristalografia de raios X (Pereira, 2013).

Há várias famílias de lisozima, em diversas fontes, inclusive na lágrima e no muco dos seres humanos. Porém, apenas a enzima C é atualmente usada na conservação de alimentos, sendo obtida a partir de claras de ovos de galinha e purificada por meio de resinas de troca catiônica. É eluída das resinas por NaCl e recuperada como cloridrato de lisozima, que é um pó branco, fino e de sabor ligeiramente doce (Pereira, 2013). A lisozima serve como um bom

modelo de conservante ideal em muitos aspectos, visto que é um componente inato do sistema imunológico humano e, portanto, tem baixa toxicidade; atua em baixas concentrações nos alimentos; é específica para peptideoglicano bacteriano e não reage com o tecido humano; tem certas propriedades desejáveis de resistência ao calor, pH e a outros fatores intrínsecos e extrínsecos aos alimentos (Pereira, 2013; Gokoglu, 2018).

Em sinergismo com outros antimicrobianos, ou isoladamente, a lisozima tem sido empregada na conservação de produtos cárneos, peixes, leite e derivados, além de frutas e vegetais (Azevedo, 2012; Hugo & Hugo, 2015). Em queijos, a concentração aplicada é de 25 mg/kg de leite (Brasil, 1996). É barata, facilmente disponível e é estável em uma ampla variedade de condições (Hugo & Hugo, 2015; Gokoglu, 2018).

A lactoperoxidase compõe um mecanismo natural de defesa presente nas glândulas mamárias dos mamíferos e juntamente com íons tiocianato (SCN^-) provenientes do metabolismo hepático e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), originado pela atividade dos leucócitos, principalmente. Esse sistema produz no leite, e em outros fluidos biológicos, substâncias com atividade antimicrobiana, representando meios de proteção e conservação de derivados de mamíferos, sendo bactericida e bacteriostático (Dela Justina et al., 2018; Gokoglu, 2018).

Pesquisadores reportam o uso deste sistema natural de conservação em cremes dentais, cosméticos, tratamentos de diarreias e no controle da *Helicobacter pylori*; além da aplicação em embalagem de alimentos (Pereira, 2013; Gokoglu, 2018).

A lactoperoxidase atua na oxidação do tiocianato na presença de peróxido de hidrogênio, originando intermediários com características antimicrobianas. Do ponto de vista biotecnológico, o tiocianato, gatilho desse sistema, constitui um componente seguro e natural do leite (Azevedo, 2012; Pereira, 2013; Dela Justina et al., 2018). Desse modo, a adição de peróxido ou de seus precursores ao leite pode ser realizada em concentrações de até 8 mg de H_2O_2/L de leite, com a finalidade de ativar o sistema lactoperoxidase, conforme critério do *Codex Alimentarius*. O sistema causa danos na estrutura das proteínas bacterianas, gerando a perda de íons, como potássio e sódio, aminoácidos e peptídeos para o meio externo, levando à morte ou inibição do crescimento dos microrganismos afetados (Azevedo, 2012; Dela Justina et al., 2018).

Por isso, o sistema lactoperoxidase foi liberado em 1991 como método de conservação do leite cru pelo *Codex Alimentarius*, representando uma alternativa importante para conservação de produtos lácteos, em condições de infraestrutura e refrigeração limitadas (Pereira, 2013).

A quitosana é um oligopeptídeo, produzido a partir da desacetilação alcalina da quitina, a qual é encontrada no exoesqueleto de crustáceos e artrópodes, tendo demonstrado atividade contra vários patógenos de origem alimentar além de microrganismos deteriorantes. Sua aplicação na indústria alimentícia como conservante é devido à sua fonte natural, além de ser biodegradável e não tóxica (Pereira, 2013; Olatunde, BenjakuL, 2018; Barros et al., 2020).

Esse peptídeo é solúvel em água e em soluções ácidas, o que amplia suas possibilidades de aplicação (Olatunde, Benjakul, 2018).

Aminas, grupos de amina acetilada e hidroxila, presentes na estrutura da quitosana, podem interagir com receptores celulares microbianos, desencadeando uma série de reações, que podem levar ao extravasamento de conteúdo celular. Outro mecanismo de atuação possível é a interrupção de síntese proteica, por interação do DNA microbiano com a quitosana e seus derivados (Kong et al., 2010; Márquez et al., 2013). Os fungos costumam ser mais susceptíveis em meios com baixo pH. Porém, a sensibilidade bacteriana a esse peptídeo ainda não está bem elucidada. Um estudo mostrou que as bactérias Gram positivas são menos sensíveis a ação desse antimicrobiano. Porém outros autores observaram o contrário (Kong et al., 2010).

A quitosana tem sido aplicada associada à lactoperoxidase como revestimento para conservação de filés de peixe e outros frutos do mar, e como material de embalagens ativas (Pereira, 2013; Carocho et al., 2014; Gokoglu, 2018). Dessa maneira, atua também como antioxidante, quelante de metais e barreira ao oxigênio, o que acaba reduzindo ou retardando o crescimento microbiano no alimento (Kong et al., 2010; Olatunde & Benjakul, 2018, Barros et al., 2020).

Compostos bioativos extraídos de microrganismos

Bactérias e fungos muitas vezes são vistos como inconvenientes deteriorantes de alimentos, além de representarem riscos à saúde humana. Porém, alguns desses microrganismos produzem compostos de interesse tecnológico, que podem ser usados para prevenir a deterioração em potencial e inibir o crescimento de patógenos (Gokoglu, 2018), além conferir características sensoriais e tecnológicas aos alimentos, como acontece com os fungos e bactérias fermentadores na produção de queijos, bebidas lácteas, bebidas alcoólicas, entre outros produtos (Pereira, 2013).

A capacidade conservante desses compostos resulta do equilíbrio natural do sistema microbiano. Dessa maneira são produzidas diferentes substâncias antimicrobianas, como: bacteriocinas, ácidos orgânicos, peróxido de hidrogênio, enzimas e outros metabólitos (Crowley, Mahony & sinderen, 2013; Gokoglu, 2018).

Bacteriocinas são polipeptídeos produzidos pelos ribossomos bacterianos, e secretados para o meio extracelular, que possuem efeitos bactericida e/ou bacteriostático sobre organismos filogeneticamente relacionados, sem alterar as características organolépticas do produto. A produção de tais compostos geralmente se dá naturalmente, durante a fase log de crescimento bacteriano ou no final desta. Grande parte das bacteriocinas é oriunda de bactérias Gram positivas, destacando-se os gêneros *Bacillus, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus* e *Streptococcus* (Azevedo, 2012; Pereira, 2013; Carocho et al., 2014; Gokoglu, 2018).

A maioria dessas bacteriocinas se liga a receptores de membrana celular presentes no

microrganismo alvo, ocasionando a formação de poros e liberação de moléculas pequenas, o que altera o gradiente elétrico da membrana necessário para produção de energia e síntese proteica (Pereira, 2013; Carocho et al., 2014).

Alguns autores advertem que a atividade das bacteriocinas no alimento é desuniforme e depende de diversos fatores intrínsecos aos alimentos. Além disso, contaminações iniciais elevadas reduzem a atividade da bacteriocina (Azevedo, 2012; Pereira, 2013).

Para o uso de bacteriocinas em indústrias, algumas características são avaliadas, tais como: termoestabilidade; segurança para o consumo; amplo espectro de inibição sobre os principais patógenos alimentares; alta especificidade contra algum patógeno em especial; efeito benéfico sobre as qualidades organolépticas do produto; o organismo produtor deve ser reconhecido como seguro, ou seja, GRAS - *Generally Recognized as Safe* (Pereira, 2013; Olatunde, Benjakul, 2018). Tanto as bactérias Gram-positivas, quanto as Gram-negativas, são capazes de produzir bacteriocinas.

Deste modo, bactérias ácido-lácticas têm chamado a atenção de pesquisadores, graças à sua presença em quase todos os processos fermentativos alimentares e sua relativa estabilidade e segurança (Pereira, 2013).

Dentre as bacteriocinas utilizadas industrialmente, temos: a nisina e a natamicina.

A nisina foi descoberta em 1928, na Inglaterra, sendo obtida a partir de cepas de *Streptococcus lactis*. É uma das raras bacteriocinas de uso autorizado na indústria alimentícia. Tem atividade antimicrobiana, por meio de perfuração da membrana citoplasmática, contra a maioria das bactérias Gram positivas, incluindo os gêneros *Bacillus* e *Clostridium*, inibindo tanto as células vegetativas quanto os esporos resistentes ao calor, permitindo seu uso em alimentos tratados termicamente ou pasteurizados (Azevedo, 2012; Pereira, 2013; Carocho et al., 2014; Gokoglu, 2018).

A nisina é tolerante a variações de pH e temperatura, e sua solubilidade aumenta em valores baixos de pH. Desse modo, em pH 2, pode ser autoclavada a 121°C por 15 minutos, sem ser inativada (Pereira, 2013). Tem sido usada associada ao sorbato, para atingir um amplo espectro microbiano, na preservação de queijos processados (Aditivos & ingredientes, 2015). Também é usada em leite e derivados, produtos cárneos, aves, frutos do mar e bebidas alcoólicas, como vinho e cerveja (Hugo & Hugo, 2015; Gokoglu, 2018). A dosagem máxima permitida varia entre 3 mg e 12,5 mg/Kg, a depender do produto onde será aplicada (Brasil, 1996; Aditivos & ingredientes, 2015).

A natamicina, outra bacteriocina utilizada na indústria de alimentos, é um produto da fermentação realizada por *Streptomyces natalenses*. Trata-se de um antifúngico, usado como aditivo alimentar para controlar o crescimento de fungos filamentosos e leveduriformes em superfície de queijos, produtos cárneos e embutidos, sendo aplicada apenas na região não comestível do produto, ou seja, na casca de revestimento (Pereira, 2013; Aditivos & ingredien-

tes, 2015). Possui baixa solubilidade em água e solventes orgânicos, e não tem ação contra bactérias. Em queijos, a dosagem máxima permitida é de 5 mg/kg de produto, não podendo ser detectada a 2 mm abaixo da superfície, devendo estar ausente na massa e em produtos cárneos é de 1 mg/dm^2 (Brasil, 1996; 2001; Aditivos & ingredientes, 2015).

Estudos mostram efeitos de toxicidade aguda, em camundongos e coelhos, ocasionada por dosagens de natamicina na faixa de 500 mg/Kg (Pereira, 2013). Porém, essa concentração é 100 vezes mais alta que a quantidade máxima permitida em alimentos.

Ácido orgânicos, como o ácido láctico e seus sais, atuam como bacteriostáticos, aumentando o tempo de latência dos microrganismos e/ou diminuindo a taxa de crescimento deles (Azevedo, 2012; Aditivos & ingredientes, 2015). É produto da fermentação de bactérias ácido lácticas (BAL). O ácido láctico age diretamente sobre o metabolismo bacteriano, por acidificação intracelular. Os lactatos também reduzem a atividade de água do alimento, o que contribui para bloquear o desenvolvimento microbiano. Há relatos de efeito inibitório contra bactérias dos gêneros *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus* e *Clostridium*. O ácido láctico e seus sais possuem efeito sinérgico com antioxidantes, acidulantes e saborizantes, sendo utilizado industrialmente na faixa de 0,5 g a 20 g/Kg, principalmente em carnes e produtos fermentados (Azevedo, 2012; Aditivos & ingredientes, 2015; Hugo & Hugo, 2015).

O ácido acético é outro ácido orgânico, produzido por bactérias do gênero *Acetobacter*, que atua como conservante. Costuma ser usado na forma de sais (como o diacetado de sódio e de cálcio) e do ácido dihidroacético, sendo esses alguns dos antimicrobianos mais antigos aplicados em alimentos. Além de conservantes, atuam como sequestrante, acidulantes e agentes flavorizantes (Azevedo, 2012; Aditivos & ingredientes, 2015).

O ácido acético é efetivo inibidor de bactérias pertencente aos gêneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Listeria*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Campylobacter*, além das espécies *Staphylococcus aureus* e*. coli*. Os fungos costumam ser mais resistentes ao ácido acético do que as bactérias (Azevedo, 2012). Porém, os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rizophus* e *Saccharomyces* são sensíveis ao ácido. A dosagem normalmente usada é de 1 g a 50 g/Kg e são usados principalmente em produtos cárneos, pois possui o pKa mais aproximado do pH das carnes frescas ou processadas; além de mostardas e conservas de frutas (Azevedo, 2012; Aditivos & ingredientes, 2015).

O ácido propiônico é um ácido graxo formado pela disgestão da celulose por bactérias do rúmen de animais herbívoros. Apresenta atividade contra fungos filamentosos, porém possue pouco efeito antibacteriano e nenhuma ação contra leveduras, nas quantidades recomendadas para uso em alimentos. É geralmente utilizado na forma de sais, como propionato de sódio e proprionato de cálcio, na industria de panificação para evitar a formação de bolores (Aditivos & ingredientes, 2015). A atividade desse ácido depende do pH do alimento e o mecanismo de ação é o mesmo dos ácidos láctico e acético, com efeito bioestático. A dosagens de aplicação não é fixada, mas costumam limitar-se a 4 g/Kg de alimento (Azevedo, 2012;

Aditivos & ingredientes, 2015).

Os conservantes naturais abordados nessa revisão, suas respectivas fontes e número de identificação internacional (INS) estão apresentados na Tabela 01.

Tabela 01: Conservantes naturais, fontes de onde são extraídos para aplicação em alimentos e número de identificação internacional.

Conservantes naturais	Fontes	INS*
Cloreto de sódio	Água marinha	NA
Sacarose	Cana-de-açúcar	NA
Extratos vegetais e óleos essencias	Vegetais diversos	NA
Lisozima	Clara de ovos de galinha	1105
Lactoperoxidase	Leite bovino	NA
Quitosana	Quitina de crustáceos e artrópodes	NA
Nisina	*Streptococcus lactis*	234
Natamicina	*Streptomyces natalenses*	235
Ácido láctico	Bactérias ácido lácticas	270
Ácido acético	*Acetobacter* spp.	260
Ácido propiônico	Bactérias do rúmen	280

Legenda: * International Numbering System**,** de acordo com RDC n° 45/2010 ANVISA; NA = Não Aplicável

Fonte: Os autores (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os consumidores estão preocupados com a presença de aditivos sintéticos em seus alimentos e preferem compostos naturais. Por isso, a utilização de conservantes naturais é promissora e desejável tanto pela indústria, quanto pelos consumidores.

Contudo, ainda são necessárias mais pesquisas sobre a toxicidade dos diversos preservadores naturais disponíveis, além das dosagens e modo de aplicação adequados para uso tecnológico.

REFERÊNCIAS

ADITIVOS & INGREDIENTES**.** Os conservantes mais utilizados em alimentos. 01 de outubro de 2015. **Revista Aditivos & Ingredientes**, n. 123, p. 40-46, 2015. Disponível em: <https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/201601/20160104857080014534703 66.pdf>. Acesso em: 13 de jul. 2021.

AZEREDO, H. M. C. (Ed.) **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 2012.

BAJPAI, V. K.; SHUKLA, S.; KANG, S. C. Chemical composition and antifungal activity of essential oil and various extract of *Silene armeria* L. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 18, p. 8903-8908, 2008.

BARROS, D. M.; SILVA, A. P. F.; MOURA, D. F.; MELO, M. A.; SILVA, J. H. L.; ROCHA, T. A. Utilização de quitosana na conservação dos alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17717-17731, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 146, de 7 de março de 1996. **Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos.** Diário Oficial da União, 11 de março de 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 28, de 23 de fevereiro de 2001. **Aprova a extensão de uso da Natamicina (Pimaricina) (INS 235), como conservador, para tratamento de superfícies de produtos cárneos embutidos no limite máximo de 1mg/dm² ausente em 5mm de profundidade**. Diário Oficial da União, 02 de março de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 45, de 03 de novembro de 2010. **Dispõe sobre os aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação**. Disponível em: <**https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-45-de-3-de-novembro-de-2010.pdf**>. Acesso em: 13 de jul. 2021.

CAROCHO, M; BARREIRO, M.F.; MORALES, P.; FERREIRA, I.C.F.R. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: a review on synthetic and natural food additives**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 377-399, 2014.

COURTEUR, Penny Le.; BURRESON, Jay. **Os Botões de Napoleão**: as 17 moléculas que mudaram a história. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.

CROWLEY, S.; MAHONY, J.; SINDEREN, D. Current perspectives on antifungal lactic acid bacteria as natural bio-preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 33, n. 2, p. 93-109, 2013.

DELA JUSTINA, M.; DELA JUSTINA, M. B.; SKORONSKi, E. O uso das enzimas na indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 3, p. 172-184, 2018.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê Conservantes. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 18, p. 28-51, São Paulo, SP: A9 Comunicações, 2011. Disponível em: <https://revista-fi.com/edicoes/18/fib-edicao-18>. Acesso em: 13 de jul. 2021.

GOKOGLU, N. Novel natural food preservatives and applications in seafood preservation: a review. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 5, p. 2068-2077, 2018.

GOMES, Laurentino. **Escravidão volume 1**: Do primeiro leilão de cativos em Portugal até a morte de Zumbi dos Palmares. 1ª ed. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019.

HUGO, C. J.; HUGO, A. Current trends in natural preservatives for fresh sausage products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 12-23, 2015.

KONG, M.; CHEN, X. G.; XING, K.; PARK, H. J. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 1, p.51-63, 2010.

LIMA, J. S.; ARAUJO, J. M.; DIAS, S. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, E. A. L.; AQUINO, A. B.; SANTANA, L. C. L. A. Análise microbiológica e sensorial de "fishburger" elaborado com Tilápia do Nilo (*Oreochoromis niloticus*) com adição de conservantes naturais. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 1, p. 560-567, 2014.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. 2. ed. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 2008.

MAQSOOD, S.; BENJAKUL, S.; ABUSHELAIBI, A.; ALAM, A. Phenolic Compounds and Plant Phenolic Extracts as Natural Antioxidants in Prevention of Lipid Oxidation in Seafood: a detailed review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 6, p. 1125-1140, 2014.

MÁRQUEZ, I. G.; AKUAKU, J.; CRUZ, I.; CHEETHAM, J.; GOLSHANI, A.; SMITH, M. Disruption of protein synthesis as antifungal mode of action by chitosan. **International Journal of Food Microbiology**, v. 164, n. 1, p. 108-102, 2013.

OLATUNDE, O. O.; BENJAKUL, S. Natural Preservatives for Extending the Shelf-Life of Seafood: a revisit. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, v. 17, n. 6, p. 1595-1612, 2018.

PEREIRA, B. B.(ORG.). Aditivos alimentares [livro eletrônico]: conceitos, aplicações e toxicidade. Monte Carmelo, MG: Editora FUCAMP, 2013.1,9 MB, 148p. pdf. Disponível em: <**https://www.unifucamp.edu.br/wp-content/uploads/2019/06/editora-fucamp-livro-boscolli-3-2019.pdf**>. Acesso em: 13 de jul. 2021.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

CONTAMINANTES EM QUEIJO MINAS FRESCAL NO BRASIL: UMA REVISÃO

CONTAMINANTS IN MINAS FRESCAL CHEESE IN BRAZIL: A REVIEW

RAMOS, Ana Luíza Fernandes[1]*; RAGHIANTE, Fernanda[2]

[1]Estudante/Técnico em Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG; [2]Doutorado/Medicina Veterinária//Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG. *Contato: ana.ramos@estudante.iftm.edu.br

RESUMO

O consumo de leite e derivados lácteos é extremamente relevante no mundo e em especial no Brasil, onde alcança elevadas proporções. O queijo Minas frescal é um produto de alta umidade e de massa crua, obtido por coagulação enzimática do leite com a ação de bactérias lácticas específicas ou com o coalho, tendo a obrigatoriedade de ser produzido com leite pasteurizado. Além do risco quando produzido com leite cru por pequenos produtores, existe o risco pela manipulação sem as práticas adequadas de higiene e por tudo isso, o risco de contaminação por microrganismos patogênicos se torna relevante. A legislação brasileira estabelece limites microbiológicos para *Salmonella spp.*, *Estafilococos* coagulase positiva e *Escherichia coli* neste produto. Diante do exposto, o objetivo desta revisão bibliográfica é apresentar dados referentes à contaminação de queijos Minas frescal produzidos no Brasil. A ocorrência de doenças oriundas de contaminação indesejável, em especial em queijos, reforça a necessidade de haver um controle eficaz em toda a sua cadeia produtiva. Ações mais efetivas por parte dos órgãos fiscalizadores, como orientações acerca dos cuidados higienicossanitários durante a produção e comercialização dos queijos Minas frescal são necessárias para a garantia de um produto inócuo e seguro do ponto de vista sanitário.

Palavras-chave: Microbiologia, derivados lácteos, contaminação.

ABSTRACT

The consumption of milk and dairy products is extremely relevant in the world and especially in Brazil, where it reaches high proportions. Minas fresh cheese is a product with high humidity and raw mass, obtained by enzymatic coagulation of milk with the action of specific lactic bacteria or with rennet, having the obligation to be produced with pasteurized milk. In addition to the risk when produced with raw milk by small producers, there is a risk of handling without proper hygiene practices and for all that, the risk of contamination by pathogenic microorganisms becomes relevant. Brazilian legislation establishes microbiological limits for *Salmonella spp.*, coagulase positive *Staphylococcus* and *Escherichia coli* in this product. Given the above, the aim of this literature review is to present data on the contamination of Minas fresh cheese produced in Brazil. The occurrence of diseases arising from undesirable contamination, especially in cheese, reinforces the need for effective control throughout its production chain. More effective actions by inspection agencies, such as guidance on

hygienic and sanitary care during the production and marketing of Minas fresco cheeses, are necessary to guarantee an innocuous and safe product from a sanitary point of view.
Keywords: Microbiology, dairy products, contamination.

INTRODUÇÃO

De origem brasileira, o queijo Minas frescal é considerado um dos queijos mais populares do país, sendo consumido por todas as camadas sociais. Esse tipo de queijo geralmente é fabricado por produtores rurais, que destinam parte do leite ordenhado para a produção do alimento, seja para consumo próprio ou com o objetivo de comercializá-lo (Motta e Farias, 2020).

O queijo Minas frescal apresenta elevada umidade e é altamente perecível, características propícias para contaminação, sobrevivência e multiplicação de microrganismos patogênicos e/ou produtores de toxinas. Essas condições se agravam quando processados com leite cru, sem o emprego das boas práticas de fabricação e tecnologia adequada (Oliveira et al., 2017).

O queijo minas frescal de acordo com o Regulamente Técnico de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos é o queijo fresco obtido por coagulação enzimática do leite como coalho e/ou outras enzimas coagulantes adaptadas complementada ou não com a ação de bactérias lácticas especificas e é um produto que obrigatoriamente deve ser elaborado com leite pasteurizado (Brasil, 1996).

O queijo Minas frescal é de fabricação simples, baixo custo, alto rendimento e comercializado a preços acessíveis, sendo um dos produtos lácteos mais vendidos em feiras, bares, supermercados. Esse tipo de alimento pode ter sua origem industrial, fabricado por laticínios, os quais são inspecionados e fiscalizados segundo a legislação vigente, e também de forma artesanal onde são produzidos de maneira informal sem qualquer inspeção (Motta e Farias, 2020).

A condição higienicossanitária é o primeiro passo para uma fabricação adequada do queijo, que começa na ordenha do leite e vai até a produção, armazenamento e transporte do produto (Picoli et al., 2006). Existem evidências de que a comercialização e a produção de queijos por parte de algumas propriedades rurais e/ou pequenas industriais não utilizam as boas práticas de fabricação contribuindo para a baixa segurança microbiológica devido à falta de cuidados durante o processo de fabricação e distribuição (Feitosa et al., 2003).

A produção do queijo Minas frescal ainda acontece em pequena escala em algumas regiões, por pequenos produtores, com pouca tecnologia, de origem familiar e sazonal contribuindo para o questionamento sobre a inocuidade do produto para o consumo humano. A qualidade microbiológica do queijo é uma característica fundamental pois está diretamente relacionada à saúde pública, sendo seu controlde higienicossanitário um fator de grande relevância na prevenção de doenças de origem alimentar (Oliveira, 2014; Castro et al., 2016; Yoon et al., 2016).

A legislação brasileira, por meio da Instrução Normativa n° 60 de 19 de dezembro de

2019 (Brasil, 2019a) determina parâmetros para contagem de *Escherichia coli* ($10^3.g^{-1}$), Estafilococos coagulase positiva ($10^3.g^{-1}$) e ausência de *Salmonella* spp. Esta resolução, juntamente com a RDC 331 de 19 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019b) revogaram a RDC 12 de 02 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001). Nesta última era preconizado o mesmo limite para Estafilococos coagulase positiva e *Salmonella* spp. e ainda 5 x 10^3 NMP.g^{-1} para coliformes a 45°C e ausência para *Listeria monocytogenes*.

Diante do exposto a necessidade de garantir a segurança alimentar durante o processamento dos alimentos foi a premissa para o presente estudo que tem como finalidade fazer um levantamento sobre a qualidade microbiológica dos queijos tipo minas frescal por meio de uma revisão bibliográfica.

METODOLOGIA

Neste estudo de revisão narrativa empregou-se uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados: *PubMed*, *SciELO*, *Medline*, *Lilacs*, *Google Scholar* e teses ou dissertações. Os critérios de inclusão foram: artigos publicados em português e inglês, entre janeiro de 2017 a junho de 2021. Os artigos foram selecionados com base na análise de seus títulos, seguidos pelo seu resumo. Foram excluídos aqueles que não relacionados a contaminação de queijos Minas frescal. As palavras-chave utilizadas para busca nos bancos de dados foram: queijo, Minas frescal, contaminantes, microbiologia, *fresh cheese*.

DESENVOLVIMENTO

Microrganismos contaminantes em queijos Minas frescal

O queijo Minas frescal está entre os produtos mais consumidos no Brasil, seja produzido de forma artesanal ou industrial. É um produto de baixo custo e de fabricação relativamente simples, sendo obrigatório sua fabricação com leite pasteurizado, embora em produções artesanais, sem fiscalização, é comum sua produção utilizando leite cru (Lima e Cardoso, 2019). A contaminação do leite cru é oriunda de várias fontes, desde a pele ou fezes do animal ou produtor, úbere infectado, insetos e equipamentos utilizados na ordenha mal higienizados (Omar et al., 2018).

A IN n° 60 (Brasil, 2019a) destaca *Salmonella* spp., Estafilococos coagulase positiva e *Escherichia coli* como contaminantes de queijos Minas frescal, oriundos geralmente de contaminações cruzadas ou após o processamento, representando risco à saúde dos consumidores quando presentes nesse produto.

O grupo dos coliformes é indicador de contaminação de ordem higienicossanitária em alimentos. *Escherichia coli* é o principal representante, é indicador de contaminação de origem fecal no grupo dos coliformes a 45°C e sua patogenicidade apresenta ação toxigênica e

infecciosa, associada a sintomas gastrointestinais (Flores e Melo, 2015).

Salmonella spp. também faz parte da família *Enterobacteriaceae*, como *E. coli*, e sua presença em alimentos é também indicativo de contaminação de origem fecal, podendo permanecer viável em queijos contaminados por longo período de tempo, causando infecção alimentar em indivíduos de todas as faixas etárias pelo consumo de alimentos contaminados por este microrganismo (Batistella e Pedrosa, 2021). Especificamente a contaminação de produtos lácteos por *Salmonella* spp. está relacionada principalmente, com a utilização de leite cru ou insuficientemente pasteurizado ou ainda, à fabricação de queijos com leite contaminado (Cancino-Padilla et al., 2017).

A presença de *Staphylococcus* spp. em alimentos sugere contaminação pela manipulação durante ou pós processamento e está relacionada a surtos de intoxicação alimentar pela ingestão de toxinas produzidas por estes microrganismos nos alimentos (Sousa et al., 2020). A pasteurização do leite inativa estes microrganismos, portanto a sua presença em queijos Minas frescal, também pode estar relacionada a não pasteurização do leite e a outros cuidados higiênicos possivelmente negligenciados (Ferreira e Silva, 2021).

Contaminação microbiológica de queijos Minas frescal no Brasil

Diversos autores verificaram a qualidade higienicossanitária de queijos Minas frescal. Feitosa et al. (2016) realizaram um estudo onde identificaram e descreveram os possíveis contaminantes do queijo Minas frescal em diferentes períodos sazonais (chuvoso e estiagem). Os resultados demonstraram que no período de estiagem, houve a contaminação para coliformes a 35°C em 86% das amostras, coliformes a 45°C em 62% e *Staphylococcus* spp. em 27% dos queijos avaliados. No período chuvoso os resultados foram: 100% das amostras apresentaram altas contagens para coliformes a 35°C; 78% para coliformes a 45°C e 5% para *Staphylococcus* spp.

As condições higienicossanitárias de queijos Minas frescal produzidos artesanalmente e industrialmente foram analisadas por Dias et al. (2016). Os resultados evidenciaram que 100% dos queijos produzidos artesanalmente estavam em desacordo com os padrões microbiológicos previstos em legislação vigente, enquanto que 90% dos produzidos industrialmente atenderam a legislação. As agroindústrias produtoras de queijos artesanais geralmente possuem baixo grau de adequação às Boas Práticas de Fabricação e por este motivo, apresentam alto percentual de inconformidades nos seus produtos, em especial, nos queijos Minas frescais (Vinha et al., 2016).

Ferreira e Silva (2021) analisaram 10 amostras de queijo Minas frescal comercializados no município de Uberlândia, MG, sendo 5 amostras de produção industrial e 5 de produção artesanal. Foram avaliadas quanto a presença de *Salmonella* spp., *Staphylococcus* coagulase positiva, Coliformes a 45°C, *Serratia* spp., *Hafnia* spp., *Enterobacter* spp. e *Klebsiella* spp. Os autores concluíram que 90% das amostras envolvidas no estudo estavam inapropriadas para o

consumo, sendo que a única amostra apropriada foi de produção industrial.

A qualidade sanitária do leite utilizado como matéria-prima para a produção de derivados lácteos é premissa fundamental para garantir o sucesso do produto final na fabricação de queijos artesanais a prevenção e correção dos defeitos é difícil pois a matéria-prima principal, o leite, não pode ser padronizado assim como ocorre nas indústrias (Sobral et al., 2017).

O queijo Minas frescal artesanal comercializado na região norte de minas Gerais foi avaliado por Garcia et al. (2016) quanto à sua qualidade microbiológica. Neste estudo os autores encontraram valores em desconformidade com a legislação vigente para coliformes a 45°C, *Staphylococcus* spp. e o que mais chamou a atenção foi a identificação e isolamento de *Salmonella* spp. em 63% das amostras avaliadas, sendo que a legislação preconiza ausência para este microrganismo neste tipo de alimento. Problemas no contexto da higiene ao longo da cadeia produtiva destes queijos podem ser a causa destes resultados.

Em estudo semelhante, Lima e Cardoso (2019) avaliando o perfil microbiológico de queijos Minas frescal produzidos artesanalmente e comercializados em feiras livres do Distrito Federal, detectaram a presença de coliformes a 45°C em quantidades acima do preconizado em legislação vigente em todas as amostras avaliadas e *Salmonella* spp. em 95% das amostras. Estes resultados são alarmantes do ponto de vista da saúde pública, uma vez que todos os queijos avaliados encontravam-se impróprios para o consumo humano. Os autores ressaltam a importância de melhorias na cadeia produtiva desses produtos e de uma fiscalização mais atuante sobre quem produz e quem comercializa estes produtos.

Salmonella spp. também foi isolada em 40% das amostras de queijo Minas frescal analisadas no estudo de Souza et al. (2017). Neste mesmo estudo não foi evidenciada a presença de *Listeria monocytogenes*, porém *Escherichia coli* foi isolada em 32% das amostas, coliformes a 45°C em contagem acima do máximo preconizado em 40% dos queijos e *Staphylococcus* coagulase positiva em 32% das amostras. Os autores concluíram que apenas 88% dos queijos analisados não atenderam aos padrões microbiológicos exigidos em legislação.

Em uma pesquisa para avaliar as condições sanitárias de queijo Minas frescal comercializados em supermercados em Curitiba, PR, Silvério et al. (2017) concluíram que 33,3% das amostras avaliadas estavam em desacordo com o estabelecido pela legislação vigente para coliformes a 45°C. A presença de *Salmonella* spp. foi evidenciada em uma amostra e *Staphylococcus* coagulase positiva ausente em todas as amostras. Os autores identificaram também *E. coli*, *Hafnia alveii*, *Pseudomonas* spp. e *Shigella* spp. nos queijos avaliados, ressaltando o risco que estes produtos oferecem ao consumidor. Já Camargo et al. (2020) observaram resultados distintos. No intuito de determinar as condições higienicossanitárias e a presença de possíveis enteropatógenos em queijo Minas frescal comercializado em Fernandópolis, SP, os autores não encontraram crescimento de nenhum microrganismo, estando todos os queijos avaliados em conformidade com a legislação vigente.

Staphylococcus coagulase positiva, coliformes a 45°C e *Escherichia coli* foram pesquisados em queijos Minas frescal comercializados em supermercados em Duque de Caxias, RJ por Saleh et al. (2019). Foram analisadas um total de 19 amostras, destas, 52,6% (10/19) apresentaram contagem de coliformes a 45°C acima do estabelecido em legislação e em todas estas, *E. coli* foi confirmada. Em 100% das amostras avaliadas foi observado *Staphylococcus* coagulase positiva em contagens acima do permitido. Os autores sugeriram medidas mais eficazes na cadeia produtiva que visem a melhoria da qualidade microbiológica destes produtos. Resultados semelhantes acerca da contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva acima do preconizado em legislação foi observado em 100% das amostras de queijo Minas frescal comercializados no município de Rolim de Moura, RO, e analisados por Pinto et al. (2020). *E. coli* em contagens acima dos padrões determinados também foi isolada em 43% das amostras neste estudo.

Em queijos Minas frescal industrializados, Silva et al. (2019) observaram que apenas 6,6% das amostras encontravam-se em desacordo com a legislação, com contagens de *E. coli* acima do preconizado. Porém, a metodologia empregada para detecção foi o Petrifilm™ que também fornece a contagem de coliformes a 35°C, indicadores de contaminação. Para estes, foi observado resultado preocupante relacionado à qualidade higienicossanitária na produção dos queijos analisados, uma vez que 43,3% das amostras apresentaram altas contagens de colônias, comprovando falhas no processo de fabricação, ressaltando a necessidade de controle em todos os pontos críticos de controle da indústria, além de uma maior eficiência da fiscalização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de fabricação e comercialização dos queijos tipo Minas frescal são temas relevantes do ponto de vista da saúde pública, devido à necessidade de oferta de produtos seguros à população. A contaminação por microrganismos patogênicos ao longo da cadeia produtiva deste produto pode ocasionar sérios riscos ao consumidor. Outro fator importante, é a realização de medidas preventivas, de conscientização e esclarecimento de produtores acerca da necessidade de práticas higiênicas em toda cadeia produtiva dos queijos Minas frescal, em especial, enfocar a obrigatoriedade da pasteurização do leite na fabricação deste produto, como preconizado em legislação.

REFERÊNCIAS

BATISTELLA, V. M. C.; PEDROSA, A. Qualidade microbiológica de queijos Minas frescais artesanais. Scientific Electronic Archives, v. 13, n. 5, p. 99-103, 2021.

BRASIL/MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria n° 146 de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos**. Diário Oficial da União**, Brasília, DF, em 07 mar. 1996.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, revogando a Portaria SVS/MS nº 451, de 19 de setembro de 1997. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 331, de 2 de janeiro de 2001. Dispõe sobre sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Edição 249, Seção 1, Página 96. Brasília, DF, 26 de dezembro de 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Edição 249, Seção 1, Página 133. Brasília, DF, 26 de dezembro de 2019b.

CANCINO-PADILLA, N.; FELLENBERG, M. A.; FRANCO, W.; IBÁÑEZ, R. A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E. Foodborne bacteria in dairy products: detection by molecular techniques. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 44, n. 3, p. 215-229, 2017.

CAMARGO, A. C. B.; JACINTO, I. P.; PAIVA, J. L.; PAULA, J. M.; ALVES, L. G. K.; MATTOS, M. C. D. Qualidade microbiológica do queijo tipo minas "frescal" comercializado na cidade de Fernandópolis-SP. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 10370-10382, jul./ago. 2020.

CASTRO, R. D.; OLIVEIRA, L. G.; SANT'ANNA, F. M.; LUIZ, L. M. P.; SANDES, S. H. C.; SILVA, C. I. F.; SILVA, A. M.; NUNES, A. C.; PENNA, F. A. M.; SOUZA, M. R. Lactic acid microbiota identification in water, raw milk, endogenous starter culture, and fresh Minas artisanal cheese from the Campo das Vertentes region of Brazil during the dry and rainy seasons. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 8, p. 6086-6096, 2016.

DIAS, B. F.; FERREIRA, S. M.; CARVALHO, V. S.; SOARES, D. S. B. Qualidade microbiológica e físico-química de queijo Minas frescal artesanal e industrial. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 3, p. 57-64, jul./set., 2016.

FEITOSA, T.; BORGES, M. F.; NASSU, R. T.; AZEVEDO, E. H. F.; MUNIZ, C. R. Pesquisa de *Salmonella* sp., *Listeria* sp. e microrganismos indicadores higienicossanitário em queijo de coalho produzido no Estado do Rio Grande do Norte. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 162-165, 2003.

FERREIRA, A. C. M.; SILVA, H. A. Indicadores higiênicossanitário em queijos do tipo minas frescal na cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 24, n. 1, p. 103-111, 2021.

FLORES, A. M. P. C.; MELO, C. B. Principais bactérias causadoras de doenças de origem alimentar. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 37, n.1, p. 65-72, 2015.

GARCIA, J. K. S.; PRATES, R. P.; FARIAS, P. K. S.; GONÇALVES, S. F.; SOUZA, C. N. Qualidade microbiológica de queijos frescos artesanais comercializados na região do norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**., v. 8, n. 2, p. 58-65, 2016.

LIMA, A. A.; CARDOSO, A. J. V. S. Qualidade microbiológica de queijo Minas frescal, artesanal, comercializados em feiras livres do Distrito Federal. **Brazilian Journal of Development,** v. 5, n. 9, p. 13673-13688, 2019.

MOTTA, B. C.; FARIAS, L. M. Determinação da qualidade físico-química e microbiológica do queijo Minas frescal artesanal comercializado em uma cidade da Zona da Mata Mineira. **Saúde Dinâmica – Revista Científica Eletrônica**. n. 1, p. 44-65, 2020.

OLIVEIRA, L. G. Caracterização microbiológica e físico-química durante a maturação em diferentes épocas do ano de queijo Minas artesanal de produtores cadastrados da mesorregião de Campo das Vertentes – MG. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)** – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 111p., 2014.

OLIVEIRA, A. M.; KURIHARA, R. Y.; SILVA, F. F.; SILVA, F. G.; JÚNIOR, J. C. R.; BELOTI, V. Condições higienicossanitárias da produção de queijos tipo muçarela e Minas frescal comercializados no norte do Paraná. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v.72, n. 1, p. 40-47, 2017.

OMAR, D.; AL-ASHMAWY, M.; RAMADAN, H.; EL-SHERBINY, M. Occurrence and PCR identification of Salmonella spp. from milk and dairy products in Mansoura, Egypt. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 1, p. 446-452, 2018.

PINTO, N. D.; MENEGUELLI, M.; BERNDT, F. M.; SANTOS, D. F.; MUNIZ, I. M. Qualidade microbiológica de queijo Minas frescal. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 1-6, 2020.

PICOLI, S. U.; BESSA, M. C.; CASTAGNA, S. M. F.; GOTTARDI, C. P. T.; SCHMIDT, C. M. Quantificação de coliformes, *Staphylococcus aureus* e mesófilos presentes em diferentes etapas da produção de queijo frescal de leite de cabra em laticínios. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 65-69, 2006.

SALEH, M. M.; VARGAS, D. F. M.; BASTOS, I. S.; BAPTISTA, R. F.; COSTA, A. P.; KASNOWSKI, M. C.; FRANCO, R. M. Avaliação microbiológica de queijo Minas Frescal comercializado no município de Duque de Caxias/RJ. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 13, n. 1, p. 78-88, 2019.

SILVA, A. A.; STORTI, B. C.; FERREIRA, L. M.; SOUZA, S. M. O. Detecção de *Escherichia coli* pelo sistema petrifilm TM em queijo Minas frescal embalados à vácuo. **PUBVET**, v. 13, n. 5, a. 332, p. 1-5, 2019.

SILVÉRIO, V.; BORSOI, A.; FURTADO, S. K.; HARTMANN, W. Características microbiológicas e sensoriais de queijo Minas frescal comercializado na cidade de Curitiba – PR. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, n. 54, p. 68-80, 2017.

SOBRAL, D.; COSTA, R. G. B.; PAULA, J. C. J.; TEODORO, V. A. M.; MOREIRA, G. M. M.; PINTO, M. S. Principais defeitos em queijo Minas artesanal: uma revisão. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 2, p. 108-120, 2017.

SOUSA, T. L.; VIEIRA, J. N.; SILVA, J. P.; SILVA, R. M.; SANTOS, P. A.; VIANA, L. F. Avaliação físico-química e microbiológica de queijo Minas frescal comercializado em feiras livres de Goiás. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 5, p. 117-132, 2020.

SOUZA, I. A.; GIOVANNETTI, A. C. S.; SANTOS, L. G. F.; GANDRA, S. O. S.; MARTINS, M. L.; RAMOS, A. L. S. Qualidade microbiológica de queijo Minas frescal comercializado na Zona da Mata Mineira. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 3, p. 152-162, 2017.

YOON, Y.; LEE, S.; CHOI, K. H. Microbial benefits and risks of raw milk cheese. **Food Control**, v. 63, p. 201-205, May 2016.

VINHA, M. B.; PINTO, C. L. O.; VANETTI, M. C. D.; SOUZA, M. R. M.; CHAVES, J. B. P. Qualidade de queijos Minas frescal produzidos e comercializados informalmente em agroindústrias familiares. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 6, n. 4, p. 51-60, 2016.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

DA SEGURANÇA ALIMENTAR À "CULTURA DE SUJIDADES" EM FEIRAS E MERCADOS PÚBLICOS NO BRASIL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

FROM FOOD SECURITY TO THE "DIRT CULTURE" IN FAIRS AND PUBLIC MARKETS IN BRAZIL: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW

ROSA, Matheus Yuri de Oliveira[1]*; LOBATO, Flavio Henrique Souza[2]

[1]Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal do Pará;
[2]Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento/Universidade Federal do Pará
*Contato: matheusyurid@gmail.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar os resultados de estudos independentes sobre condições e práticas higiênico-sanitárias de feiras e mercados públicos no Brasil, por meio de uma revisão integrativa da literatura. Para tanto, foi realizada uma busca, em 02 de janeiro de 2020, no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), utilizando o descritor "condições higiênico-sanitárias", a fim de identificar os artigos científicos publicados em periódicos nos últimos 11 anos (2009-2019). Como resultado, após a aplicação de critérios de inclusão e de exclusão, foram encontrados 12 artigos, nos quais pôde-se observar que há uma tendência histórica de condições estruturais irregulares em feiras e mercados públicos brasileiros, bem como péssimas práticas higiênico-sanitárias na manipulação e na comercialização dos alimentos. Tais fatores, sequencialmente, podem corroborar com a contaminação de produtos por microrganismos, incitar a proliferação de Doenças Veiculadas por Alimentos (DVAs) e expor ao risco a saúde dos consumidores que frequentam esses espaços.

Palavras-chave: Feiras e mercados públicos, condições higiênico-sanitárias, boas práticas de manipulação, revisão da literatura.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the results of independent studies on hygienic-sanitary conditions and practices of fairs and public markets in Brazil, through an Integrative Literature Review (RIL). To this end, a search was carried out, on January 2, 2020, in the Periodicals Portal of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) using the descriptor "Hygienic-sanitary conditions", in order to identify the scientific articles published in journals in the last 11 years (2009-2019). As a result, after the application of inclusion and exclusion criteria, 12 articles were selected, in which it was possible to observe that there is a historical trend of irregular structural conditions in Brazilian fairs and public markets, as well as poor hygienic practices-sanitary handling in the marketing of food. Such factors can, sequentially, corroborate with the contamination of products by microorganisms, encourage the proliferation of Diseases Transmitted by Food (DVAs) and risk the health of consumers who frequent these spaces.

Keywords: Fairs and public markets, hygienic-sanitary conditions, good handling practices, literature review.

INTRODUÇÃO

As feiras e os mercados públicos são locais utilizados para fins de abastecimento e, com efeito, espaços onde os consumidores podem adquirir produtos e serviços a preços acessíveis. Ademais, ao disponibilizarem basicamente produtos alimentícios, apresentam expressiva circulação de comerciantes, de consumidores e de trabalhadores, promovendo intercâmbios econômicos e culturais entre diferentes lugares e pessoas (Lobato e Ravena-Cañete, 2019; Pereira, 2018). Porém, diante do abandono e da falta de fiscalização do setor público, a comercialização de alimentos nesses locais pode acarretar em problemas à saúde dos consumidores, uma vez que os produtos são mantidos em ambientes inadequados (Matos et al., 2015; Rosa et al., 2019).

Além das péssimas condições estruturais, a falta de conhecimento técnico por parte dos manipuladores de alimentos também contribui para que esses espaços se encontrem em desacordo com a legislação sanitarista brasileira. Os manipuladores, em geral, não seguem requisitos básicos, como a correta higienização das mãos, o uso de uniformes adequados e a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), contribuindo para a continuidade de uma "cultura de sujidades" que vai de encontro às Boas Práticas de Manipulação de Alimentos (Lundgren et al., 2009; Barreto et al., 2012; Costa et al., 2017).

Conquanto não haja uma legislação federal específica sobre a venda de alimentos em feiras e mercados públicos no Brasil, há a existência de códigos de postura em cada cidade, assim como instrumentos normativos gerais vinculados à Vigilância Sanitária, criados com a finalidade de disciplinar e de garantir a comercialização de alimentos de forma apropriada. Nesse sentido, merecem destaque a RDC nº 275/2002 (Brasil, 2002), a RDC nº 216/2004 (Brasil, 2004) e a RDC nº 60/2019 (Brasil, 2019), as quais têm como objetivo auxiliar na manutenção e na boa qualidade dos alimentos. No entanto, tais instrumentos por si só não têm motivado mudanças significativas, pois os estudos têm evidenciado um histórico de inadequações.

Nesse contexto, tendo em vista que os consumidores estão mais atentos à higiene e à qualidade dos alimentos, torna-se necessária a elaboração de pesquisas que envolvam a segurança alimentar nos locais de venda de alimentos. Com base nisso, na busca por identificar e analisar estudos que avaliam as condições estruturais e as práticas sanitárias na comercialização de alimentos em feiras e mercados públicos brasileiros, esta investigação realizou uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL) no Portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), utilizando o descritor "condições higiênico-sanitárias".

REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERAUTURA (RIL)

Entre os métodos científicos existentes para possibilitar uma pesquisa científica, a revisão da literatura foi adotada por compreender um procedimento metodológico com o objetivo de investigar "[...] o conhecimento atual sobre uma temática específica, já que é conduzida de

modo a identificar, analisar e sintetizar resultados de estudos independentes sobre o mesmo assunto [...]" (Souza et al., 2010, p. 103-104). Em outras palavras, a RIL tem "[...] a capacidade de sistematização do conhecimento científico [...], de forma que o pesquisador aproxime-se da problemática que deseja apreciar, traçando um panorama sobre sua produção científica [...]" (Botelho et al., 2011, p. 133).

Para realizar a revisão integrativa da literatura acerca das "condições e práticas higiênico-sanitárias em feiras e mercados públicos brasileiros", foram seguidas as cinco etapas propostas por Joanna Briggs Institute (JBI) (2011), a saber: 1) formulação da questão problema, 2) definição e especificação dos métodos de seleção dos estudos, 3) extração dos dados, 4) análise dos artigos selecionados, 5) extração dos dados e 5) apresentação da revisão/síntese do conhecimento produzido e publicado.

Procedimentos metodológicos

Ao se basear nos conceitos e princípios acima apresentados, com a intenção de investigar*: "o que dizem as produções científicas de relevância a respeito das condições e práticas higiênico-sanitárias em feiras e mercados públicos brasileiros nos últimos 11 anos (2009-2019)?"*, a metodologia empregada nesta pesquisa partiu de abordagem mista (qualitativa e quantitativa) e de caráter descritivo e analítico. Para selecionar apenas artigos científicos com mérito acadêmico, a pesquisa foi realizada no Portal de Periódicos da CAPES, em 02 de janeiro de 2020, utilizando-se o descritor "condições higiênico-sanitárias", pois é uma expressão frequentemente utilizada nos trabalhos acerca desta temática.

A busca empregou sete critérios de inclusão, quais sejam: 1) aqueles que abordavam efetivamente a avaliação de condições higiênico-sanitárias, 2) publicados em revistas científicas ou periódicos, 3) publicados em periódicos revisados por pares, 4) publicados entres os anos de 2009 e 2019, 5) disponíveis na íntegra na internet 6) que tinham como lócus de avaliação as feiras livres e os mercados públicos e 7) não eram repetições ou traduções de algum artigo já selecionado. Consequentemente, foram excluídos os artigos (critérios de exclusão) que: 1) abordavam outras temáticas, 2) publicados em sites jornalísticos, eventos e/ou como capítulos de livros, 3) publicados em periódicos sem revisão por pares, 4) publicados em anos anteriores a 2009 e posteriormente a 2019, 5) tinham outros lócus de avaliação e 6) não estavam disponíveis na internet na íntegra.

A princípio, com a busca pelo descritor "condições higiênico-sanitárias", foram encontrados 278 artigos. Contudo, após empregar os critérios de inclusão e de exclusão, identificou-se que 266 artigos não se enquadravam aos critérios adotados, resultando apenas 12 artigos para compor a amostra analisada. É conveniente destacar que ao se realizar a pesquisa com o mesmo descritor em outras bases, como *Scielo* e Google Acadêmico, certamente, seria possível encontrar outros artigos, mas o objetivo neste estudo foi trabalhar tão apenas com o Portal da CAPES.

A partir dos artigos encontrados, foi confeccionado um formulário para obtenção de dados. Este instrumento foi pensado exclusivamente para obter dados acerca do ano de publicação, do idioma, dos autores, do sexo do(a) autor(a) principal, da região e do estado retratado e do periódico publicado. Ademais, os dados foram tabulados no programa *Microsoft Excel* 2016, permitindo fazer a análise quantitativa. Em relação à análise qualitativa, esta foi possibilitada mediante alguns princípios clássicos da análise do conteúdo, de Laurence Bardin (2016). Para a análise dos 12 artigos, foram criadas 3 categorias, sendo elas: 1) identificação dos artigos, 2) materiais e métodos e 3) condições higiênico-sanitárias em feiras e mercados brasileiros e Boas Práticas na Manipulação de Alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Identificação dos artigos

Como retrocitado, a busca no Portal de Periódicos da CAPES, obteve um total de 12 artigos (Quadro 01). Todos os trabalhos foram escritos em língua portuguesa e publicados entre 2009 e 2019. A revista "Alimentos e Nutrição Araraquara" foi o periódico que publicou o maior número de artigos (3) no momento da busca. Com relação ao número de autores(as), pôde-se perceber uma variação entre 2 e 7 pesquisadores(as), com uma média de 4 autores(as) por artigo. Levando-se em consideração o gênero, o sexo feminino mostrou uma forte presença, com 37 mulheres e apenas 17 homens entre os autores(as). Estas informações demonstram que há uma presença feminina significativa nessas pesquisas. Tais resultados vão ao encontro dos dados divulgados pela Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI), os quais indicam que, entre os anos de 2014 e 2017, o Brasil publicou aproximadamente 53,3 mil artigos, dentre os quais 72% contam com a participação de mulheres como autoras (Albornoz et al., 2018).

Quadro 01: Identificação dos artigos sobre condições higiênico-sanitárias em feiras e mercados públicos brasileiros encontrados no Portal de Periódicos da CAPES.

Título do artigo	Autor
1. Condições higiênico-sanitárias de feiras livres: uma revisão integrativa	Matos et al., 2015
2. Análise das condições de higiene na comercialização de alimentos em uma feira livre do Distrito Federal	Beiró e Silva, 2009
3. Aspectos higiênico-sanitários de estabelecimentos comercializadores de carnes no município de Bom Jesus-PI	Rodrigues et al., 2017
4. Condições higiênico-sanitárias da comercialização da comercialização de carnes em feiras livres de Paranatama-PE	Almeida et al., 2011
5. Condições higiênico-sanitárias e físico-estruturais da área de manipulação de carne *in natura* em minimercados de Recife (PE), Brasil	Costa et al., 2013
6. Educação higiênico-sanitária dos feirantes do Mercadão 2000 e da Feira do Pescado em Santarém-PA	Souza e Atayde, 2017
7. Estafilococos Coagulase positivos em filés de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) comercializados no mercado Modelo de Nerival Araújo, Currais Novos-RN	Rocha et al., 2013
8. Condições higiênico-sanitárias de ovos comercializados em feiras livres e mercados do Recôncavo da Bahia	Lima et al., 2018

9. Avaliação das condições higiênico-sanitárias do pescado comercializado no Município de Cruz das Almas-BA	Barreto et al., 2012
10. Condições higiênico-sanitárias da carne bovina comercializada em um mercado público do Piauí	Costa et al., 2017
11. Perfil da qualidade higiênico-sanitária da carne bovina comercializada em feiras livres e mercados públicos de João Pessoa-PB-Brasil	Lundgren et al., 2009
12. Avaliação microbiológica e da rotulagem de massas alimentícias frescas e refrigeradas comercializadas em feiras livres e supermercados	Comelli et al., 2011

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao analisar as localizações que serviram como base para os estudos, a maioria dos *lócus* de estudo eram da Região Nordeste (75%), seguida pelas demais regiões: Norte (8,33%), Centro-Oeste (8,33%), Sudeste (8,33%) e Sul (0%), sendo o Estado do Piauí (25%) o que apresentou a maior quantidade de artigos publicados, como mostra o Quadro 01. Pode-se observar que os estados BA, PE e PI, juntos, publicaram a maioria dos artigos. Este dado pode ser passível de explicação em face de na Região Nordeste haver uma cultura forte de feiras livres e mercados públicos (Pereira, 2018).

Quanto ao objeto de estudo investigado pelos artigos, 41,67% focalizaram a comercialização de carne bovina, 25% a comercialização de pescados, 20% a comercialização de outros alimentos e 8,33% a comercialização de ovos. Nesses e em outros estudos sobre risco sanitário de alimentos, é frequente a utilização de carne bovina e de pescados como objetos de estudo, possivelmente em virtude do valor econômico e do apelo cultural que esses alimentos possuem, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (Souza e Atayde, 2017).

Materiais e métodos dos artigos

Ao seguir a análise dos artigos, a respeito das abordagens de pesquisa, apenas 1 (8,33%) artigo apresentava abordagem qualitativa, 9 artigos (75%) apresentavam abordagem quantitativa e 2 artigos (16,67%) a abordagem mista. Diante de tais dados, observa-se que essas pesquisas, por terem caráter avaliativo, normalmente dão preferência para abordagens quantitativas, utilizando-se da estatística descritiva para análise dos dados obtidos. Além disso, conforme observado nos artigos, alguns pesquisadores(as) não tiveram contato e/ou se comunicaram com os vendedores dos alimentos, não havendo coleta de respostas dos sujeitos. Desse moco, por vezes, os autores se restringem apenas às análises do tipo observacional, avaliando tão somente a aparência estrutural e as práticas dos manipuladores. É oportuno enfatizar que a diminuta utilização das pesquisas qualitativas nessas investigações deixa de desvelar resultados mais complexos e subjetivos.

No que concerne ao tipo de pesquisa, todos os artigos utilizaram pesquisa bibliográfica, pois fazem uso de embasamento teórico para realizar a análise dos dados com base na literatura. Ademais, 11 artigos (91,67%) realizaram pesquisas documentais, ao fazer uso de instrumentos normativos, os quais comumente servem como base para a elaboração dos questionários e/ou dos *checklists* utilizados no campo. Quanto à pesquisa de campo, como

mostra a Tabela 01, 11 artigos (91,67%) também a realizaram. Para avaliar as condições e as práticas higiênico-sanitárias, foi imprescindível realizar visitas para conhecer e inferir dados sobre a área estudada. Por fim, do total, 6 artigos (50%) realizaram pesquisas experimentais, com vistas a "[...] determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto [...]" (Gil, 2007, p. 53).

Tabela 01: Número de artigos sobre condições higiênico-sanitárias encontrados na Portal de Periódicos da CAPES (2009-2019), de acordo com a abordagem da pesquisa.

Tipo de pesquisa	Artigos da Revisão Integrativa da Literatura												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Total**
P. Bibliográfica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**12**
P. Documental		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
P. de campo		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
P. Experimental							✓	✓	✓	✓	✓	✓	**6**
Total de técnicas	**1**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

No contexto dos instrumentos de coleta de dados, constatou-se que 6 artigos (50%) utilizaram a coleta de amostras, a fim de realizarem os experimentos microbiológicos, 2 (16,67%) fizeram uso de registro fotográfico com o propósito de comprovar visualmente as irregularidades encontradas, 1 artigo (8,33%) trabalhou com aplicação de questionários e 1 (8,33%) com entrevistas (Tabela 02). No mais, houve a presença da observação em 11 artigos (91,67%) e da lista de verificação (*checklist*) em 9 artigos (75%) – utilizadas de forma combinada, estas ferramentas, por vezes, em um primeiro momento avaliaram os locais da pesquisa e, posteriormente, verificaram a conformidade de acordo com parâmetros da legislação aplicável.

A coleta de dados em pesquisas sobre condições higiênico-sanitárias envolvendo alimentos é, convencionalmente, realizada por meio de *checklist*, o qual pressupõe uma observação minuciosa sobre os requisitos estruturais e as práticas dos manipuladores. No entanto, com a sua popularidade, tem se tornado uma ferramenta banalizada entre estudantes e pesquisadores, quiçá, em virtude de sua fácil aplicação.

Tabela 02: Número de artigos sobre condições higiênico-sanitárias encontrados na Portal de Periódicos da CAPES (2009-2019), de acordo com os instrumentos de coleta de dados.

Instrumentos de coleta de dados	Artigos da Revisão Integrativa da Literatura												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**T**
Observação		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
Registro fotográfico				✓			✓						**2**
Lista de verificação		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	**9**
Questionário									✓				**1**
Entrevista				✓									**1**

Coleta de amostras							✓	✓	✓	✓	✓	✓	**6**
Total	**0**	**2**	**2**	**4**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Convém destacar que muitos trabalhos não mencionam todas as ferramentas empregadas na coleta de dados, dificultando ao leitor ter um melhor entendimento de como alguns resultados foram alcançados. Zanella (2011, p. 109) assinala que, para buscar informações em diferentes lugares, "[...] é preciso planejar quais são essas informações, onde elas se encontram, de que forma obtê-las e como trabalhá-las, isto é, o que se vai fazer com os dados: como serão agrupados, tratados e analisados [...]".

Para a análise dos dados, a técnica mais utilizada foi a estatística descritiva (75%), que representa um conjunto de técnicas com a finalidade de "[...] descrever, resumir, totalizar e apresentar os dados de pesquisa [...]" (Apolinário, 2006, p. 146). Apenas 1 artigo (8,33%) utilizou a análise do conteúdo (Tabela 03). Considerando a importância da confiabilidade da qualidade dos alimentos comercializados, 6 artigos (50%) utilizaram a análise microbiológica, realizada com base em parâmetros presentes na RDC nº 12/2001 (Brasil, 2001).

Tabela 03: Número de artigos sobre condições higiênico-sanitárias encontrados na Portal de Periódicos da CAPES (2009-2019), de acordo com a análise de dados.

Análise de dados	**Artigos da Revisão Integrativa da Literatura**												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**T**
Análise do conteúdo	✓												**1**
Estatística descritiva		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	**9**
Análise microbiológica						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**6**
Total de análises	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Nos artigos que fizeram uso de pesquisas experimentais, identificou-se diversas análises microbiológicas, quais sejam: contagem de *Staphylococcus aureus* (Costa et al., 2017; Comelli et al., 2011; Lundgren et al., 2009; Rocha et al., 2013); presença de *Coliformes* fecais e totais (Barreto et al., 2012; Costa et al., 2017; Lima et al., 2018; Lundgren et al., 2009; Comelli et al., 2011); contagem de *Escherichia coli* (Barreto et al., 2012; Comelli et al., 2011; Lima et al., 2018); Bactérias mesófilas e psicrotróficas (Barreto et al., 2012; Comelli et al., 2011; Lima et al., 2018; Lundgren et al., 2009); Bolores e leveduras (Lima et al., 2018; Lundgren et al., 2009); determinação de *Salmonella Spp.* (Comelli et al., 2011; Lima et al., 2018; Lundgren et al., 2009) e; *Bacillus cereus* (Comelli et al., 2011).

As condições higiênico-sanitárias e as Boas Práticas na Manipulação de Alimentos em feiras e mercados públicos brasileiros

Popularmente, há certa preferência dos consumidores por feiras livres ou mercados

públicos, pois figuram como um dos principais locais de transação de produtos em diversas cidades. Nesse sentido, Beiró e Silva (2009, p. 13) assinalam que "[...] várias feiras livres no Brasil são consideradas pontos turísticos e uma opção de alimentação e lazer para a população durante os finais de semana [...]". Em síntese, são ambiências comumente acessadas devido à noção do senso comum que considera os alimentos ali dispostos como mais frescos e de maior qualidade, além dos baixos preços.

Entretanto, vale ressaltar que os alimentos comercializados nesses espaços são mais suscetíveis à contaminação, sobretudo quando não são adotadas práticas de manipulação e de exposição adequadas para venda, assim como as inapropriadas formas de acondicionamento e de armazenamento (Barreto et al., 2012; Matos et al., 2015). Conforme Rodrigues et al. (2017, p. 94), recentemente "[...] houve uma intensificação nas ações dos órgãos de saúde pública a respeito do tema segurança alimentar, principalmente após o envolvimento das mídias noticiando os casos de surtos alimentares [...]".

Pôde-se evidenciar que os consumidores têm se mostrado mais exigentes acerca das questões higiênicas e de qualidade, preferindo supermercados às feiras livres. Segundo Almeida et al. (2011), os consumidores são capazes de perceber como e de que forma os produtos comercializados estão expostos. Apesar de as feiras possuírem importância social, econômica e cultural para as cidades, Barreto et al. (2012, p. 87) enfatizam que entre os vendedores ainda persiste a comercialização inadequada dos produtos, visto que os alimentos são submetidos a situações negligentes que contribuem para a sua contaminação por microrganismos. Tais situações "[...] se caracterizam como um risco à saúde pública e vão de encontro à legislação sanitária vigente no país" (Almeida et al., 2011, p. 585).

Acerca da infraestrutura, praticamente todas as pesquisas evidenciam as inadequadas condições de comercialização dos produtos nas feiras ou nos mercados públicos investigados. Os estudos enfatizam a inexistência de higiene, a desorganização, a falta de saneamento básico, a deficiente estrutura, a exposição dos alimentos à poeira e/ou ao sol e a ausência de refrigeração. Costa et al. (2017), a exemplo, mostram em seu estudo que 83,33% dos boxes comercializadores de carne bovina em um mercado público do Piauí não seguiam as recomendações ou as disposições da legislação, uma vez que os locais "[...] de comercialização das carnes apresentava aspecto bastante sujo, indicando que os alimentos [...] não demonstravam condições confiáveis de higiene [...]" (Costa et al., 2017, p. 4).

No tocante aos manipuladores, notou-se que eles são um dos principais responsáveis pela insegurança alimentar dos consumidores, pois o descumprimento das Boas Práticas de Manipulação de Alimentos é recorrente e, com efeito, contribuem para a proliferação microbiológica. Nesse sentido, sobre a utilização de uniformes, Beiró e Silva (2009) identificaram que pouquíssimos estabelecimentos seguiam as determinações sobre vestimentas e EPIs adequados. No entanto, Almeida et al. (2011) evidenciaram em sua pesquisa que, embora os

comerciantes de carnes utilizassem uniformes, 79% deles estavam sujos.

Por outro lado, o trabalho de Souza e Athayde (2017) constatou que as altas temperaturas registradas no Mercadão 2000, em Santarém (PA), ao promoverem desconforto térmico, inviabilizam a utilização de vestimentas e de equipamentos adequados. Costa et al. (2017) salientam também irregularidades quanto à utilização dos EPIs, ao observar que 100% dos manipuladores de um Mercado Público no Piauí não utilizavam toucas e/ou luvas. Em contexto similar, Almeida et al. (2011) notaram que apenas 4% dos manipuladores das feiras livres de Paranatama (PE) utilizavam luvas no momento da manipulação da carne. Os dados obtidos por Beiró e Silva (2009), em uma feira livre do Distrito Federal, reiteram esse cenário ao revelar a pouca utilização de EPIs.

Em se tratando da higiene, também na pesquisa de Beiró e Silva (2009), em apenas 8,7% das barracas os manipuladores lavavam as mãos ao trocar de função. Souza e Athayde (2017) mostraram, ainda, que 50% dos vendedores não faziam a lavagem das mãos antes da manipulação e 52,5% em qualquer circunstância – situações essas agravadas em face de os espaços pesquisados não possuírem água potável. Acerca ainda da manipulação, Almeida et al. (2011) observaram que 83% dos feirantes manipulavam conjuntamente alimento e dinheiro. Da mesma forma, Rocha et al. (2013, p. 89) visualizaram em sua pesquisa que "[...] a manipulação do produto e o recebimento de dinheiro eram realizados por uma mesma pessoa, sem a adequada higienização [...]". Por outro lado, Lima et al. (2018) destacaram também a higiene inadequada das mãos e das unhas dos manipuladores de alimentos.

Entre os estudos constatou-se o uso recorrente de adornos, uma prática comum entre os trabalhadores de feiras no Brasil (Matos et al., 2015). A utilização de acessórios não é permitida pela legislação, pois, ao cair nos alimentos, figura como uma contaminação física. Como exemplo, Beiró e Silva (2009) identificaram que em 69,6% dos espaços de comercialização de alimentos de uma feira livre do DF foi possível encontrar manipuladores fazendo uso desses acessórios. Dado semelhante foi encontrado por Almeida et al. (2011), ao observarem que 80% dos vendedores utilizavam brincos, pulseiras e/ou relógios. Diante destes dados, é notório que os manipuladores de feiras e mercados públicos, comumente, não possuem ou não seguem os conhecimentos técnicos sanitários.

A ausência ou a deficiência de infraestrutura nos pontos de comercialização atrelada à falta de higiene dos manipuladores pode acarretar, como precedentemente mencionado, na contaminação do produto por microrganismos patogênicos, os quais são causadores de Doenças Veiculadas por Alimentos (DVAs). Assim, a fim de comprovar se os alimentos apresentam ou não riscos de DVAs, normalmente são realizadas análises microbiológicas com o objetivo de detectar a presença e/ou a ausência de microrganismos, segundo as delimitações da legislação vigente.

Entre os estudos selecionados, Lundgren et al. (2009) detectaram a presença de colifor-

mes fecais e totais em 100% das amostras, ao analisar a carne bovina comercializada em João Pessoa (PB). Costa et al. (2017, p. 6), após realizarem a contagem de Estafilococos coagulase, também identificaram a presença de *Staphylococcus aureus* em 83,3% das amostras de carne bovina do Mercado Público de Parnaíba (PI). Ressalta-se que o *Staphylococcus aureus* é, por vezes, responsável por surtos de intoxicação alimentar (Rocha et al., 2013). De maneira geral, Lima et al. (2018) assinalam que altas contagens verificadas de agentes patogênicos indicam inadequações nas condições e/ou nas práticas durante a produção, o transporte e a comercialização dos alimentos.

Destarte, padrões sanitários são exigidos para oferecer um produto com maior qualidade e livre de contaminantes. O governo brasileiro, portanto, tem historicamente concebido instrumentos normativos que enveredam em direção à regulamentação, à fiscalização, ao controle e à promoção de Boas Práticas de Manipulação de Alimentos. Nesse sentido, destaca-se que os dispositivos mais utilizados pelos 12 artigos selecionados para esta revisão foram: Portaria nº 185/1997 (Brasil, 1997a), Portaria nº 326/1997 (Brasil, 1997b), RDC nº 12/2001 (Brasil, 2001), RDC n° 275/2002 (Brasil, 2002) e RDC nº 216/2004 (Brasil, 2004), a fim de garantir as condições higiênico-sanitárias do alimento preparado. O descumprimento destes dispositivos, além de outras disposições aplicáveis, configura-se como infração à legislação sanitária federal, sobretudo no escopo da Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977 e de suas atualizações, a qual estabelece diferentes penalidades aos infratores (Brasil, 1977). Entretanto, em todos os artigos consultados, não foi identificada qualquer menção à referida lei.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conquanto tenham sido criados diversos instrumentos normativos, incluindo a legislação penal, os emblemáticos problemas acerca das condições e das práticas sanitárias na comercialização de alimentos ainda persistem em feiras livres e mercados públicos no Brasil. Nesse sentido, identificou-se nos artigos que há contínuas precariedades estruturais nos locais de pesquisa, negligências no cuidado e na higiene pessoal dos manipuladores, uso impróprio de vestimentas, não utilização de EPIs, bem como o manuseio de dinheiro e o uso de adornos nos momentos de manipulação dos produtos. Tais condições, conforme reiterado, podem promover a proliferação de microrganismos e, com efeito, afetar a saúde dos consumidores.

No escopo dos trabalhos analisados, notou-se que há uma cultura de inadequadas condições e práticas higiênico-sanitárias em feiras e mercados públicos no Brasil, pois são constantemente visualizados como sujos e inapropriados. Essa “cultura de sujidades” é perpetuada, entre outros motivos, pelo diminuto conhecimento técnico, pela insuficiência financeira para adequar-se às disposições legais e pela pouca importância conferida pelos manipuladores aos parâmetros sanitários. Assim, para além de dispositivos federais, é importante que cada município crie e implemente códigos de postura em conformidade com a realidade socioeconômica

e cultural local, bem como ofereça cursos de capacitação para repassar ensinamentos básicos sobre Boas Práticas de Manipulação, a fim de que os comerciantes possam criar um cultura de segurança alimentar e, consequentemente, oferecer alimentos com melhor qualidade.

Às novas pesquisadoras e aos novos pesquisadores desta temática, sugere-se certo cuidado na utilização de algumas terminologias e na definição dos procedimentos metodológicos. Afinal, produzir estudos tão somente com observações e avaliações distanciadas (*checklist*), sem contato ou diálogo com os "participantes", além de comprometer a ética da pesquisa – por não informá-los sobre a investigação –, limita em demasiado a obtenção de dados, pois não são explorados o discurso, a percepção, a avaliação ou as motivações dos sujeitos acerca das situações de comercialização em que se encontram. Por fim, torna-se cada vez mais urgente conceber uma produção científica que não seja a reprodução simplificada de outros trabalhos ou a mera descrição da realidade, sem qualquer análise crítico-reflexiva, rigor acadêmico e contribuição/relevância científica.

REFERÊNCIAS

ALBORNOZ, M.; BARRERE, R.; MATAS, L.; OSORIO, L.; SOKIL, J. Las brechas de género en la producción científica Iberoamericana. **Papeles del Observatorio**, n. 9, p. 1-28, 2018.

ALMEIDA, R. B.; DINIZ, W. J. S.; SILVA, P. T. V.; ANDRADE, L. P.; LEAL, J. B. G.; BRANDESPIM, D. F. Condições higiênico-sanitárias da comercialização de carnes em Feiras Livres de Paranatama, PE. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, n. 4, p. 585-592, 2011.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência:** filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016. p. 229.

BARRETO, N. S. E.; MOURA, F. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; ASSIM, D. A.; MIRANDA, P. C. Avaliação das condições higiênico-sanitárias do pescado comercializado no município de Cruz das Almas, Bahia. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 86-95, 2012.

BEIRÓ, C. F. F.; SILVA, M. C. Análise das condições de higiene na comercialização de alimentos em uma feira livre do Distrito Federal. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 7, n. 1, p. 13-28, 2009.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos** (Resolução - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Aprovar o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos** (Resolução - RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2001.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Aprovar o Regulamento Técnico; "Condições Higiênicos-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos"** (Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997. [b]

BRASIL, Ministério da Saúde. **Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação** (Resolução - RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2004.

BRASIL, Presidência da República. **Configura infrações à legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências** (Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Aprovar o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco (Inteiro e Eviscerado)** (Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997. [a]

BRASIL. Ministério da Saúde. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos** (Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2019.

COMELLI, C.; CHIARINI, E.; PRADO, S. P. T.; OLIVEIRA, M. P.; BERGAMINI, A. M. M. Avaliação microbiológica e da rotulagem de massas alimentícias frescas e refrigeradas comercializadas em feiras livres e supermercados. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, n. 2, p. 251-258, 2011.

COSTA, J.; SANTOS, V. V. M.; SILVA, G. R.; MOURA, F. M. L.; GURGEL, C. A. B.; MOURA, A. P. B. L. Condições higiênico-sanitárias e físico-estruturais da área de manipulação de carne *in natura* em minimercados de Recife (PE), Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, 80(3), 352-358, 2013.

COSTA, M. C.; MARQUES, A. R. A.; ARAÚJO, I. S.; LIMA, J. T. N.; AMORIM, A. G. N.; FARIAS, F. F. Condições higiênico-sanitárias da carne bovina comercializada em um mercado público do Piauí. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. (4. ed.) São Paulo: Atlas, 2007.

JOANNA BRIGGS INSTITUTE. **Joanna Briggs Institute reviewers manual:** 2011 edition. Adelaide: Author, 2011.

LIMA, W. K. S.; BARROS, L. S. S.; SILVA, R. M.; DEUS, T. B.; LIMA, D. V.; SILVA, A. D. Condições higiênico-sanitárias de ovos comercializados em feiras livres e mercados do Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 12, n. 3, p. 280-294, 2018.

LOBATO, F. H. S.; RAVENA-CAÑETE, V. "O açaí nosso de cada dia": formas de consumo de frequentadores de uma feira amazônica (Pará, Brasil). **Ciências Sociais Unisinos**, v. 55, n. 3, p. 397-410, 2019.

LUNDGREN, P. U.; SILVA, J. A.; MACIEL, J. F.; FERNANDES, T. M. Perfil da qualidade higiênico-sanitária da carne bovina comercializada em feiras livres e mercados públicos de João Pessoa/PB-Brasil. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20; n. 1, p. 113-119, 2009.

MATOS, J. C.; BENVINDO, L. R. S.; SILVA, T. O.; CARVALHO, L. M. F. Condições higiênico-sanitárias de feiras livres: uma revisão integrativa. **Revista Eletrônica Gestão e Saúde**, v. 6; n. 3, p. 2884-2893, 2015.

PEREIRA, A. L. **Mercados públicos como patrimônio cultural - um estudo da Cidade de Goiânia** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

ROCHA, F. A. G.; ARAÚJO, L. O.; ALVES, K. S.; DANTAS, L, Í, S.; SILVA, R. P.; ARAÚJO, M. F. F. Estafilococos coagulase positivos em filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) comercializados no Mercado Modelo Nerival Araújo, Currais Novos/RN. **HOLOS**, v. 1, n. 9, p. 84-91, 2013.

RODRIGUES, A. A.; SOUSA, W. L.; PINHEIRO, R. E. E.; CARVALHO, A. P. L. S. Aspectos higiênico-sanitários de estabelecimentos comercializadores de carnes no município de Bom Jesus-PI. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 11, n. 1, p. 94-103, 2017.

ROSA, M. Y. O.; BORGES, F. F.; CORREA JUNIOR, L. N.; LOBATO, F. H. S. O risco sanitário na comercialização de alimentos em um mercado público da Amazônia: um estudo de caso em Belém (PA). **Scientia Plena**, v. 15, n. 10, p. 1-7, 2019.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Integrative review: what is it? How to do it?. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010.

SOUZA, T. M.; ATAYDE, H. M. Educação higiênico-sanitária dos feirantes do Mercadão 2000 e Feira do Pescado em Santarém-PA. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 8, n. 3, p. 127-134, 2017.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de pesquisa**. (2. ed.) Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DE UMA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR DE PRODUTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

CHALLENGES IN DEPLOYING A FAMILY AGROINDUSTRY OF MINIMALLY PROCESSED PRODUCTS

SCHMIDT, Nicolas[1]; FRAIBERGER, João Alfredo[2]; VEIGA, Itiara Gonçalves[3]*

[1]Pós-Graduação em Qualidade e Segurança de Alimentos/Universidade Federal do Rio Grande - FURG; [2]Graduação em Engenharia Agorindústrial Agroquímica/Universidade Federal do Rio Grande - FURG; 3Professora Adjunta/ Universidade Federal do Rio Grande - FURG. *Contato: itiara@furg.br

RESUMO

A qualidade e segurança dos alimentos sempre estiveram envolvidas nas atividades de pequenos produtores, processadores, distribuidores, consumidores e órgãos governamentais. Por outro lado, casos de toxi-infecções alimentares no Brasil e no mundo ainda ocorrem com frequência. Neste sentido, as indústrias processadoras de alimentos vêm se adequando e investindo na segurança dos alimentos produzidos e/ou processados, com o objetivo de garantir a segurança ao consumidor. Por sua vez, o consumidor, tem reduzido o consumo de produtos ultra processados e optado por consumir alimentos em sua forma in natura ou com processamento mínimo. Diante deste contexto, a tecnologia de processamento mínimo de vegetais (PMV) se destaca no mercado por manter todas as características naturais dos alimentos. Este trabalho tem como objetivo estudar a implantação de uma agroindústria familiar com produção de vegetais, legumes e hortaliças minimamente processados. Através de revisão bibliográfica, serão mostradas as etapas da cadeia produtiva dos vegetais minimamente processados (VMP), bem como as funções de cada indivíduo ao longo da mesma. Serão apresentadas as barreiras tecnológicas e de gestão nas etapas da cadeia produtiva dos VMP que podem gerar problemas na qualidade e segurança dos alimentos, levando risco ao consumidor. Além de destacar as etapas do processamento na agroindústria que exigem maior controle de qualidade e segurança.

Palavras-chave: Qualidade de alimentos, hortifrúti, boas práticas de fabricação, cadeia produtiva de alimentos.

ABSTRACT

Food quality and safety have always been involved in the activities of small producers, processors, distributors, consumers, and government agencies. On the other hand, cases of food toxification in Brazil and in the world still occur frequently. In this sense, food processing industries have been adapting and investing in the food safety produced and/or processed, to ensure consumer safety. Consecutively, consumer has reduced the consumption of ultra-processed products and has chosen to consume food in its natural form or with minimal processing. In this context, the technology of minimally processed vegetables (MPV)stands out in the market for maintaining all the food natural characteristics. The aim of this work was to study the family agroindustry implementation with the production of minimally processed vegetables. Through literature review, the production stages chain of minimally processed

vegetables will be shown, as well as the functions of everyone throughout it. Technological and management barriers in the stages of the MPV production chain that can generate problems in food quality and safety, leading to risk to the consumer, will be presented. In addition to highlighting the processing steps in the agribusiness that require greater quality and safety control.

Keywords: Food quality, fresh fruit, good manufacturing practices, food productive chain.

INTRODUÇÃO

Garantir a qualidade e a segurança dos alimentos sempre foi uma necessidade para todas as partes envolvidas na cadeia produtiva dos alimentos em geral, englobando tanto os produtores, como também as indústrias processadoras e distribuidoras de alimentos, os consumidores e os órgãos governamentais. Por outro lado, continuam sendo notificados casos de toxi-infecções alimentares no Brasil e no mundo, impactando na saúde pública, gerando consequências sociais e econômicas negativas aos envolvidos.

Neste sentido, as indústrias processadoras de alimentos vêm se adequando e investindo cada vez mais na segurança dos alimentos que estão produzindo ou processando, tendo como objetivo final garantir a segurança do consumidor. O consumidor por sua vez, vem aos poucos reduzindo o consumo de produtos ultra processados e buscando consumir alimentos mais naturais, com baixo ou muitas vezes, nulo processamento (BRASIL, 2011).

Um mercado que cresce anualmente é o que agrega a tecnologia de processamento mínimo de vegetais (PMV), no qual se busca manter todas as características naturais dos alimentos, porém, garantindo a segurança para os consumidores.

O PMV engloba várias etapas críticas no decorrer da cadeia produtiva, sendo assim, caso haja alguma desconformidade em relação às normas sanitárias em alguma destas etapas, pode favorecer a contaminação dos produtos, gerando perigo a saúde do consumidor. Estes perigos podem ser de origem química (como resíduos de agrotóxicos), físicos (fragmentos de metal ou vidro) e biológicos (bactérias, fungos etc.).

A questão da segurança dos alimentos no PMV ganha importância, pois deve-se considerar que a cadeia produtiva tem como base pequenos produtores rurais e pequenas empresas, onde muitas vezes se faz uso de mão de obra não qualificada e apresentam baixo nível técnico.

METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho foi realizado um estudo de pesquisa exploratória com abordagem qualitativa. Esta escolha se justifica pelo fato do estudo em questão ter maior foco na compreensão e interpretação dos fatos do que quando comparado com a sua mensuração (CRESWELL, 1997). Nesta revisão foram levantadas questões sobre as etapas da cadeia produtiva dos alimentos minimamente processados, visando à implantação de uma agroin-

dústria familiar, com foco na qualidade e segurança dos alimentos.

A revisão bibliográfica foi realizada no período de abril à junho de 2021, para isto, foram levantados dados em artigos científicos, publicações de documentos pelos órgãos responsáveis, entre outros totalizando 80 fontes selecionadas.

DESENVOLVIMENTO

Conceito da qualidade

Não há uma definição padrão quando se trata da qualidade, porém alguns autores a definem como a adequação de um produto ao seu uso (JURAN, 1992), conformidade do produto aos requisitos do consumidor (CROSBY, 1984), ou então a consistente conformidade com as expectativas do consumidor (SLACK et al., 2002). Todas estas definições levam a um mesmo pensamento de que as necessidades e expectativas do consumidor e sua satisfação estão estritamente relacionadas com o fato das características de qualidade do produto atenderem ou superarem suas expectativas (PEREIRA et al., 2020).

Qualidade dos alimentos

Diferenciando-se dos demais produtos, os alimentos necessitam de atenção quando se trata de processos que almejam os atributos de qualidade especificados durante sua produção, transformação e estocagem, juntamente com a manutenção e melhoria desta qualidade alcançada. Os alimentos são compostos por proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e minerais que, juntamente com a água livre presente nos mesmos e condições ambientais como temperatura, umidade à que são expostos, formam um sistema que pode favorecer ao crescimento microbiano e transformações químicas que alteram sua qualidade (FENNEMA, 2000; BOBBIO, 2001).

Produtos primários contaminados com microrganismos e resíduos químicos que podem afetar a saúde do consumidor são considerados um risco. Entender como estes resíduos entram na produção primária nos fornece capacidade para desenvolver ações apropriadas e mecanismos eficazes de controle, realizados por meio das Boas Práticas Agropecuárias (BPA) (ESPANHOL, 2013).

As BPA são um conjunto de princípios, normas e recomendações técnicas, aplicáveis a produção agropecuária, englobando todas as atividades realizadas no campo e após a colheita/abate, inclusive o processamento para tornar os sistemas de produção mais eficientes e rentáveis, além de garantir ao mercado a garantia de alimentos seguros (MORETTI; MATTOS, 2008).

Segurança dos alimentos

Deve-se ter o conhecimento de que o termo “segurança alimentar” está relacionado com o direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quan-

tidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural e socialmente sustentáveis (CONSEA, 2004). Sendo assim, a conotação deste termo está ligada ao acesso quantitativo aos alimentos. Em contrapartida, o termo segurança de alimentos é definido como a garantia de que os alimentos não apresentem perigos físicos, químicos e/ou microbiológicos para o consumidor quando são preparados e consumidos de acordo com o uso para o qual foram destinados (ABNT, 2006).

Programas de segurança de alimentos

Os programas de segurança de alimentos (PSA) são definidos como um conjunto de etapas e procedimentos operacionais formalizados e necessários para controlar as condições higiênico-sanitárias do processamento de alimentos em toda cadeia produtiva, favorecendo a produção de alimentos seguros e que são pré-requisitos para implantação de qualquer programa de segurança de alimentos (CAC/RCP, 2003). Fazem parte dos Programas de Pré-Requisitos (PPR) as Boas Práticas Agrícolas (BPA), Pecuárias (BPP) e de Fabricação (BPF). As BPA se limitam até a entrada da matéria-prima na unidade de beneficiamento e as BPF deste ponto em diante (BRASIL, 1997; CAC/RCP, 2003).

Nas BPF são descritos métodos de limpeza e sanitização, higiene pessoal e do ambiente, projeto higiênico-sanitário da planta de processamento e manutenção preventiva dos equipamentos e instalações. Os Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (PPHO), provenientes dos elementos específicos de higiene e sanitização das BPF, são uma descrição dos procedimentos necessários para a manutenção de instalações, equipamentos e utensílios em condições que previnam a contaminação cruzada ou pós-processamento, sendo assim, são considerados pré-requisitos para a produção de alimentos seguros (FORSYTHE, 2002).

Sistemas de Gestão de Segurança de alimentos

Em seu estudo, Toledo (2001) define a gestão da segurança do alimento como o planejamento e implementação de forma sistemática, por toda a cadeia produtiva, de um conjunto de condições e medidas que minimizem o risco à saúde do consumidor na ingestão do alimento.

Reconhecido mundialmente, o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) garante a segurança dos alimentos, tendo como base uma adaptação do método de análise de modo e efeito de falhas (FMEA). O sistema APPCC tem foco definido na garantia da segurança dos alimentos, sem que outras dimensões da qualidade dos alimentos, como os atributos sensoriais, sejam levadas em consideração. Mesmo sendo recomendada a implementação do sistema APPCC desde 1993 em todas as empresas processadoras de alimentos não há uma grande adesão desta recomendação por grande parte das empresas do país e do mundo.

Para Batten (2008), os principais aspectos a se considerar na gestão de uma cadeia de suprimentos são os gastos, o manuseio de matérias-primas, a qualidade dos bens produzidos, o transporte de produtos, a informação logística e o nível de eficiência global desta cadeia.

Contribuições da Teoria dos Custos de Transação à Gestão da Qualidade

A introdução do conceito de custos de transação foi realizada por Coase (1937), considerando os custos para planejar, adaptar e monitorar as relações entre os agentes de uma cadeia produtiva, garantindo que sejam cumpridos os termos contratuais, visto que as informações são distribuídas sem simetria entre as partes da transação e por dois pressupostos básicos: o oportunismo e a racionalidade limitada entre as partes envolvidas na transação (WILLIAMSON, 1985).

Com a possibilidade de ocorrência de ações oportunistas das partes envolvidas, podendo haver mentira, trapaça ou quebra de promessa, que responsáveis pela incerteza nas transações, é que acaba levando à falta de previsibilidade e à falta de cooperação. A racionalidade limitada é resultado de contratos mal estruturados, ou seja, devido aos limites cognitivos dos indivíduos, não existe a possibilidade de se estabelecer contratos que prevejam todos os acontecimentos futuros, gerando contratos intrinsecamente incompletos e elevando os custos de transação (AZEVEDO, 2000).

Vegetais Minimamente Processados (VMP)

Nesta etapa do estudo serão definidos e caracterizados os vegetais minimamente processados, será mostrado o detalhamento da sua tecnologia de produção e os fatores que podem impactar na qualidade e na segurança destes produtos, tendo como objetivo evidenciar a importância da abordagem sistêmica na cadeia de produção dos VMP.

Os VMP são considerados produtos prontos para o consumo, que são pré-selecionados, lavados, podendo ou não ser pré-cortados, desinfetados, embalados (geralmente sob atmosfera modificada) e mantidos sob refrigeração. Estes processos têm por finalidade garantir as qualidades nutricional e sensorial próximas das matérias-primas in natura que as originam com uma vida útil e segurança maiores, o que os torna práticos e convenientes para um consumidor cada dia mais exigente, que valoriza mais a saúde e com menos disponibilidade de tempo (MARTINELLI, CAVALLI, 2019).

O PMV tem por objetivo tornar os vegetais adequados para o consumo, com características próximas aos produtos a que foram originados, porém com maior vida útil. Com base nesse fato, quando essa tecnologia é comparada com outros métodos de preservação de vegetais, como o processo de desidratação, adição de sal/açúcar, congelamento ou processo térmico, a tecnologia de PMV se diferencia por manter as características do produto praticamente idênticas ao do produto *in natura*.

Nantes e Fares (2001) relatam que as matérias-primas têm fornecimento irregular e va-

riações de preço, impactando no processamento mínimo destes vegetais, legumes e frutas. Nantes e Lionelli (2000) verificaram que, mesmo o mercado dos VMP sendo expressivo em volume e em faturamento, esse segmento revela-se ineficiente devido à forma desestruturada em que se encontram os diversos agentes desta cadeia produtiva. Esses levantamentos apontam a necessidade de um estudo prévio desta cadeia como forma de minimizar o efeito de seus elos mais fracos.

Segundo Cenci et al. (2006), o PMV ocorre de acordo com as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1. Neste caso, deve-se considerar que as agroindústrias familiares, geralmente, têm produção própria. Caso haja fornecedores de matéria prima, estas serão encaminhadas diretamente para a etapa de recepção.

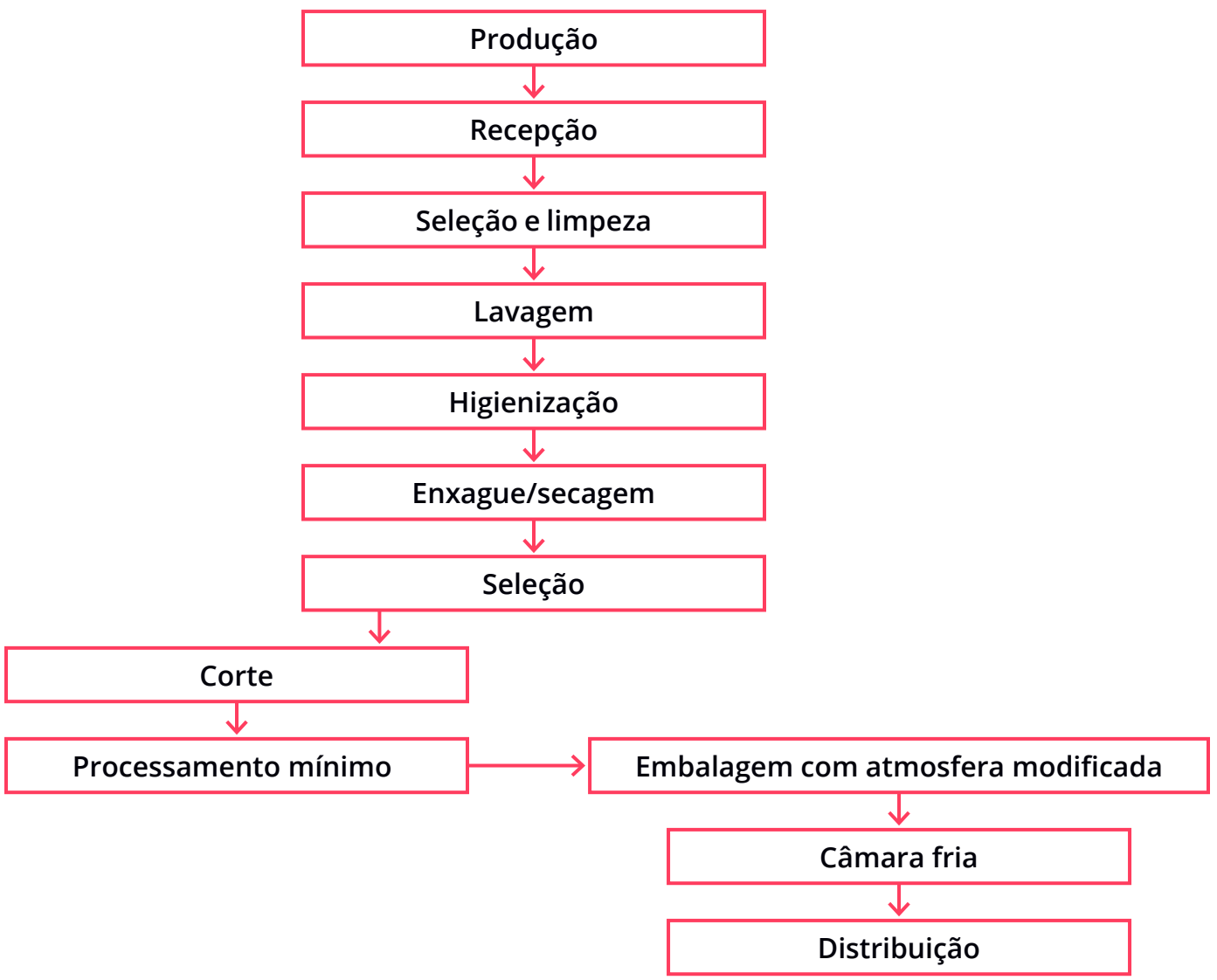


Figura 01: Fluxo típico do processamento mínimo de vegetais (PMV).

Fonte: Própria (2021).

Recepção de matéria-prima: os produtos provenientes do campo são levados até a empresa, podendo ser destinados diretamente ao processamento, ou armazenados à temperatura de refrigeração entre 3 e 5 °C até a sua utilização.

Seleção de matéria-prima: Siddiqui e Rahman (2015) relatam que hortaliças devem ser selecionadas de acordo com defeitos provenientes do ataque de pragas ou microrganismos, defeitos de formação, descoloração e queimaduras. Os vegetais folhosos têm suas folhas externas retiradas para minimizar sujidades e contaminações provenientes do seu contato com o solo.

Pré-lavagem: esta etapa tem por objetivo retirar cerca de 90% das sujidades presentes nos vegetais e envolve a sua exposição por imersão em tanques com uma mistura de um agente desinfetante e água potável.

Lavagem: nesta etapa o vegetal é imerso em um tanque para realizar a remoção do restante das sujidades com o auxílio de um detergente específico para vegetais, diluído em água entre 5 e 10 °C que tem por finalidade, segundo Siddiqui e Rahman (2015) retirar o calor do vegetal e iniciar um processo de pré-resfriamento.

Descascamento e corte: primeiramente o vegetal é selecionado, nesta etapa desprezam-se folhas de tamanhos irregulares, oxidadas ou de colorações diferentes. O mesmo cuidado é observado para os vegetais não folhosos, como a remoção de imperfeições em tubérculos, por exemplo. Posteriormente, caso haja necessidade, o vegetal deve ser cortado ou fatiado. Neste caso procede-se outra lavagem para retirar o excesso de líquidos remanescentes da quebra do tecido vegetal, ainda em água com temperatura entre 5 e 10 °C.

Desinfecção: esta etapa tem por objetivo diminuir a contaminação microbiana a níveis aceitáveis e eliminar os microrganismos patogênicos (SIDDIQUI, RAHMAN, 2015). Os vegetais são imersos em uma solução aquosa contendo o agente desinfetante na concentração e tempo de contato necessários para o processo de desinfecção (hipoclorito de sódio numa concentração de 100 ppm de cloro residual livre por 15 min). Esta etapa do processamento é considerada um ponto crítico de controle (PCC), pois não haverá uma etapa subsequente capaz de eliminar microrganismos que venham a contaminar os vegetais já desinfetados.

Centrifugação: tem o objetivo de retirar o excesso de água restante dos processos de lavagem e desinfecção realizados anteriormente (SIDDIQUI, RAHMAN, 2015).

Pesagem e embalagem: a embalagem pode ser realizada em embalagens rígidas ou em sacos poliméricos. Muitas indústrias optam por modificar a atmosfera das embalagens para prolongar a vida de prateleira (dentre as formas mais comuns está o uso de vácuo). Os principais objetivos da embalagem são proteger o alimento do ambiente externo após o processamento e promover informação ao consumidor.

Estocagem em câmara fria: Os produtos devidamente embalados são estocados em câmara fria com temperaturas entre 3 e 5°C. Deve-se manter o cuidado para que os produtos finais não fiquem acondicionados na mesma câmara que as matérias primas, pois pode haver contaminação cruzada.

Transporte e Distribuição: Os produtos são transportados em caminhões refrigerados (até 8 °C) e são expostos no varejo com temperaturas de até 10 °C. No caso de mercados institucionais, estes necessitam ser estocados em câmaras frias entre 3 e 5 °C.

Segundo Siddiqui e Rahman (2015) as etapas de lavagem e sanitização são as principais, pois são destinadas para remover sujidades, diminuir os resíduos de pesticidas e eliminar microrganismos patogênicos responsáveis por perdas de qualidade e deterioração dos VMP.

Relação entre os atores da cadeia produtiva dos VMP

A relação entre o produtor e empresa processadora é caracterizada por uma alta frequência nas transações. Faulin e Azevedo (2003) alegam que a especificidade dos ativos na cadeia dos VMP é variável, visto que estes produtos são perecíveis. A agroindústria tende assim, a selecionar os fornecedores de acordo com expectativas mútuas entre as partes. Adaptando-se entre si, as partes buscam o entendimento das necessidades mútuas, levando a construção de uma relação de confiança, sempre regida por acordos informais. A partir desta confiança, as relações entre produtor e processador costuma ser de longo prazo. Promover transparência nas transações levaria a uma maior integridade nas relações, minimizando assim, as ações oportunistas (ALVARENGA et al, 20014).

Segundo Alvarenga et al. (2014), apesar das partes terem igualdade nas transações, estas têm por característica a informalidade, o que acaba tendo influência direta na qualidade e segurança dos VMP destinados ao consumidor. Com intuito de minimizar o oportunismo, é necessário integrar estes agentes, gerando relações mais próximas e aumentando a confiança nas transações.

As transações entre processador e transportador costumam serem realizadas diariamente (alta frequência), fazendo com que os contratos sejam contínuos, diminuindo a possibilidade de ações oportunistas. As relações entre estes agentes se resumem a entrega dos produtos por parte dos transportadores e o pagamento realizado pela empresa processadora (ALVARENGA et al, 2014).

Os distribuidores na cadeia dos VMP são varejistas e os mercados institucionais, onde:

Varejistas: são mercados e supermercados que vendem os VMP nas gôndolas para o consumidor final;

Mercados institucionais: são serviços de alimentação onde os VMP são utilizados como matéria-prima para a preparação de saladas para os seus clientes. Nesta etapa o distribuidor poderá ser identificado como cliente, já que essa é a relação que existe entre as empresas processadoras e os mercados varejistas e institucionais.

As transações com ambos os clientes têm por característica uma alta frequência, permitindo a construção de uma relação de confiança, mesmo havendo entraves nesta relação no dia a dia. Ainda que se mantenha uma relação de confiança, nesta etapa da cadeia produtiva dos VMP, são mantidos contratos formais que estabelecem os valores dos produtos, horários e frequências de entrega dos mesmos, logística, descontos financeiros, padrões de qualidade, entre outros (ALVARENGA et al, 20014).

Levando-se em consideração que muitas agroindústrias familiares apresentam produção própria, onde o mesmo grupo de indivíduos é responsável por produzir a matéria-prima, processá-la e distribuí-la, deve-se observar que o risco de atitudes oportunistas é nulo. Sendo assim, é necessária a identificação das melhores estruturas de governança entre a agroindús-

tria e os demais agentes da cadeia produtiva dos VMP, caso haja necessidade, visto que estas contribuem para a minimização dos efeitos negativos nas transações.

DISCUSSÕES

Através da revisão bibliográfica foi possível observar que os programas de segurança dos alimentos são essenciais para a garantia da qualidade do produto oferecido ao consumidor final. Além das BPF, que são a base para o processamento dentro da agroindústria, é preciso aplicar as BPA já nas lavouras para que a matéria-prima que chega à agroindústria seja de qualidade, gerando um produto final com a mesma característica.

A aplicação das BPF se torna ainda mais relevante, pois o processamento dos VMP não apresenta nenhuma etapa que envolve aumento de temperatura (essencial para eliminar microrganismos patogênicos) sendo assim, os cuidados na etapa de higienização e em toda a "cadeia do frio" se tornam cruciais para garantir a qualidade do produto final.

Com este estudo foi possível observar também que as empresas processadoras possuem ativos de alta especificidade, ao contrário dos demais agentes que possuem ativos de baixa a média especificidade. Isto faz com que a empresa crie uma dependência entre os demais agentes na produção de produtos com qualidade assegurada, pois necessita monitorar todos os processos para que seja garantida a obtenção de um produto final com qualidade assegurada e, consequentemente, se tornar o agente gestor da qualidade na cadeia de VMP. Quanto maior a frequência nas relações, melhor será a reputação entre os agentes, conforme observado por Farina et al. (1997) e Azevedo (2000).

As relações entre as agroindústrias, transportadores e mercados, por sua vez, são caracterizadas por uma baixa incerteza. A dependência das empresas processadoras pela matéria-prima de qualidade é justificada, pois a mesma necessita destes produtos nos padrões estabelecidos para a produção dos VMP. Apesar disso, observa-se a possibilidade de não atendimento aos requisitos necessários devido à utilização de contratos informais, fazendo uso apenas da relação de confiança entre as partes envolvidas.

Tem-se então uma necessidade de avaliação dos custos de transação entre os agentes envolvidos na cadeia dos VMP e de se identificar as melhores formas de reduzir os mesmos. As formas de governança dos contratos são as estruturas que minimizam os efeitos das incertezas, reduzindo consequentemente, os custos de transação e servem como facilitadoras para a implantação do sistema de gestão, viabilizando seu funcionamento (AZEVEDO, 2000).

A qualidade do produto destinado ao consumidor final está estritamente ligada à qualidade da matéria-prima que chega à agroindústria. Contudo, é necessário manter a "cadeia do frio" durante todas as etapas da cadeia produtiva, isto demanda relações de confiança entre os agentes. Alvarenga et al (2014) propõe duas estruturas de governança distintas: Verticalizada, onde há a necessidade de definir uma forma de transação e Híbrida, a qual é gerida por

acordos informais.

Essas estruturas de governança têm por objetivo minimizar a ocorrência de oportunismo entre as partes que estão envolvidas nas transações e possibilitam a evidenciação dos sinais de qualidade (certificação da qualidade e registros para rastreabilidade) para os produtos finais. Estes sinais serão alcançados se a cadeia conseguir garantir a qualidade do alimento em todas as suas fases (ALVARENGA et al, 2014).

Todo o cuidado com o processamento dos VMP e a garantia da qualidade e segurança dos mesmos, não podem ser alcançados sem o envolvimento de todos os agentes da cadeia. Muitas agroindústrias familiares têm uma estrutura única, onde a produção, fornecimento, processamento e transporte são realizados por um pequeno grupo de pessoas, facilitando assim as tomadas de decisões e tornando nulo o risco de atitudes oportunistas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo pode-se notar que os processos que garantem a qualidade dos alimentos na agroindústria são de suma importância, principalmente a sanitização dos VMP, pois o processo não apresenta nenhuma etapa posterior a esta que possa inibir algum risco à saúde do consumidor.

A agroindústria tem por objetivo processar as matérias-primas transformando-as em produtos com qualidade garantida para o consumidor. Todavia, se as matérias-primas fornecidas pelos produtores rurais forem de má qualidade, o produto final terá esta mesma característica. Do mesmo modo, todo cuidado com a qualidade dentro da agroindústria seria desperdiçado se, ao caminho do consumidor final, os agentes da cadeia responsáveis pelo transporte dos VMP não respeitassem as condições ideais de transporte e exposição.

A base teórica exposta neste estudo colabora para mostrar a importância da gestão das funções gerenciais e tecnológicas nas empresas de alimentos com intuito de garantir a qualidade e a segurança dos alimentos. Dentro desta perspectiva, destaca-se a importância do consumidor final como agente de definição das características da qualidade dos alimentos como forma de elaborar os processos das funções gerenciais e tecnológicas para a gestão da qualidade e da segurança destes alimentos.

Quanto maior for o vínculo entre os agentes da cadeia produtiva dos VMP, menor será o risco de atitudes oportunistas ocorrerem e, consequentemente, maior será a confiança entre as partes que transacionam. A confiança entre os agentes acaba otimizando o processo e diminuindo os custos das transações.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A.L.B., TOLEDO J. C., PAULILLO L. F. O. **Qualidade e segurança de vegetais minimamente processados: proposta de estruturas de governança entre os agentes da cadeia e os sinais da qualidade.** Gest. Prod., São Carlos, v. 21, n. 2, p. 341-354, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 22000 - Sistema de gestão de segurança de alimentos – Requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos.** RJ, 2006.

AZEVEDO, P.F. Nova economia institucional: referencial geral e aplicações para a agricultura. **Agric. São Paulo**, SP. 33-52p. 2000.

BATTEN, L. **Supply Chain Management 100 Success Secrets - 100 most asked questions: the missing SCM software, logistics, solution, system and process guide**. Emereo PTy Publishers., Brisbane, Australia. 196 p. 2008.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do Processamento de Alimentos**. 3ª edição. São Paulo, Varela, 151p. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n° 326, de 30 de julho de 1997. **Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/ industrializadores de alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF,01 de agosto de 1997.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro, RJ 2011.

CENCI, S.A.; GOMES, C.A.O ALVARENGA, A.L.B. FREIRE JUNIOR, M.; Boas CHITARA, M. I. F. ; CHITARRA, A. B. . **Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora de Universidade Federal de Lavras. v. 1500. 785 p. 2005.

COASE, R.H. **The nature of firm**. Econômica, New Series, Vol. 4, No. 16. 386-405 p. 1937.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, CAC/RCP 1-1969, Rev. 4(2003), Amd. 2003 – **Recommended International Code of Practice – General Principles of Food Hygiene**, JOINT FAO/WHO Food Standards Programme, Rome, Italy, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (CONSEA). A construção de uma política de segurança alimentar. In:__. **Princípios e Diretrizes de uma Política de Segurança Alimentar e Nutricional:** Textos de Referência da II Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Brasília: Gráfica e Editora Positiva. 04-11 p. 2004.

CRESWELL, J.W. **Research Design Qualitative & Quantitative approaches . London: Sage Publications**., 1997.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1984.

ESPANHOL R. A. M. **Programa de aquisição de alimentos:** limites e potencialidades de políticas de segurança alimentar para a agricultura familiar. Soc. & Nat., Uberlândia, 469-483 p. 2013.

FARINA, E.M. et al., A experiência de regulamentação de sistemas agroindustriais no Brasil, In: Farina, E.M. et al., **Competitividade: Mercado, Estado e Organizações**, Piracicaba : Ed. Singular, Fapesp/Pensa, 207-214 p. 1997.

FAULIN, E.J.; AZEVEDO, P.F. **Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações**. Informações Econômicas, SP, v.33, n°11, 24-37 p. 2003.

FENNEMA, Owen R. **Quimica de los alimentos.** Zaragoza : Acribia, 1258 p. 2000.

FORSYTHE, S. **Microbiologia da segurança alimentar**. Editora Artmed, 2002.

JURAN, J. M. **Controle da qualidade: conceitos, políticas e filosofia da qualidade**. São Paulo:McGraw-Hill, 1992.

MARTINELLI S. S., CAVALLI S. B. **Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas.** Ciênc. saúde coletiva. Nov. 2019..

MORETTI, C.L.; MATTOS, L.M. Boas Práticas agrícolas na pós-colheita de hortaliças. In: FERREIRA, M.D. (editor). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. Embrapa Instrumentação Agropecuária. São Carlos,144p. 2008.

NANTES, J. F. D. ; FARES, C. B. . Commercial transactions between the fresh cut vegetables industry and resale sector. In: III International conference on agri-food chain/Networks economics and management, 2001, Ribeirão Preto. **III International conference on agri-food chain/Networks economics and management. Ribeirão Preto** : Universidade de São Paulo, 2001.

NANTES, J.F.D. & LEONELLI, F.C.V. **A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados**. Rev. FAE, v.3, n.3, 61-69 p. set-dez, 2000.

PEREIRA N., FRANCESCHINI S., PRIORE S. **Qualidade dos alimentos segundo o sistema de produção e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: revisão sistemática**. Saúde Soc. São Paulo, v.29, n.4. 2020.

SAPERS, G.M. **Washing and sanitizing raw materials for minimally processed fruit and vegetable products.** In: NOVAK, J.S.; SAPERS, G.M.; JUNEJA, V.K. (Eds.), Microbial safety of minimally processed foods. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 2003.

SIDDIQUI M. W., RAHMAN M. S. **Minimally Processed Foods.** Technologies for Safety, Quality, and Convenience. 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TOLEDO, J.C. Gestão da qualidade na agroindústria. In: BATALHA, M.O. (org.). **Gestão Agroindustrial**, 2a ed. São Paulo , v.1, 465-517 p. 2001.

WILLIAMSON, O. E. **The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets and Relational Contracts**. New York: The Free Press, 450p. 1985.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

DETERIORANTES E PATÓGENOS EM OVOS - REVISÃO

DETERIORANTS AND PATHOGENS IN EGGS - REVIEW

SCHERNER, Marcia[1]*; MARCON, Caroline Toigo[1]; SANTOS , Joslaene Apª Ferraz Simão dos[1]; SANTOS, Thayná Kawana de Marchi dos[1];

[1]Mestrado em Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal Tecnológica do Paraná
*Contato: marcia.scherner16@gmail.com

RESUMO

Ovos de galinha são considerados uma das mais importantes fontes de nutrição dos seres humanos, uma vez que são constituídos por proteínas, vitaminas e minerais, sendo considerado um dos 25 melhores alimentos consumidos. No entanto, os ovos são perecíveis e suscetíveis à contaminação com certos microrganismos. O objetivo deste artigo foi fornecer uma revisão geral de artigos relacionados à qualidade e segurança dos ovos, no que se refere aos deteriorantes já encontrados e suas alterações provocadas nos ovos, trabalhos já avaliados para aumentar sua validade, bem como os microrganismos patógenos onde se destacam as *Salmonelas* que são frequentes relatados em surtos alimentares, além de outros microrganismos já encontrados em ovos. Devido a importância e acessibilidade como fonte alimentar, são relevantes os estudos para aumentar sua vida útil e conservação, evitando prejuízos à saúde aos consumidores, tornando um alimento seguro e saudável.

Palavras-chave: Ovos, deteriorantes, patógenos, microrganismos.

ABSTRACT

Chicken eggs are considered one of the most important sources of nutrition for human beings, since they are made up of proteins, vitamins and minerals, being considered one of the 25 best foods consumed. However, eggs are perishable and susceptible to contamination with certain microorganisms. The aim of this article was to provide a general review of articles related to the quality and safety of eggs, with regard to the spoilages already found and their changes caused in eggs, studies that have already been evaluated to increase their validity, as well as the pathogenic microorganisms where they stand out Salmonella that are frequently reported in food outbreaks, in addition to other microorganisms already found in eggs. Due to its importance and accessibility as a food source, studies are relevant to increase its shelf life and conservation, avoiding damage to consumers' health, making a food safe and healthy.

Keywords: Eggs, spoilage, pathogens, microorganisms.

INTRODUÇÃO

O ovo é um dos alimentos mais completos que existem, composto de proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais. Cada componente tem uma função específica para atender às necessidades de nutrição humana (Abdulhakim et al., 2019). Ressalta-se que esses componentes podem mudar de acordo com a dieta do frango, e que sua idade influencia apenas no tamanho do ovo e não em sua composição nutricional (Pereira et al, 2014).

Nos últimos anos, muitos trabalhos científicos demonstraram avanços significativos em pesquisas visando aumentar a segurança e a qualidade durante a produção de ovos (Kapil et al., 2021).

As qualidades microbiológicas e físico-químicas dos ovos dependem do frescor, da qualidade e armazenamento. Esses fatores impactam diretamente no comportamento de bactérias no produto (EFSA, 2014).

A partir do momento em que a galinha põe os ovos a intenção é chocar para a reprodução da espécie, para isso acontecer, o ovo deve permanecer abaixo do nível ideal de crescimento microbiano por 21 dias. A natureza cria um mecanismo para proteção do ovo que é revestido pela sua casca que faz com que o alimento dure por bastante tempo. As bactérias tentam ir para a gema que é onde os nutrientes se concentram, por tanto mecanismos de proteção como a cutícula, casca, membrana da casca, lisozima, conalbumina, avidina e pH do albúmen são acionados para impedir a contaminação (Baker, 1974).

Os principais parâmetros que são suscetíveis a mudanças durante o armazenamento dos ovos podendo ter um impacto na qualidade dos produtos finais, incluem: o enfraquecimento da integridade da cutícula e da casca do ovo. A perda de peso do ovo está relacionada ao aumento do volume da câmara de ar. A troca de água e minerais entre os compartimentos da gema e clara e aumento do pH do albúmen, levam à diminuição da viscosidade do ovo. Mudanças físico-químicas podem ter várias consequências desfavoráveis à qualidade do ovo. Na etapa de quebra há um maior risco de permeabilidade microbiana (EFSA, 2014).

METODOLOGIA

As buscas de artigos para a presente revisão foram realizadas em quatro bases de dados bibliográficas, sendo elas: SciELO (http://www.scielo.org), Science Direct (https://www.sciencedirect.com/), Pubmed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) Google scholar (https://scholar.google.com.br/). Utilizando a combinação dos termos “deteriorantes e patógenos em ovos de galinha” em português. Também foi conduzido uma busca manual de publicações com base nas referências bibliográficas listadas nos artigos pesquisados. Este estudo teve como base a pesquisa bibliográfica realizada de forma indireta utilizando fontes secundárias como: legislação, revistas, artigos, material metodológico, e artigos científicos. A justificativa da es-

colha dessa pesquisa se deu pela relação da mesma com o tema proposto, Deteriorantes e Patógenos em Ovos, visando assim reunir informações e dados que nos ajudarão a traçar um histórico sobre o objetivo do estudo e a pesquisa bibliográfica.

Do total de artigos encontrados com potencialidades relevantes ao tema foram de 1873 (Um mil oitocentos e setenta e três), em todas as quatro bases de dados, foram selecionados 25 (vinte e cinco), após exclusão dos repetidos, leitura do título e do resumo dos mesmos. As exclusões se deram quando os artigos não abrangeram o tema proposto, ou por fugirem ao tema, por abordarem outro produto que não ovos de galinha, ou ainda por entrar em outra linha de deteriorantes que não microbiológicos.

DETERIORANTES E PATÓGENOS EM OVOS

Importância da sanidade na criação das aves

De acordo com a legislação vigente do Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA), instituído no âmbito da Secretaria de Defesa Agropecuária pela Portaria nº 193, de 19 de setembro de 1994, a sanidade das aves é de extrema importância para prevenir e controlar as enfermidades de interesse em avicultura e saúde pública. Definir as ações que possibilitem a certificação sanitária do plantel avícola nacional e favorecer a elaboração de produtos avícolas seguros para o mercado interno e exportação. As principais doenças de controle oficial pelo PNSA são a influenza aviária, doença de Newcastle, salmoneloses e micoplasmoses (BRASIL, 1994).

A contaminação de ovos de mesa no processo de comercialização é uma grande preocupação de saúde, uma vez que está associada a doenças transmitidas por alimentos e intoxicações alimentares. A contaminação bacteriana pode ocorrer por duas vias. Antes da oposição, devido a uma infecção dos órgãos reprodutivos, durante e após a oviposição, devido a uma penetração trans-casca (Saleh et al., 2020).

Patógenos em ovos de galinha

A limpeza da casca do ovo é um dos fatores mais importantes para prevenir a contaminação microbiológica, uma vez que a maior contaminação dos ovos é pelas fezes. Porém, mesmo depois de lavados e higienizados, os ovos podem estar contaminados externamente, o que torna o acondicionamento, o transporte e a estocagem fatores críticos para a qualidade do produto final (Pereira et al., 2014).

No Brasil, há preocupação na fiscalização e controle da qualidade dos alimentos. em relação a ovos de galinhas, o maior enfoque está relacionado à presença de *Salmonella spp.*, e de acordo com a Instrução Normativa Nº 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil, a metodologia recomendada para a avaliação da qualidade higiênico-sanitária e fiscalização, bem como o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (RDC 01/2001).

A Salmonella pode estar presente em toda a cadeia produtiva, desde a fábrica de rações destinadas à alimentação animal, durante a criação das aves, processo de abate, nos ovos e consumo final. Em aves a transmissão de *Salmonella spp.* pode ocorrer pela forma vertical (via ovo), com o nascimento de pintinhos infectados, ou horizontal através da ingestão de ração, material fecal, água, cama ou poeira contaminados (Silveira, 2014).

De acordo com Pellegrini (2012), nas fábricas de rações os principais processos envolvidos são: recebimento da matéria-prima, processamento e expedição. Todos os setores da indústria devem estar higienizados e organizados evitando a mistura de lotes de matérias-primas e contaminações cruzadas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação. É de extrema importância que em todos os processos da ração não haja a contaminação por *Salmonella* e outros patógenos para garantir a segurança do alimento final (Silveira, 2014).

Os principais patógenos encontrados na contaminação do ovo são *Salmonella Pullorum, Salmonella Enteretidis, Salmonella Thyphimurium, Listeria monocytogenes, Campylobacter jejuni, Staphylococcus,* e *Yersinia enterocolítica* (Stringhine, 2008).

Atualmente há muitos estudos sobre microbiologia em ovos e seus produtos, mostrando que inúmeras cepas bacterianas podem contaminar ovos. Embora os ovos são muitas vezes incriminados por surtos causados por *Salmonella enteritidis*, eles são também suscetíveis à contaminação por outros patógenos, como *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *Campylobacter* (EFSA, 2014). Outras bactérias como *Klebsiella spp., Pseudomonas spp*., *Citrobacter spp. E Alcaligenes spp.* também foram isolados em ovos inteiros e quebrados com um potencial deteriorante.

Diversas sorovares de *Salmonella enterica* podem ser isolados de ovos, mas o mais comum é *Salmonella Enteritidis* que tem sido relacionada na maioria dos surtos de ovos nos últimos trinta anos (Jin et al., 2013).

Novos estudos relataram que *Bacillus spp., Proteus spp, Enterococcus spp., Staphylococcus spp.* poderia contaminar os ovos, induzindo a transmissão de doenças alimentares (Song et al., 2021).

Bezerra (1995) observou que ovos examinados provenientes de feiras livres, supermercado, galinhas caipira e de aves doentes apresentaram contaminação por *Proteus vulgaris, Proteus miirabilis Pseudomonas sp.,* e *Escherichia coli*. Comparando a ocorrência de isolamento das bactérias identificadas, a mais isolada foi *Pseudomonas spp*., especialmente nos ovos vendidos em feira livre e provenientes de galinha caipira. Tanto a casca (70%) quanto o conteúdo interno, albúmen (12,5%) e gema (17,5%) dos ovos de todas as procedências apresentaram contaminação por coliformes, ressaltando que a *Escherichia coli* foi isolada apenas da casca dos ovos.

No Brasil, um trabalho interessante foi desenvolvido por Sousa et al. (2021) através de análise de ovos de galinha caipira comercializados no Rio Grande do Norte, onde foram analisadas 128 amostras, sendo que 40 apresentaram algum tipo de contaminação, destas: de-

zoito bactérias (45%) eram gram-positivas e 22 (55%) gram-negativo. Os microrganismos isolados foram *Staphylococcus spp.* (27,5%), *Bacillus spp*. (15%), *Escherichia coli* (7,5%), *Klebsiella oxytoca* (7,5%), *Stenotrophomonas maltophilia* (7,5%), *Corynebacterium spp*. (2,5%), *Cronobacter sakazakii* (2,5%), *Enterobacter cloacae* (25%) e *Alcaligenes faecalis* (5%). As amostras também foram analisadas separadamente, com 128 albúmen e 128 gemas de ovo. Havia bactérias em crescimento 10 albúmen (7,8%) e 38 gemas (29,7%). As bactérias mais incidentemente detectadas no albúmen foram *Enterobacter cloacae* (40%), *Staphylococcus spp*. (20%) e *Escherichia coli* (20%), e nas gemas foram *Staphylococcus spp*. (23,7%), *Bacillus spp*. (15,8%) e *Enterobacter cloacae* (12%).

Deteriorantes em ovos

A deterioração dos ovos está relacionada à contaminação da casca, à capacidade de bactérias específicas para penetrar no ovo e para metabolizar as fontes complexas de nitrogênio e carbono, tornando os ovos adequados para o crescimento e a expressão de várias atividades enzimáticas (EFSA, 2014).

No estudo desenvolvido por Sousa et al. (2021), no Brasil, dos 6 gêneros bacterianos gram-negativos encontrados, algumas enterobactérias responsáveis pela deterioração do ovo, como *Alcaligenes facealis* se destacaram. Não havendo informações se contaminação vem da própria galinha, ou manuseio. Sabe-se que o ovo pode ser contaminado após postura, quando entra em contato com as fezes através da penetração do microrganismo e a formação do folículo da gema.

O contato com bactérias de deterioração, incluindo fezes, lixo, feno, palha e serragem, juntamente com práticas inadequadas de manuseio de ovos e a presença de rachaduras ou defeitos nas cascas, contribuem com o aumento do risco de deterioração. No entanto, se os ovos são limpos e as práticas de manuseio adequadas são mantidas, incluindo armazenamento controlado de temperaturas, o ovo deve ter uma vida útil mais longa (EFSA, 2014).

O nível de bactérias presentes na superfície da casca do ovo varia entre 3,8 e 6,3 logs UFC/ovo dependendo do estudo, com valor médio de 4,5 log UFC/ovo. A flora gram-positiva é dominante na superfície, compreendendo os gêneros *Micrococcus, Staphylococcus, Streptococcus, Aerococcus* e, em menor grau, *Bacillus*. Outros contaminantes menos comuns são bactérias gram-negativas do gênero *Salmonella, Escherichia, Alcaligenes* e *Pseudomonas*. A capacidade de penetrar na casca do ovo é reconhecida como dependente da cepa. Embora menos prevalentes na superfície do ovo, as bactérias gram-negativas são mais resistentes a defesas mecânicas e físico-químicas naturais dos ovos, facilitando seu acesso aos compartimentos internos dos ovos.

Além disso, as propriedades internas do ovo favorecem o crescimento de bactérias gram-negativas, que têm necessidades nutricionais relativamente simples e a capacidade de crescer a baixas temperaturas. A motilidade dos microrganismos é outro parâmetro que facilita

a penetração do conteúdo do ovo. Uma vez que essa capacidade permite que as bactérias se movam em direção a um atrator ou se afastem de um repelente. *Escherichia coli* e *Pseudomonas* são bactérias gram-negativas móveis que podem penetrar mais facilmente nas cascas de ovos do que bactérias não móveis, como *Staphylococcu*s, que são passivamente distribuídas por contato ou umidade da superfície (EFSA,2014).

De acordo com a bactéria presente, os ovos apresentarão propriedades distintas as quais determinam alterações diferenciadas. Por exemplo, as manchas roxas em ovos provocadas pelas espécies de *Serratia*, acompanhadas de odor quase imperceptível. Já microrganismos como *Proteus sp.* e algumas espécies de *Aeromonas* e *Pseudomonas*, provocam alterações caracterizadas pelo enegrecimento, odor pútrido (presença de gás sulfídrico) e desintegração da gema. No entanto, algumas espécies de *Alcaligenses, Pseudomonas, Achromobacter* e coliformes podem provocar alterações sensíveis, pois não alteram coloração e odor, ou o odor pode ser semelhante ao de frutas podendo ocasionar descolamento da gema, desintegração e a albumina pode se liquefazer (Campopas, 2004).

Os *Staphylococcu*s têm o potencial de causar deterioração e entrar na cadeia alimentar, resultando em doenças de origem alimentar. Tem sido dada mais atenção ao papel das aves e produtos avícolas, incluindo ovos, como uma fonte potencial de infecções em humanos induzidas por cepas de *Staphylococcus* resistentes a antibióticos, capazes de produzir um ou mais Enterotoxinas. Na França, 11% dos casos de intoxicação alimentar em 1999-2000 resultaram da ingestão de ovos e produtos derivados contaminados com *Estafilococos* (EFSA,2014). Deve-se notar que as características de deterioração do ovo é principalmente o resultado de mudanças macroscópicas em seu odor e/ou cor ou viscosidade, o que impediria o ovo de ser usado para produtos alimentares (EFSA, 2014).

O período de latência de 7-20 dias à temperatura ambiente é necessário entre contaminação das cascas dos ovos recém-postos e a ocorrência de microrganismos no ovo. A incidência de penetração bacteriana aumenta com temperaturas elevadas. Estudos a 9, 25 e 35°C mostraram atividade bacteriana máxima a 25°C (Board, 1994). Mesmo que sejam mais prevalentes na superfície da casca do ovo, bactérias gram-positivas raramente são identificadas em ovos podres durante armazenamento em temperatura ambiente ou refrigerada.

No entanto, as bactérias gram-positivas podem induzir a deterioração do ovo em temperaturas de armazenamento mais altas, ou seja, na faixa de 37 a 39°C. Quando os ovos são mantidos a uma temperatura de 15 a 30°C, há uma defasagem de 10 a 20 dias antes da recuperação de números apreciáveis de microrganismos viáveis e antes do desenvolvimento de mudanças macroscópicas no conteúdo do ovo. As bactérias invasoras podem ficar confinadas às membranas da casca durante este período até a gema do ovo entrar em contato com as membranas. Após esta primeira etapa em que a multiplicação bacteriana está confinada às membranas da casca do ovo, uma segunda fase de multiplicação leva à invasão bacteriana do

conteúdo do ovo e os primeiros sinais de deterioração aparecem quando as bactérias cromogênicas e hidrolíticas são envolvidas (EFSA,2014).

Entre eles, Vieira et al, 2019, usado sequenciamento de 16S rRNA para caracterizar a diversidade bacteriana de ovos, bem como produtos de ovos, e os resultados mostraram que *Pseudomonas, Carnobacterium* e *Clostridium* eram abundantes nos produtos de ovos processados, diferindo de gêneros altamente abundantes em ovos.

De acordo com os resultados do modelo, o prolongamento do tempo de armazenamento dos ovos de mesa resulta em um aumento do número de doenças por milhão de porções, exceto quando os ovos são bem cozidos. A magnitude deste aumento depende do tempo adicional de armazenamento que os ovos passam tanto no varejo e nas famílias (EFSA, 2014).

Armazenamento e conservação de ovos

Durante o armazenamento, as trocas gasosas entre o conteúdo do ovo e a atmosfera, bem como trocas de água e minerais entre o albúmen de ovo e a gema, levam à diminuição do mecanismo de defesa do albúmen e enfraquecimento da membrana vitelina, aumentando o risco de invasão bacteriana dos compartimentos internos do ovo. Enquanto o efeito do armazenamento a temperatura no nível das bactérias da superfície é variável de acordo com uma combinação de condições, temperatura, tempo e umidade, são parâmetros cruciais envolvidos na diminuição da qualidade do ovo ao longo da estocagem, aumentando o risco de invasão microbiana trans-concha (EFSA, 2014).

O armazenamento em temperaturas de refrigeração, ajudam a manter a qualidade físico-química e microbiológica geral dos ovos. Ovodefensina, ovotransferrina e ovomucina são os principais componentes inatos da defesa do ovo, sendo assim, a degradação dessas proteínas durante o armazenamento contribui para o desbaste da clara do ovo e aumenta a suscetibilidade à contaminação bacteriana (Meiyu et al., 2018).

Em seus estudos, Meiyu et al, 2018, caracterizou pela primeira vez a formação de peptídeos (< 10 kDa e < 3 kDa) da clara de ovo durante o armazenamento prolongado. Os peptídeos eram identificados como fragmentos das principais proteínas da clara do ovo, ovotransferrina, ovomucina, ovomucoide e ovoinibidor (antiproteases). Além disso, observamos uma rápida degradação de uma proteína da clara de ovo de ~ 7 kDa durante o armazenamento, que foi ainda identificado como galinha/ovodefensina. Os principais componentes do sistema de defesa inato do ovo são o ovotransferrina, ovomucina e ovodefensina, os resultados forneceram compreensão de uma causa e efeito sobre o mecanismo molecular da deterioração do ovo durante o armazenamento prolongado.

Outro trabalho indicou que a embalagem a vácuo estendeu a vida útil dos ovos em pelo menos 42 dias em comparação com os ovos controle a 5 e 22°C. O uso de embalagem a vácuo pode ser uma alternativa para controlar o crescimento microbiano, incluindo TAMB, *Salmonella spp., Staphylococcus spp*. bolores e leveduras, em ovos de mesa e prevenção da

contaminação pós-processamento. Serão necessários mais estudos sobre o crescimento de anaeróbios microrganismos patogênicos, como *Clostridium botulinum* e *Clostridium perfringens* em ovos embalados a vácuo (Aygun e Sert, 2013).

Testes com ovos frescos, sem revestimento e revestidos com um filme comestível (pululano), sozinho ou em combinado com peptídeo antimicrobiano (nisina). Os efeitos dos revestimentos nas qualidades microbiológicas, propriedades físicas e o frescor dos ovos foram investigados sob refrigeração e em temperatura ambiente. Ovos revestidos com pululano, combinados com refrigeração, reduziram os níveis microbianos, minimizando a perda de peso e melhorando a qualidade do albúmen e da gema dos ovos por mais tempo do que ovos revestidos armazenados em temperatura ambiente. Este estudo demonstrou que os revestimentos de pululano podem preservar a qualidade interna, prolongar a vida útil e minimizar a perda de peso de ovos frescos, aumentando a vida útil de ovos de pelo menos 14 dias quando mantidos a 25°C (Morsy et al., 2015).

Outros estudos (Kim 2008; Yuceer e Caner 2013) demonstraram que o número de *Salmonella Enteritidis* em inoculados, revestidos com lisozima-quitosana em ovos, foi cerca de 4 log10 UFC/g menor do que a amostra controle. O revestimento reduziu as populações de coliformes e contagens de placa (TPC) e inibiu completamente o crescimento de fungos durante 10 semanas de armazenamento.

A lavagem e a sanitização são eficientes e tem efeito benéfico na conservação dos ovos, quando utilizados corretamente. A refrigeração dos ovos para consumo, quando realizada nas granjas, têm um efeito significativo na minimização do crescimento bacteriano e na conservação do alimento. O binômio tempo x temperatura, tem papel fundamental na garantia da qualidade microbiológica dos ovos de galinha.

No Brasil, o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) preconiza que os ovos destinados à industrialização devem ser previamente lavados, onde é recomendada a utilização de compostos de cloro em níveis abaixo de 50 ppm na água de lavagem.

Com relação aos regulamentos de temperatura de armazenamento de ovos, uma diferença foi observada entre a União Europeia (UE) e os Estados Unidos (EUA). Nos EUA, os ovos devem ser lavados e pulverizados com desinfetantes químicos antes da venda para reduzir o risco de infecção.

Para isso, o USDA (Estados Unidos) recomenda os ovos para serem refrigerados em todos os momentos para reduzir o risco de contaminação bacteriana. No entanto, na UE, a EFSA (European Food Safety Autoridade) proibiram a lavagem de ovos de galinha, porque o processo é pensado para destruir a cutícula e transferir bactérias nocivas como a salmonela de fora para dentro do ovo.

Embora a Europa tenha uma abordagem diferente; de acordo com o Regulamento (CE)

n.º 853/2004, os ovos devem ser armazenados e transportados até a venda ao consumidor final em uma temperatura, de preferência constante, sem obrigação de refrigeração (EFSA, 2014).

Conforme os padrões da Comissão CODEX *Alimentarius*, os ovos frescos não podem ser lavados ou limpos e devem ser armazenados em uma temperatura ≥ +5°C e < +20°C, assim como devem ser coletados diariamente (UNECE, 2010).

Nos EUA, os ovos são sempre refrigerados com uma temperatura de armazenamento não superior a 7,2°C (USDA, 2016). Já na Europa, de acordo com o regulamento (CE) No 853/2004, o transporte e armazenamento dos ovos não deve ser superior a 18°C (EFSA, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para ser consumido, os ovos de galinha devem estar isentos de contaminações que possam alterar sua qualidade e permitir a entrada de microrganismos em seu interior. Para garantir a qualidade do ovo é importante exigir o tratamento das rações destinadas à alimentação animal, orientar o produtor, o comerciante e o consumidor a respeito das condições higiênico-sanitárias, tempo, temperatura e forma de armazenamento visando manter a qualidade do alimento independente da ave.

Contudo, as legislações e estudos são voltados constantemente para evitar surtos alimentares e reduzir o risco de contaminação e deterioração dos ovos, sendo este, um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo e importante fonte de nutrientes para a alimentação.

REFERÊNCIAS

ABDULHAKIM, S.; Eddin, A.; IBRAHIM, S. A.; TAHERGORABI R. Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. **Food Chem.** 2019 Oct 30;296:29-39. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.05.182. Epub 2019 May 27. PMID: 31202303.

AYGUN A, SERT D. Effects of vacuum packing on eggshell microbial activity and egg quality in table eggs under different storage temperatures. **J Sci Food Agric.** 2013 May;93(7):1626-32. doi: 10.1002/jsfa.5936. Epub 2012 Nov 2. PMID: 23124536.

BAKER, Robert C. Microbiology of Eggs. Journal of Milk and **Food Technology.** Cornell University, Ithaca, New York. Vol 37, 1974, pages 265-268. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-37.5.265>. <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/37/5/265/425535/MICROBIOLOGY-OF-EGGS1>.

BOARD, R. G.; TRANTER, H. S. The microbiology of eggs. In: STADELMAN, W. J.; COTTERGIL, O. J. (Eds). **Egg science and technology.** 4.ed. New York: Haworth Press, 1994. p.81-104.

BEZERRA, R. **Recuperação e pesquisa de *Samonella spp*. E detecção de anticorpos em ovos comerciais de galinha *Gallu gallus* (Linneaeus, 1758).** 1995. 59 f. Dissertação. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Portaria n° 193, 1994 Programa Nacional de Sanidade Avícola (PNSA).** Disponível em: <www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pnsa/programa-nacional-de-sanidade-avicola-pnsa> e <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-193-de-19-09-1994,369.html>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n° 62, 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água.** Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-62-de-26-08-2003,665.html>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 01/02/2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. Disponível em: http://dzetta.com.br/info/wp-content/uploads/2011/06/dzetta-Resolucao-RDC-12-de-2-de-janeiro-de-2001.pdf.

CAMPOPAS. **Manual de segurança e qualidade para a avicultura de postura.** Brasília: Campopas, 2004, 97 p.

European Food Safety Authority 2014. Opinion of the Scientific Panel on biological hazards (BIOHAZ) related to the Microbiological risks on washing of Table Eggs. Disponível em: <**https://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/269**>.

JIN, TZ.; GURTLER, JB.; LI SQ. Development of antimicrobial coatings for improving the microbiological safety and quality of shell eggs. **J Food Prot.** 2013 May;76(5):779-85. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-460. PMID: 23643119

KAPIL, K.; Chousalkar, KHAN, Samiullah; MCWHORTER, Andrea. Microbial quality, safety and storage of eggs. **Food Science**, Volume 38, 2021, Pages 91-95, ISSN 2214-7993, https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.022.

KIM KW, DAESCHEL M, ZHAO Y. 2008. Revestimentos comestíveis para aumentar a segurança microbiana e prolongando a vida de prateleira de ovos cozidos. **J Food Sci** 73 (5): M227-M235.

MEIYU, Liu.; WENLIN, Yu.; FAZHENG, Ren.; JIANPING, Wu. Formation and characterization of peptides in egg white during storage at ambient temperature, **Food Chemistry**, Volume 263, 2018, Pages 135-141, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.042>. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618306563)

MORSY, M. K.; SHAROBA, A. M.; KHALAF, H. H.; EL-TANAHY, H. H.; CUTTER, C. N. Efficacy of antimicrobial pullulan-based coating to improve internal quality and shelf-life of chicken eggs during storage. **J Food Sci.** 2015 May;80(5):M1066-74. doi: 10.1111/1750-3841.12855. Epub 2015 Apr 6. PMID: 25847630.

PELLEGRINI, Débora da Cruz Payão. **Avaliação de pontos de contaminação por *Salmonella spp.* e coliformes totais durante o preparo de dietas para suínos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PEREIRA,AnielliSouza.;SANTOS,TaisaTavaresdos.; COELHO, Ana Flávia Santos. Qualidade dos ovos comercializados em diferentes estabelecimentos comerciais e estudo das condições de armazenamento. **Food Sci. Technol**, Campinas, v. 34, n. 1, pág. 82-87, março de 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612014000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 de abril de 2021.

SALEH Ghenwa; NADA El Darra; SAMER Kharroubi; MOHAMMAD T. Farran, Influence of storage conditions on quality and safety of eggs collected from Lebanese farms**, Food Control**, Volume 111, 2020, 107058, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107058>. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713519306474)

SONG Sijia; YUTING Zhu; ZIYU Huang; YINGYING Lin; XIANG Shi; HUIYUAN Guo, Isolation, identification and thermal inactivation of dominant spoilage bacteria in egg curds, **LWT**, Volume 137, 2021, 110357, ISSN 0023-6438, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110357.

SILVEIRA, Nathalia Saynovich Dutra. **Estudo de Caso: Ocorrência de contaminação por Salmonella spp. em uma fábrica de ração de aves**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/133252/NATHALIA%20SAYNOVICH%20DUTRA%20SILVEIRA%202014.2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

JAN, Sophie Scientific Opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens1. **EFSA Journal**, 2014, 12 (7:3782), p. 1-147. ⟨10.2903/j.efsa.2014.3782⟩. ⟨hal-01153514⟩.

SOUSA, D. L. C.; SOARES, H. C.; MEDEIROS, K. B. M; SILVA, M. M.; BEZERRA, C. S.; ALVES, C. J.; AZEVEDO, S. S.; SANTOS, C. S. A. B. Bacteria Isolated from Free-range Chicken (Gallus gallus domesticus) Eggs Sold in Semiarid Conditions and its One Health Impact**. Acta Scientiae Veterinariae** 2021. 49: 1789. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ActaScientiaeVeterinariae/article/view/110910/pdf>.

STRINGHINI, M. L. F. **Perfil socioeconômico e microbiológico de manipuladores e qualidade de ovos de granjas de produção comercial. Influência da contaminação experimental por Pseudomonas aeruginosa sobre a qualidade de ovos não lavados e lavados.** 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

VIEIRA, D. A. P.; CABRAL, L.; NORONHA, M. F.; JÚNIOR, G. V. L. and SANT'ANA, A. S. Microbiota of eggs revealed by 16S rRNA-based sequencing: from raw materials produced by different suppliers to chilled pasteurized liquid products. **Food Control** 96:194-204 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.016>.

WANG, J.; GU, L.; SU, Y.; CHANG, C.; XU, L.; YANG, Y.; Ll, J. Changes in microbial, physiochemical, and functional properties of pasteurized liquid whole egg during refrigerated storage. **J Sci Food Agric.** 2020 May;100(7):2873-2879. doi: 10.1002/jsfa.10311. Epub 2020 Mar 3. PMID: 32020609

UNECE, 2010. **Desencaixe os ovos com casca EGG-1 padrão.** Disponível em: <www.unece.org/trade/agr>. Acessado data: 28 de abril de 2021.

USDA, 2016. Biologia da composição do ovo dos objetivos dos ovos. Disponível em: <**http://www.aufsi.auburn.edu/ galinha-virtual**>.

YUCEER, M.; CANER, C. 2013. Os revestimentos de lisozima-quitosana antimicrobiana afetam as propriedades funcionais e vida de prateleira de ovos de galinha durante o armazenamento. **J Sci Food Agric.** 94: 153-152.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

EFEITO DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES NA ESTABILIDADE DE PREBIÓTICOS

EFFECT OF EMERGING TECHNOLOGIES ON THE STABILITY OF PREBIOTICS

RIBEIRO, Nathalia Gomes[1]*; CRUZ, Adriano Gomes[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Departamento de Alimentos
*Contato: ngomesr@hotmail.com

RESUMO

A cada dia que passa, os consumidores têm buscado uma vida mais saudável com hábitos de alimentação saudáveis. Com isso, a demanda por alimentos funcionais, como os adicionados de prebióticos, também vem crescendo. Sendo assim, a indústria tem pesquisado maneiras de desenvolver esses alimentos, de forma a manter qualidade nutricional, sensorial e físico-química desses produtos, sem deixar de lado a segurança dos mesmos. Para tal, as antigas e novas tecnologias vêm sendo vastamente estudadas e aplicadas. Dentre as tecnologias emergentes, encontrasse o ultrassom, plasma frio, aquecimento ôhmico, alta pressão, dentre outras. Essas tecnologias têm mostrado um excelente potencial na manutenção do conteúdo de nutrientes, na estabilidade de prebióticos e na manutenção dos atributos sensoriais. Nesta revisão são abordados os principais efeitos das tecnologias emergentes aplicadas a alimentos adicionados de prebióticos. Os resultados mostram que o uso das tecnologias emergentes não apresenta problemas para estabilidade dos prebióticos, porém isso está relacionado aos parâmetros de processo utilizados.

Palavras-chave: Prebióticos, tecnologias emergentes, estabilidade.

ABSTRACT

Day by day, consumers have been looking for a healthier life with healthy eating habits. Thereby, the demand for functional foods, such as foods added with prebiotics, is also growing. Therefore, the industry has been researching ways to develop these foods, in order to maintain the nutritional, sensory and physical-chemical quality of these products, without disregarding their safety. With this purpose, old and new technologies have been extensively studied and applied. Among the emerging technologies, there are the ultrasound, cold plasma, ohmic heating, high pressure and others. These technologies have shown excellent potential in maintaining nutrient content, stability of prebiotics and in the conservation of sensory attributes. In this review are approached the main effects of emerging technologies applied to prebiotic-added foods. The findings suggest the emerging technologies do not influence the stability of prebiotics, however they are related to the operational parameters used.

Keywords: Prebiotics, emerging technologies, stability.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, muitas pessoas têm buscado uma vida com hábitos mais saudáveis, incluindo exercícios físicos e uma dieta balanceada e saudável no seu dia a dia (Guimarães et al., 2020).

Uma categoria de alimentos que vem sendo muito estudada nos últimos anos são os alimentos funcionais, os quais além de fornecerem a nutrição básica também trazem um benefício à saúde de quem os consome (Costa, Rosa, 2016). Com o aumento de diferentes doenças como obesidade, diabetes e câncer, a busca pelo desenvolvimento de diferentes alimentos funcionais tem crescido (Bhat & Bhat, 2011).

O leite é um alimento que possui componentes com capacidade funcional, como por exemplo, algumas das proteínas presentes naturalmente no soro do leite (exemplo: lactoferrina e lactoperoxidase), as quais são consideradas agentes antimicrobianos (Pereira, 2014). Prebióticos são substâncias encontradas em diferentes alimentos, e que possuem componentes com propriedades funcionais. O mercado de alimentos adicionados de prebióticos vem aumentando a cada dia, com a capacidade de movimentar em torno de $7,5 milhões até o ano de 2023 (Carlson et al., 2018; Farias et al., 2019).

A indústria de alimentos têm buscado novas opções de processos tecnológicos para elaboração de produtos com propriedades funcionais. Entretanto, ainda hoje, as tecnologias mais comumente usadas são as convencionais, as quais reduzem a qualidade nutricional, sensorial e os compostos funcionais presentes no alimento (Lee et al., 2016). Com o intuito de evitar esses efeitos, as tecnologias emergentes vêm sendo estudadas (Priyanka et al., 2018). O presente trabalho tem como objetivo apresentar alguns resultados da literatura sobre os efeitos das tecnologias emergentes aplicadas em alimentos prebióticos.

METODOLOGIA

Foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa experimental sobre os efeitos da aplicação de tecnologias emergentes em diferentes alimentos adicionados de prebióticos. Foram avaliados 7 artigos de revisão na base de dados Scopus nos anos de 2011-2020. As principais palavras-chave utilizadas na busca dos artigos foram prebióticos, tecnologias emergentes, inulina e frutoligossacarídeo.

DESENVOLVIMENTO

Prebióticos

Diferentes alimentos possuem naturalmente compostos prebióticos, como é o caso da banana, alho, mel, alcachofra, dentre outros. Entretanto, os prebióticos podem ser sintetizados quimicamente, enzimaticamente ou através de microrganismos (Carlson et al., 2018).

A definição mais recente de prebióticos é que eles são substratos, utilizados de forma seletiva pelos microrganismos de quem os consome, gerando um benefício à saúde do mesmo. Os prebióticos favorecem o crescimento de bactérias benéficas à saúde de quem os consumiu (Gibson et al., 2017). A partir da nova definição de prebióticos muitas substâncias passaram a se encaixar nessa categoria e se tornaram candidatos a prebióticos, como o ácido linoleico, polifenóis, compostos fitoquímicos, dentre outros, já que esta definição não faz menção apenas ao trato gastrointestinal, mas também a outras partes do corpo. No entanto, os prebióticos mais comumente estudados e discutidos são os pólios, oligossacarídeos e fibras e têm sido adicionados a diferentes matrizes alimentícias não só com intuito de gerar benefícios a saúde do consumidor, mas também de melhorar os atributos sensoriais e físico-químicos dos produtos nos quais eles são aplicados (Farias et al., 2019).

Balthazar et al. (2017), descreveu que inulina, frutoligossacarídeo (FOS), galacto-oligossacarídeo (GOS), amido resistente, oligossacarídeo de milho e polidextrose foram adicionados ao sorvete de leite de ovelha, e o produto apresentou um aumento de overrun e redução dos tamanhos de cristais de gelo. Já Alaei et al. (2018), estudaram a adição de inulina em linguiça de frango. O estudo mostrou que a linguiça com 100% de inulina foi preferida sensorialmente pelos consumidores devido a sua cor e textura. Outro estudo mostrou o efeito da inulina e FOS em sorvete com substituição parcial de açúcar. Segundo Soukoulis et al. (2010), a inulina promoveu uma resistência ao derretimento do sorvete, entretanto o mesmo se tornou mais duro e com menos sabor de baunilha. Já o FOS adicionado ao produto promoveu uma maior intensidade de doçura e do sabor de baunilha.

Tecnologias emergentes

As tecnologias emergentes têm estado cada vez mais em foco no âmbito de pesquisas, já que as mesmas têm se mostrado como uma ótima maneira de evitar a perda de qualidade nutricional, físico-química e sensorial de muitos alimentos industrializados. Além disso, essas tecnologias são capazes de manter os alimentos seguros e de reduzir a perda de compostos funcionais presentes no produto (Nunes, Tavares, 2019).

Define-se como tecnologia emergente, toda tecnologia em estágio de pesquisa e desenvolvimento com potencial para estarem em vigor e sendo comercializadas dentro dos próximos 5 anos. Na indústria de alimentos, elas têm sido estudadas devido a sua capacidade de reduzir o consumo de energia e das emissões de poluentes, aumentando assim a sustentabilidade e a qualidade do produto final (Misra et al., 2017).

As tecnologias emergentes podem ser divididas em térmicas e não térmicas como mostrado na Figura 01.

Tecnologias Emergentes Térmicas	Tecnologias Emergentes Não Térmicas
Aquecimento Ôhmico (AO) Aquecimento por Micro-ondas (AMO) Aquecimento por Infravermelho (AI) Aquecimento por Radiofrequência (AR)	Ozônio Alta Pressão (AP) Ultrassom Plasma Frio Atmosférico (PFA) Radiação Ionizante (RI) Luz Ultravioleta (LU)

Figura 01: Principais tecnologias emergentes.

Fonte: Própria (2021).

Dentre as tecnologias emergentes térmicas e não térmicas apresentadas, quatro aparecem com maior destaque com relação a quantidade de artigos e estudos publicados; são elas: alta pressão, ultrassom, plasma frio atmosférico e ozônio.

Alta Pressão Hidrostática (APH)

APH é uma das tecnologias emergentes mais estudadas. Ela consiste em colocar o alimento líquido ou sólido em uma câmara com alta pressão onde um fluido é empregado como agente de transferência de pressão (em geral água). A pressão aplicada varia de 100 a 1000 Mpa por 5 a 30min. Este tratamento tem a capacidade de manter as características sensoriais e físico-químicas dos produtos, já que eles não são submetidos ao aquecimento. Esta técnica pode ser aplicada com o produto embalado ou não, já que a pressão aplicada ocorre em múltiplas direções igualmente (Nunes & Tavares, 2019).

Aaby et al. (2018) aplicaram a alta pressão (400-600 Mpa, 20ºC, 1,5 ou 3min) e o tratamento térmico (85ºC por 2min) em purê e suco de morango. Não houve crescimento microbiano nos produtos durante 49 dias, sendo que estes foram submetidos a processo de AP de 500 ou 600 Mpa. O conteúdo de antocianinas, vitamina C e a qualidade sensorial dos purês foram melhores conservados após tratamento térmico. Sendo que, menores diferenças foram observadas no suco de morango após o tratamento térmico e a AP.

Ultrassom

A técnica de ultrassom tem o poder de alterar as reações químicas através do uso de diferentes frequências. Baixas frequências (20 kHz - 100 kHz) correspondem a alta intensidade de ultrassom, frequências médias (100 kHz - 1 MHz) equivalem ao processo intermediário de ultrassom e as altas frequências (5 MHz - 10 MHz) equivalem a baixa energia de ultrassom. O ultrassom de alta intensidade é vastamente aplicado no processamento de alimentos para alteração de viscosidade, inativação de microrganismos, cristalização, pasteurização, dentre outros (Gallo et al., 2018).

O ultrassom tem sido bastante utilizado em diferentes alimentos como sorvetes, mel e

gordura para controlar a formação de cristais indesejados. O ultrassom utilizado no processo de cristalização é também chamado de sonocristalização, e tem a capacidade de modular o tamanho dos cristais, sua morfologia e distribuição (Deora et al., 2013)

Plasma frio

A técnica de plasma frio utiliza a energia presente no plasma, o qual possui diferentes elétrons, íons e espécies neutras. Estas espécies são altamente redutoras e oxidativas. Essa tecnologia não térmica é utilizada principalmente para inativação de células microbianas (Jermann et al., 2015). O tratamento de plasma frio mostrou um resultado relevante na redução de biofilme de *Salmonella* formados após 24, 48, 72 horas de crescimento, indicando que esta é uma tecnologia promissora para descontaminação de superfícies dentro da indústria de alimentos (Niemira et al., 2014).

Ozônio

O ozônio é utilizado por ser um poderoso antimicrobiano com alto poder de redução. Ele combate a proliferação de fungos, bactérias e alguns vírus, tendo um potencial maior que o cloro. O ozônio pode ser aplicado diretamente no alimento, a partir da imersão dos alimentos em água ozonizada ou da dispersão de ozônio gasoso. Atualmente, essa tecnologia vem sendo aplicada a frutas e vegetais (Jermann et al., 2015).

Um estudo avaliou as características físico-químicas e antioxidantes do mamão submetido ao tratamento de ozônio em diferentes concentrações comparado a fruta não tratada – controle (Ali et al., 2014). Segundo os autores, a fruta tratada com 2,5 ppm de ozônio apresentou alto conteúdo de sólidos solúveis, de β-caroteno, de licopeno e atividade antioxidante quando comparado ao controle, além de maior dulçor e aceitabilidade geral. Isso significa que essa técnica utilizada para preservação dos alimentos também pode ser usada para melhorar as características físico-químicas e sensoriais do produto.

Sendo assim, é possível notar que as tecnologias emergentes citadas acima têm se mostrado excelentes substituintes das técnicas convencionais de processamento para determinados tipos de alimentos.

Tecnologias emergentes e Prebióticos

Muitas tecnologias emergentes vêm sendo estudadas e aplicadas a produtos alimentícios adicionados de prebióticos, tais como os exemplos mostrados na Tabela 01. De forma geral, entende-se que a tecnologia emergente confere estabilidade aos ingredientes prebióticos, porém é interessante avaliar caso haja impacto na estrutura do mesmo, já que isso resulta em uma maior acessibilidade do microrganismo probiótico, proporcionando uma melhor viabilidade do mesmo.

Guimarães et al. (2019) estudaram a técnica de ultrassom em bebida a base de soro de

leite e graviola acrescida de inulina. Os autores observaram um aumento de antioxidantes no produto como efeito positivo e a degradação do ácido ascórbico como efeito negativo, enquanto Silva et al. (2020), usando a técnica de ultrassom em suco de laranja adicionado de XOS, notaram que o pH, conteúdo de sólidos solúveis, açúcar e XOS não foram alterados. Já Cassani et al. (2018) utilizou ultrassom e geraniol em suco de morango enriquecido com inulina e oligo-frutose (5:3). Eles notaram que os prebióticos adicionados ao suco se mantiveram estáveis durante a vida de prateleira do produto após serem submetidos ao tratamento.

No suco de laranja adicionado de oligossacarídeos, Almeida et al. (2015), avaliaram o efeito das técnicas de PFA e ozônio (70 kV à 15, 30, 40, 60s e 0,057, 0,128, 0,230 mg/O3 mL de suco, respectivamente), isoladamente. O conteúdo de compostos fenólicos e a coloração se mantiveram iguais ao do produto antes do uso das técnicas, no entanto, o ozônio reduziu mais o conteúdo de oligossacarídeos do que o PFA, indicando ser o ozônio mais promissor, nas condições testadas.

O efeito da pasteurização e da alta pressão hidrostática - APH (P90 > 10 min e 500 Mpa/1,5min/20ºC, respectivamente) foi estudada por Keenan et al. (2011) em purês de maçã enriquecido com FOS e outro com inulina, por 30 dias a 4ºC. O FOS não sofreu hidrólise significativa após os tratamentos utilizados, entretanto, a inulina sofreu mais hidrólise após a pasteurização que após o tratamento de APH. Já Almeida et al. (2017) notou uma menor hidrólise de FOS em suco de laranja após a aplicação do plasma frio atmosférico (70 kV por 15, 30, 45, 6 s) quando este foi comparado ao suco após o uso de alta pressão (450 Mpa/5min/11,5ºC). Sendo assim, ambos os estudos sugeriram uma maior redução de FOS após ser empregada a técnica de alta pressão.

Gomes et al. (2017) aplicaram a alta pressão (5min à 450 MPA) e o ultrassom (5min à 600 e 1200 W/L) seguida de AP (5min por 450 MPA) em suco de ¨cranberry¨ fortificado com FOS, separadamente. Eles notaram que ambos os tratamentos aplicados não influenciaram no conteúdo de FOS, mantendo assim as características prebióticas do suco. O conteúdo de ácidos orgânicos e o aumento do teor de antocianinas foi descrito após o uso de ultrassom seguido da AP.

A partir desse estudo notou-se o pouco número de publicações e estudos acerca de tecnologias emergentes aplicadas a alimentos enriquecidos de prebióticos, com o foco no estudo da estabilidade dos prebióticos. Sendo assim, o desenvolvimento de mais pesquisas faz-se necessário para uma maior avaliação sobre esse tema.

Tabela 01: Estudo dos efeitos de diferentes tecnologias emergentes aplicadas a diversos alimentos adicionados de prebióticos - levantamento bibliográfico.

Alimento	Prebiótico	Tecnologia	Resultado	Autor
Suco de laranja	XOS	Ultrassom	Sem alteração do conteúdo de XOS.	Silva et al., 2020

Tabela 01: Estudo dos efeitos de diferentes tecnologias emergentes aplicadas a diversos alimentos adicionados de prebióticos - levantamento bibliográfico (Continuação).

Alimento	Prebiótico	Tecnologia	Resultado	Autor
Bebida a base de soro de leite e graviola	Inulina	Ultrassom	Resultado negativo: degradação de ácido ascórbico. Resultado positivo: aumento de antioxidantes.	Guimarães et al., 2019
Suco de morango	Inulina e oligo-frutose	Ultrassom e geraniol com-binados	O conteúdo de inulina e oligofrutose se mantiveram estáveis durante a validade do produto após o tratamento utilizado.	Cassani et al., 2018
Suco de ¨cranberry¨	FOS	AP e ultras-som seguida de AP	Ambos os tratamentos preservaram o conteúdo de FOS.	Gomes et al., 2017
Suco de laranja	FOS	AP e PFA	Maior degradação de FOS no suco após tratamento de AP em comparação ao PFA.	Almeida et al., 2017
Suco de laranja	Oligossacarídeos prebióticos	PFA e ozônio	Ozônio reduziu mais o conteúdo de oligossacarídeos que o PFA. O suco foi considerado prebiótico após aplicação de ambos os tratamentos.	Almeida et al., 2015

Tabela 01: Estudo dos efeitos de diferentes tecnologias emergentes aplicadas a diversos alimentos adicionados de prebióticos - levantamento bibliográfico (Continuação).

Alimento	Prebiótico	Tecnologia	Resultado	Autor
Purê de maçã	Inulina e FOS	Pasteurização convencional e alta pressão hidrostática	Não houve diferença na hidrólise de FOS adicionado ao purê de maçã após os tra-tamentos aplicados, já a inulina sofreu mais hidrólise após pasteurização.	Keenan et al., 2011

Fonte: Própria (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo de alimentos funcionais, bem como o de alimentos adicionados de prebió-ticos têm se encontrado em extensa expansão, e a perspectiva é que nesta década aumente ainda mais.

A segurança dos alimentos é um fator de extrema relevância quando se trata de produ-ção de alimentos, e as tecnologias convencionais se aplicam bem a esse propósito. Todavia, essas tecnologias reduzem os atributos sensoriais e nutricionais do produto, e também o conteúdo de prebióticos existente ou adicionado ao mesmo. Para evitar esses efeitos as tec-nologias emergentes vêm sendo aplicadas e estudadas, mostrando excelentes resultados.

Apesar de muitos pesquisadores terem mostrado em seus estudos que as tecnologias emergentes são capazes de manter o conteúdo de prebióticos adicionados a diferentes ma-trizes alimentares, muitos outros estudos ainda precisam ser realizados, principalmente a nível industrial, visando reduzir os custos de equipamentos e avaliar quais são as tecnologias emergentes que devem ser aplicadas a cada alimento e prebiótico, bem como os parâmetros de processo. Adicionalmente necessita-se avaliar se a combinação de parâmetros operacio-

nais intrínsecos a cada tecnologia, resulta em um efeito positivo nos parâmetros de qualidade do produto ou ainda em uma melhor viabilidade da bactéria probiótica.

REFERÊNCIAS

AABY, K.; GRIMSBO, I. H.; HOVDA, M. B.; RODE, T. M. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. **Food Chemistry**, v. 260, p. 115-123, 2018.

ALAEI, F.; HOJJATOLESLAMY, M.; HASHEMI DEHKORDI, S. M. The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. **Food Science and Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 512-519, 2018.

ALI, A.; ONG, M. K.; FORNEY, C. F. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. **Food Chemistry**, v. 142, p. 19-26, 2014.

ALMEIDA, F. D. L.; CAVALCANTE, R. S.; CULLEN, P. J.; FRIAS, J. M.; BOURKE, P.; FERNANDES, F. A.N.; RODRIGUES, S. Effects of atmospheric cold plasma and ozone on prebiotic orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 32, p. 127-135, 2015.

ALMEIDA, F. D. L.; GOMES, W. F.; CAVALCANTE, R. S.; TIWARI, B. K.; CULLEN, P. J.; FRIAS, J. M.; BOURKE, P.; FERNANDES, F. A.N.; RODRIGUES, S. Fructooligosaccharides integrity after atmospheric cold plasma and high-pressure processing of a functional orange juice. **Food Research International**, v. 102, p. 282-290, 2017.

BALTHAZAR, C. F.; SILVA, H. L. A.; VIEIRA, A. H.; NETO, R. P. C.; CAPPATO, L. P.; COIMBRA, P. T.; MORAES, J.; ANDRADE, M. M.; CALADO, V. M. A.; GRANATO, D.; FREITAS, M. Q.; TAVARES, M. I. B.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Assessing the effects of different prebiotic dietary oligosaccharides in sheep milk ice cream. **Food Research International**, v. 91, p. 38-46, 2017.

BHAT, Z. F.; BHAT, H. Milk and dairy products as functional foods: A review. **International Journal of Dairy Science**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2011.

CARLSON, J. L.; ERICKSON, J. M.; LLOYD, B. B.; SLAVIN, J. L. Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber. **Current Developments in Nutrition**, p. 1-8, 2018.

CASSANI, L.; TOMADONI, B.; MOREIRA, M. R.; AGÜERO, M. V. Improving Quality Parameters of Functional Strawberry Juices: Optimization of Prebiotic Fiber Enrichment and Geraniol Treatment. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, p. 2110-2124, 2018.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos** (2. Ed.). Rubio, 2016.

DEORA, N. S.; MISRA, N. N.; DESWAL, A.; MISHRA, H. N.; CULLEN, P. J.; TIWARI, B. K.; Ultrasound for Improved Crystallisation in Food Processing. **Food Engineering Reviews**, v. 5, n. 1, p. 36-44, 2013.

FARIAS, D. DE P.; DE ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 93, p. 23-35, 2019.

GALLO, M.; FERRARA, L.; NAVIGLIO, D. Application of ultrasound in food science and technology: A perspective. **Foods**, v. 7, n. 164, p. 1-18, 2018.

GIBSON, G. R.; HUTKINS, R.; SANDERS, M. E.; PRESCOTT, S. L.; REIMER, R. A.; SALMINEN, S. J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K. S.; CANI, P. D.; VERBEKE, K.; REID, G. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, v. 14, p. 491-502, 2017.

GOMES, W. F.; TIWARI, B. K.; RODRIGUEZ, O.; BRITO, E. S.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Effect of ultrasound followed by high pressure processing on prebiotic cranberry juice. **Food Chemistry**, v. 218, p. 261-268, 2017.

GUIMARÃES, J. T.; SILVA, E. K.; RANADHEERA, C. S.; MORAES, J.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; FERREIRA, M. S.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 55, p. 157-164, 2019.

GUIMARÃES, J. T.; BALTHAZAR, C. F.; SILVA, R.; ROCHA, R. S.; GRAÇA, J. S.; ESMERINO, E. A.; SILVA, M. C.; SANT'ANA, A. S.; DUARTE, M. C. K. H.; FREITAS, M. Q.; CRUZ, A. G. Impact of probiotics and prebiotics on food texture. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 38-44, 2020.

JERMANN, C.; KOUTCHMA, T.; MARGAS, E.; LEAD-

LEY, C.; ROS-POLSKI, V. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 31, p. 14-27, 2015.

KEENAN, D. F.; BRUNTON, N.; BUTLER, F.; WOUTERS, R.; GORMLEY, R. Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple purees enriched with prebiotic inclusions. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 12, p. 261-268, 2011.

LEE, S. H.; CHOI, W.; JUN, S. Conventional and Emerging Combination Technologies for Food Processing. **Food Engineering Reviews**, v. 8, p. 414-434, 2016.

MISRA, N. N.; KOUBAA, M.; ROOHINEJAD, S.; JULIANO, P.; ALPAS, H.; INÁCIO, R. S.; SARAIVA, J. A.; BARBA, F. J. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. **Food Research International**, v. 97, p. 318-339, 2017.

NIEMIRA, B. A.; BOYD, G.; SITES, J. Cold plasma rapid decontamination of food contact surfaces contaminated with salmonella biofilms. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 5, p. 917-922, 2014.

NUNES, L.; TAVARES, G. M. Thermal treatments and emerging technologies: Impacts on the structure and techno-functional properties of milk proteins. **Trends in Food Science and Technology**, v. 90, p. 88-99, 2019.

PEREIRA, P. C. Milk nutritional composition and its role in human health. **Nutrition**, v. 30, p. 619-627, 2014.

PRIYANKA; MINZ, P.; SUBRAMANI, P. Study of heating pattern during heat treatment of milk by ohmic heating. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 2, p. 3033-3036, 2018.

SILVA, E. K.; ARRUDA, H. S.; PASTORE, G. M.; MEIRELES, M. A. A.; SALDAÑA, M. D. A. Xylooligosaccharides chemical stability after high-intensity ultrasound processing of prebiotic orange juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 63, p. 1-8, 2020.

SOUKOULIS, C.; RONTOGIANNI, E.; TZIA, C. Contribution of thermal, rheological and physical measurements to the determination of sensorially perceived quality of ice cream containing bulk sweeteners. **Journal of Food Engineering**, v. 100, p. 634-641, 2010.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

EMBALAGENS ATIVAS: TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

ACTIVE PACKAGING: TRENDS AND APLICATIONS IN FOOD CONSERVATION

SANTOS DA SILVA, Patrícia[1]*, VIEIRA CABRAL, Annuska[1]; RODRIGO SANTOS TELES, Alan[2]; BELTRÃO LESSA CONSTANT, Patrícia[3], ALMEIDA CASTRO PAGANI, Alessandra[4], FRANCISCO DA SILVA, Gabriel[5]

[1]Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe; [2]Doutorando em Biotecnologia/Universidade Federal de Sergipe; [3]Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe; [4]Doutora em Engenharia de Processos/Universidade Federal de Sergipe; [5]Doutor em Engenharia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe. *Contato: psscarreteiro2@gmail.com

RESUMO

As embalagens desempenham um papel de suma importância na conservação de alimentos. Entretanto, as embalagens tradicionais carecem de upgrades para prolongar a vida de prateleira dos produtos alimentícios e atender à demanda dos consumidores por produtos seguros, saudáveis, mais próximos ao natural e com menos conservantes. Atualmente, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas tendo em vista melhorar e, ou monitorar a qualidade dos produtos. As embalagens ativas vêm sendo utilizadas para aumentar a vida de prateleira, melhorar as características sensoriais, evitar as deteriorações química e microbiológica e garantir a segurança dos alimentos, inibindo o crescimento de microrganismos patogênicos. Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo descrever diferentes tipos e aplicações de embalagens ativas pela indústria alimentícia. Dentre as embalagens ativas com aplicação em alimentos podemos destacar as embalagens ativas antimicrobianas e as embalagens ativas aromáticas. Conclui-se que as embalagens ativas apresentam potencial de aplicação no mercado de alimentos, visando garantir e, ou monitorar a qualidade e segurança desses produtos.

Palavras-chave: Embalagens antimicrobianas, preservação, indústria de alimentos.

ABSTRACT

Packaging plays an extremely important role in food preservation. However, traditional packaging needs upgrades to extend the shelf life of food products and meet consumer demand for safe, healthy products, closer to natural and with less preservatives. Nowadays, new technologies are being developed with a view to improving and/or monitoring the quality of products. Active packaging has been used to increase shelf life, improve sensory characteristics, prevent chemical and microbiological deterioration and ensure food safety, inhibiting the growth of pathogenic microorganisms. Therefore, this work aims to describe different types and applications of active packaging by the food industry. Among the active packaging with application in food, we can highlight the antimicrobial active packaging and the aromatic active packaging. It is concluded that active packaging has potential application in the food market, aiming to guarantee and/or monitor the quality and safety of these products.

Keywords: Antimicrobial packaging, preservation, food industry.

INTRODUÇÃO

As embalagens tratam-se de um recipiente ou envoltura que momentaneamente armazenam produtos individualmente ou agrupando unidades, tornando viável sua distribuição, identificação e consumo, sendo esta uma forma de garantir sua qualidade durante o transporte e tempo de prateleira do produto (FERREIRA, 2012).

As embalagens clássicas apresentam como papel principal agir como uma barreira a impactos físicos e/ou mecânicos, reações químicas e desenvolvimento de microrganismos, além de prevenir a migração de seus próprios compostos para o alimento (ABRAE, 2015).

O avanço tecnológico possibilitou que as embalagens possuíssem outras funções além das tradicionais, devido ao surgimento das embalagens ativas, onde o espaço livre da embalagem ou os materiais poliméricos constituintes das embalagens são incorporados com compostos que possuem ação antimicrobiana, antioxidante, redução da atividade de água, nutracêuticos, agentes aromatizantes, dentre outras, interagindo com o produto através da migração de um composto desejado da embalagem para o alimento. Cada composto atua com uma finalidade específica nos alimentos (AZEREDO et al., 2000; ROBERTSON, 2006; WURLITZER, 2007).

As embalagens ativas quando aplicadas sobre os alimentos permitem uma liberação controlada dos “aditivos” no alimento em tempos prolongados (incluindo armazenamento e operações de distribuição) e limitar possíveis sabores indesejáveis causada pela adição direta destes aditivos nos alimentos (SUPPAKUL et al., 2003; LEE et al., 2004; PELTZER e JIMÉNEZ, 2009). Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo prospectivo para embalagens ativas a serem utilizadas especificamente na conservação de alimentos.

METODOLOGIA

A investigação e análise proposta no presente artigo são aplicadas na produção científica qualificada, na forma de artigos científicos empíricos e de revisão, livros, teses e dissertações disponíveis nas bases de dados da Capes.

Foi feita a leitura, a análise e interpretação dos textos para o entendimento dos conceitos e aplicações das embalagens ativas, seus mecanismos de ação e aplicações na área de alimentos. O critério principal de análise dos conteúdos dos materiais investigados foi verificar como as embalagens ativas são utilizadas desde os seus primeiros relatos até os dias atuais.

DESENVOLVIMENTO

Embalagens ativas

As embalagens ativas podem ser definidas como embalagens que além de separar o alimento do meio ambiente, elementos adicionais são deliberadamente adicionados no material ou no espaço livre da embalagem com intuito de interagir com alimento mantendo suas

propriedades (ROBERTSON, 2006; WURLITZER, 2007).

As interações embalagem-alimento consistem na transferência de massa entre as matrizes alimento/embalagem/*headspace*, através de diferentes vias. Processos como migração de componentes da embalagem para o alimento; permeabilidade de líquidos, gases e vapores para o alimento, e componentes do alimento atravessando os materiais da embalagem (sentido oposto); ou adsorção (revestimentos) e absorção (polímeros) por parte da embalagem de componentes do alimento estão estudados e representados na Figura 01 (REALINI & MARCOS, 2014).

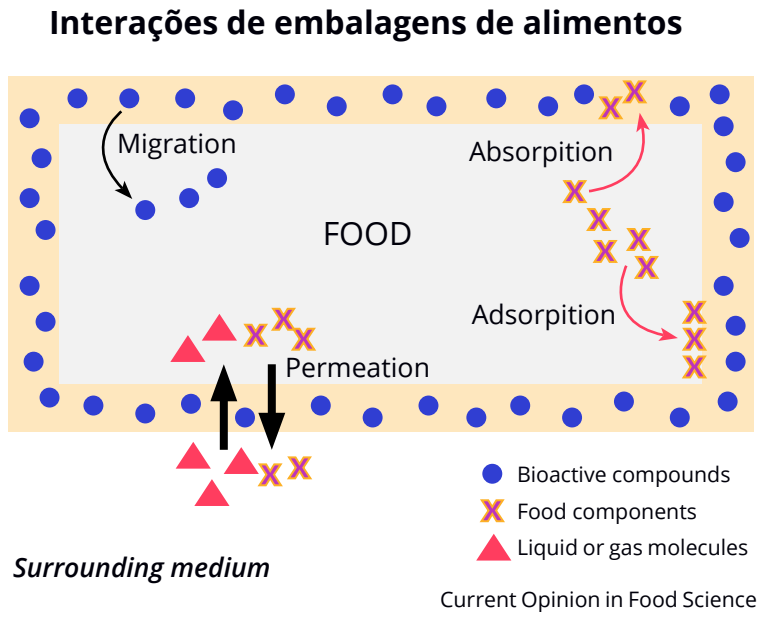


Figura 01: Interação embalagem-alimento-espaço envolvente.
Adaptado: Salgado et al. (2015).

Comparada com a embalagem passiva, a embalagem ativa tem muitas funções adicionais, sendo a primeira limitada a proteger os alimentos de condições externas. A embalagem ativa pode alterar a condição do produto, estender sua vida útil, segurança e qualidade e/ou melhorar suas propriedades sensoriais (VERMEIREN; DEVLIEGHERE; DEVEBERE, 2002).

Os sistemas de embalagens ativas podem ser classificados em três grupos, segundo o procedimento de incorporação do agente ativo: 1) em saquetas, tiras e etiquetas, 2) diretamente nas matrizes poliméricas (em monocamada ou em multicamada) ou 3) em um veículo que permite criar um revestimento à superfície do filme (PEREIRA, 2017).

Tipos de embalagens ativas

Saquetas, tiras e etiquetas (sistemas independentes)

Os sistemas independentes não fazem parte dos materiais que compõem a embalagem, mas existem de forma independente entre a embalagem e o alimento. Normalmente são feitos de materiais resistentes ao rasgo, com um lado permeável ao meio para obter transferência, liberação ou absorção de massa. É um sistema amplamente utilizado, geralmente para transmissão de gás (OZDEMIR & FLOROS, 2004).

Incorporação de substâncias na matriz polimérica

Nesse caso, essas substâncias são adicionadas diretamente à matriz polimérica (pelletes). Durante a extrusão, eles se fundem com o polímero e se inserem na rede do polímero (PEREIRA, 2017).

Revestimento em filmes

O sistema baseia-se na dispersão de substâncias ativas em contato direto com os alimentos. Neste processo, quando o polímero é formado, a substância irá aderir ao polímero e permanecer em sua superfície, ao invés de estar na rede polimérica (ASSIS & BRITO; 2014).

Dessa forma, devido às coberturas comestíveis serem consumidas juntamente com o alimento, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (Generally Recognized as Safe), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2021).

Em um estudo onde foi utilizado revestimento comestível de amido e nisina em salada de frutas foi observado uma menor perda de vitamina C durante o tempo de armazenamento de 12 dias, devido à barreira de permeabilidade de gases que pode ter levado a uma redução na perda de ácido ascórbico (COUTO, 2016).

Mecanismos de ação (captadores e libertadores)

As embalagens ativas podem ser classificadas em dois grandes grupos de acordo com o seu mecanismo de ação/interação com o alimento: os sistemas de absorção/eliminação e os sistemas de libertação/emissão. Os primeiros irão absorver substâncias indesejadas geradas no interior da embalagem enquanto os segundos vão libertar substâncias para o alimento e espaço envolvente. São exemplos de mecanismos de absorção/eliminação: Captadores de oxigênio (incluindo radicais livres), captadores de dióxido de carbono, captadores de etileno, captadores de odores e sabores desagradáveis e captadores de umidade. Já quando se trata de mecanismos de libertação/emissão existe uma ampla variedade deste mecanismo, como: libertadores de agentes antimicrobianos (etanol, dióxido de carbono (CO_2), ácido sórbico, benzoico, etc.), antioxidantes, aromatizantes, corantes, extratos e óleos essenciais, etc (SINGH; SHALINI, 2016).

Nas Tabelas 01 e 02 encontram-se alguns exemplos de sistemas amplamente disseminados na indústria de alimentos.

Tabela 01: Sistemas de absorção/eliminação de uso alimentar.

Tipo	Exemplo de alimentos	Exemplo de componentes
Captador de oxigénio	Queijo, pastas e massas, milho, nozes, café, chá, produtos cárneos, peixe fresco, arroz cozido, etc.	Compostos de ferro, ácido ascórbico, sais metálicos.
Captador de etileno	Frutas e vegetais.	Óxido de alumínio e permanganato de potássio, carbono, zeólito.
Captador de umidade	Peixe, carne, frutas, vegetais, cereais, etc.	Celulose, propilenoglicol, glicerol, óxido de silício.
Captador de CO2	Café torrado, iogurtes, queijo.	Carbonato de ferro (II) ou misturas de hidrogenocarbonato sódico e ácido ascórbico.
Captador de aromas e sabores	Alimentos que poderão ser facilmente oxidados como as proteínas do peixe.	Ácido cítrico.

Fonte: Adaptado BRAGA & PERES (2010).

Tabela 02: Sistemas de liberação/emissão de uso alimentar.

Tipo	Exemplo de alimentos	Exemplo de componentes
Emissor de CO2	Queijo, pastas e massas, milho, nozes, café, chá, produtos cárneos, peixe fresco, arroz cozido, etc.	Compostos de ferro, ácido ascórbico, sais metálicos.
Emissores de etanol	Frutas e vegetais.	Óxido de alumínio e permanganato de potássio, carbono, zeólito.
Emissores de ácido sórbico	Peixe, carne, frutas, vegetais, cereais, etc.	Celulose, propilenoglicol, glicerol, óxido de silício.
Antioxidantes (BHA, BHT)	Café torrado, iogurtes, queijo.	Carbonato de ferro (II) ou misturas de hidrogenocarbonato sódico e ácido ascórbico.

Fonte: Adaptado BRAGA & PERES (2010); Pereira (2017).

Embalagens antimicrobianas

A preocupação progressiva em relação à qualidade microbiológica dos alimentos fez expandir o interesse pelas embalagens antimicrobianas. A embalagem antimicrobiana é um tipo promissor de embalagem ativa que possui um ou mais compostos com propriedades antimicrobianas incorporadas e, ou imobilizadas no material da embalagem e são capazes de destruir ou retardar a proliferação de microrganismos deterioradores e, ou patogênicos. O princípio básico de atuação dessa embalagem é a adição de uma barreira extra (microbiológica) às barreiras físicas (oxigênio e umidade) (HAN, 2003).

Os compostos com ação antimicrobiana podem ser incorporados diretamente à matriz polimérica em rótulos, etiquetas ou estar contidos em sachês (OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2004). Sua adição nos filmes poliméricos pode ser feita de duas maneiras: incorporação e imobilização. No primeiro caso, há liberação do agente antimicrobiano para o alimento, enquanto na imobilização o composto atua somente em nível de superfície (HAN, 2005).

Além disso, são consideradas embalagens ativas antimicrobianas aquelas em que a princípio os compostos não estão destinados a serem liberados, por exemplo alguns sistemas

(zeólitos) que contém íons de prata e que impedem o crescimento microbiano na interfase plástico-alimento (QUINTAVALLA & VINICI, 2002; DAINELLI et al., 2008), enzimas imobilizadas (VERMEIREN et al., 1999) ou nanopartículas de prata em celulose (FERNÁNDEZ et al., 2010).

O emprego das embalagens contendo compostos com ação antimicrobiana apresenta como vantagem a difusão desses compostos da embalagem para a superfície do alimento de maneira controlada. Dessa maneira, estão presentes em quantidades menores, satisfazendo a atual demanda dos consumidores por alimentos livres de conservantes, e apenas onde sua presença é requerida, ou seja, especialmente na superfície do produto, onde a maior parte das deteriorações ocorre. Devido ao agente antimicrobiano ser liberado da embalagem com o tempo, a cinética de crescimento microbiano e a atividade antimicrobiana na superfície do produto podem ser equilibradas. Dessa forma, a atividade antimicrobiana da embalagem pode ser estendida, garantindo a segurança durante a distribuição dos alimentos (APPENDINI & HOTCHKISS, 1997; QUINTAVALLA & VICINI, 2002, OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2004).

Além disso, as embalagens antimicrobianas apresentam outra vantagem dos sistemas de embalagens ativas, estando relacionada ao fato de alguns agentes antimicrobianos adicionados ao alimento perderem parcialmente sua atividade, em virtude da composição do produto e, portanto, de seu efeito na superfície do alimento ser limitado. Dessa forma, a utilização de embalagens ativas pode assegurar melhor eficácia do composto bactericida ou bacteriostático, por apresentar difusão lenta do agente da embalagem para o alimento, auxiliando na manutenção de concentrações mais altas na superfície do produto (QUINTAVALLA & VICINI, 2002).

Diversos fatores influenciam na eficiência da embalagem antimicrobiana, como características do antimicrobiano (solubilidade e tamanho da molécula) e do alimento, condições de estocagem e distribuição (tempo e temperatura), método de preparo do filme (extrusão ou *casting*) e interação entre antimicrobiano e polímero (DAWSON et al., 2003; CHA et al., 2004). Diversos estudos têm demonstrado eficiência e aplicabilidade das embalagens ativas antimicrobianas.

Santiago-Silva et al. (2009) avaliaram a eficiência antimicrobiana de filmes incorporados com pediocina (ALTA 2551) na preservação de presunto fatiado. Os filmes foram testados contra *Listeria innocua* e *Salmonella choleraesuis* e mostraram-se mais eficientes na inibição de *L. innocua*, tendo reduzido o seu crescimento em até dois ciclos logarítmicos em relação ao tratamento controle, após 15 dias de estocagem.

Sachê antimicrobiano contendo alil-isotiocinato inibiu o crescimento de fungos filamentosos, leveduras e *Staphylococcus aureus* em queijo mussarela fatiado por 12 dias de estocagem a 10ºC (PIRES, 2006). O mesmo sachê também foi capaz de inibir o crescimento de *Aspergillus flavus* em grãos de amendoim (SILVA, 2008).

Espintia et al. (2013), desenvolveram e avaliaram embalagens ativas antimicrobianas a

base de metil celulose e polpa de açaí. Sendo a ação antimicrobiana atribuída a embalagem por meio da adição de nanocompósitos (NanoZno), foi verificado que os filmes nanocompósitos apresentaram atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*.

Embalagens antioxidantes

A oxidação lipídica e seus efeitos negativos (sensoriais e nutricionais) são comuns em alimentos com alto teor de gordura, como peixe fresco e óleos vegetais (GÓMEZ-ESTACA et al., 2014).

Os antioxidantes incorporados em sistemas de embalagem ativa podem atrasar o processo de oxidação e frequentemente atuam como eliminadores de radicais livres (NERÍN et al., 2008; GÓMEZ-ESTACA et al., 2014). Estes podem ser divididos em naturais (por exemplo, vitamina E) e composto. Compostos como terc-butil hidroquinona (TBHQ), butil hidroxianisol (BHA) e Butil hidroxitolueno (BHT) provou sua eficácia (VERMEIREN et al., 1999; MOORE et al., 2000). No entanto, considerando os riscos potenciais dos ingredientes sintéticos nos alimentos, o uso de extratos vegetais aromáticos e óleos essenciais naturais ricos em fenóis e/ou terpenoides faz parte de uma alternativa de sucesso (NERÍN et al., 2008; GÓMEZ; ESTACA et al., 2014).

Matrizes de polímero, como Policloreto de Vinilo (PVC) ou (Polietileno de Baixa Densidade (LDPE) (Tabela 03) foram amplamente testadas para conter extratos de plantas, mas recentemente, com base em derivados de celulose, quitosana, gomas, proteínas animais e vegetais, etc., tornaram-se alternativas viáveis, mais seguras e ecologicamente corretas (VALDÉS et al., 2015).

Tabela 03: Antioxidantes naturais incorporados em polímeros para embalagens ativas.

Extrato natural	Polímero	Aplicação	Autor
Chá verde	Quitosano	Antimicrobiano, Antioxidante	Siripatrawan & Noipha (2012)
Gingko	Gelatina de pele de peixe	Antimicrobiano, Antioxidante	Valdés et al. (2015)
Murta	Carboximetilcelulose	Antimicrobiano, Antioxidante	Valdés et al. (2015)
Alecrim	LDPE, PCL	Antioxidante	Valdés et al. (2015)
Ginseng	LLDPE, PVC	Antioxidante	Valdés et al. (2015)
Chá verde	EVOH	Antioxidante	Lopés-de-Dicastillo et al. (2012)

*PE- Polietileno; PCL – Policaprolactona; EVOH - Copolímero de Etileno e Álcool Vinílico.

Fonte: Próprios autores.

A utilização de biomateriais na elaboração de embalagens ativas apresenta inúmeras vantagens, tais como biocompatibilidade, boa função mecânica e de barreira (umidade e/ou gases), não toxicidade e custo relativamente baixos (PEREIRA, 2017).

A incorporação de óleos essenciais e/ou seus principais ingredientes tem sido utilizada para produzir filmes ativos com propriedades antibacterianas e antioxidantes. (KUORWEL et

al., 2011). Extratos de plantas aromáticas de alecrim ou chá verde e extratos ricos em vitamina têm sido amplamente utilizados. Pesquisas são realizadas para encontrar alternativas ao uso de aditivos alimentares sintéticos, que muitas vezes estão associados a possíveis riscos de toxicidade (VALDÉS et al., 2015).

Embalagens aromáticas

As embalagens aromáticas consistem de um tipo de embalagem ativa para alimentos, atrativas no que diz respeito, em especial, ao melhoramento da aceitação sensorial dos produtos embalados (HUBER; RUIZ; CHASTELLAIN, 2002). Estas são elaboradas por meio da incorporação de aromas voláteis à matriz polimérica (HUBER; RUIZ; CHASTELLAIN, 2002). A característica de volatilidade de uma embalagem aromática é de extrema importância para a sua aplicação. A volatilidade dos aromas é largamente dependente do peso molecular desses agentes aromáticos, a maior parte apresenta entre 06 e 18 carbonos (BRODY; STRUPINSKY; KLINE, 2001).

A incorporação de aromas às embalagens pode atribuir características organolépticas desejáveis ao produto (VERMEIREN et al., 1999). A migração controlada dos aromas desejáveis dos materiais plásticos amplia a percepção do sabor dos alimentos (BRODY, STRUPINSKY; KLINE, 2001). Portanto, os compostos voláteis aromáticos vêm sendo empregados pelas indústrias de alimentos como instrumento para aprimorar o odor e o sabor dos seus produtos, alcançar a predileção dos consumidores e melhorar a imagem da marca (MARKARIAN, 2006). Além disso, o emprego de embalagens ativas aromáticas possibilita a minimização do fenômeno denominado “scalping”, ou seja, sorção de aromas dos alimentos pelos materiais poliméricos das embalagens que resultam no perfil sensorial. Frequentemente, o fenômeno “scalping” é maléfico à qualidade dos alimentos, entretanto pode ser empregado positivamente para seletivamente absorver odores indesejáveis (VERMEIREN et al., 1999).

As embalagens ativas aromáticas apresentam surpreendentes propriedades para aplicações em diversos produtos, como: produtos de panificação, biscoitos, vegetais frescos, cereais, produtos lácteos e bebidas (MARKARIAN, 2006).

Apesar de todos os benefícios do emprego de embalagens ativas aromáticas em alimentos, ainda há poucos estudos na literatura. Pires et al. (2008), objetivando incentivar o consumo de leite fluido, elaboraram sachês aromáticos, os quais foram incorporados à parte interna das embalagens de leites integral e desnatado. Os autores analisaram sensorialmente o novo produto, e os resultados demonstraram maior aceitação para as amostras de leites integral e desnatado com aroma de coco. Ainda, análises microbiológicas e físico-químicas das amostras evidenciaram que o uso da tecnologia não alterou as características do produto. Concluiu-se que os sachês aromáticos têm grande potencial para serem usados em um sistema de embalagem ativa para leite fluido, aumentando a aceitação do produto.

A aromatização do chocolate por embalagem ativa foi avaliada por Pereira et al. (2007).

Os autores desenvolveram filmes incorporados com café, os quais foram colocados em contato com o chocolate, e avaliaram a aceitação global do produto após 15 dias de estocagem. Os valores médios da aceitação global dos chocolates não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) e se situaram entre os termos hedônicos “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Pode-se concluir que os filmes incorporados com café podem ser usados como revestimento interno para embalagens de barras de chocolate, demonstrando o grande potencial do uso de filmes aromatizados em contato com alimentos.

Brandão et al. (2015) avaliaram físico-quimicamente e sensorialmente a manteiga adicionada de óleo essencial de orégano e em embalagem ativa biodegradável. Os resultados mostraram que após 60 dias, não houve diferença na composição física e química das amostras para todos os parâmetros. Com relação à análise sensorial, a aceitação dos consumidores foi satisfatória, uma vez que, as três formulações receberam notas satisfatórias (aproximadamente 7,0), sendo que as amostras com adição de óleo essencial de orégano no produto e na embalagem foram preferidas principalmente em relação ao aroma; e para o sabor, as amostras padrão (P) e com adição de óleo essencial de orégano no produto (O) não apresentaram diferença significativa e apresentaram as maiores notas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As embalagens ativas possuem grande potencial de aplicação no mercado alimentício, tendo em vista garantir a qualidade e segurança dos produtos.

A aplicação de embalagens ativas e, ou inteligentes é possível em diversos alimentos com diferentes finalidades.

Deve-se enfatizar que a embalagem ativa é parte integrante de um sistema de embalagem complexo. A combinação de tecnologia básica de processamento e embalagem ativa é essencial para melhorar a segurança alimentar e estender a vida útil dos produtos embalados.

REFERÊNCIAS

ABRAE – Associação Brasileira de Embalagem, 2015. Disponível: **<http://www.abre.org.br>**, acesso: 21/06/2021.

APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J. H. Immobilization of lysozyme on food contact polymers as potential antimicrobial films. Packaging **Technology and Science: An International Journal**, v. 10, n. 5, p. 271-279, 1997.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. Brazilian Journal of Food Technology, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

AZEREDO, H. M. C. de; FARIA, J. de A. F; AZEREDO, A. M. C. de. Embalagens ativas para alimentos. **Food Science and Technology**, v. 20, n. 3, p. 337-341, 2000.

BRANDÃO, Y. B. et al. Avaliação físico-química e sensorial de manteiga adicionada de óleo essencial de orégano e em embalagem biodegradável. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 17, n. 2, p. 307-320, 2015.

BRAGA, L. R.; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. **B.CEEPPA,** Curitiba, v .28, n. 1, p. 69-84, jan./jun. 2010.

BRODY, A. L.; STRUPINSKY, E. P.; KLINE, L. R. Embalagens ativas para aplicações em alimentos. **CRC press**, 2001.

CHA, D. S. et al. Release of nisin from various heat-pressed and cast films. **LWT-Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 209-213, 2003.

COUTO, H. G. S. A. Ação do revestimento comestível contendo amido e nisina na conservação de salada de frutas minimamente processadas. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

DAINELLI, D. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. S103-S112, 2008.

DAWSON, P. L. et al. Nisin release from films is affected by both protein type and film-forming method. **Food research international**, v. 36, n. 9-10, p. 959-968, 2003.

ESPITIA, P. J. P. et al. Physical–mechanical and antimicrobial properties of nanocomposite films with pediocin and ZnO nanoparticles. **Carbohydrate polymers**, v. 94, n. 1, p. 199-208, 2013.

FERREIRA, M. P. F. Embalagens ativas para alimentos: caracterização e propriedades. **Tese de Doutorado em Ciências dos Materiais**. Universidade Federal do Rio Grande sul. Porto Alegre - RS, p.138, 2012.

FERNÁNDEZ, A.; PICOUET, P.; LLORET, E. Cellulose-silver nanoparticle hybrid materials to control spoilage-related microflora in absorbent pads located in trays of fresh-cut melon. **International Journal of Food Microbiology**, v. 142, n. 1-2, p. 222-228, 2010.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FAD. Generally recognized as safe (GRAS). Silver Spring. Disponível em: **<https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/>.** Acesso em: 22 de Julho 2021.

GÓMEZ-ESTACA, J. et al. Advances in antioxidant active food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 35, n. 1, p. 42-51, 2014.

HAN, J. H. Antimicrobial food packaging. In: Ahvenainen R (Ed.) **Novel food packaging techniques**. Washington, CRC Press. p. 69-89, 2003.

HUBER, M.; RUIZ, J.; CHASTELLAIN, F. Off-flavour release from packaging materials and its prevention: a foods company's approach. **Food Additives & Contaminants**, v. 19, n. S1, p. 221-228, 2002.

LEE, C. H. et al. A coating for use as an antimicrobial and antioxidative packaging material incorporating nisin and α-tocopherol. **Journal of Food Engineering**, v. 62, n. 4, p. 323-329, 2004.

MARKARIAN, J. Consumer demands push growth in additives for active packaging. **Plastics, additives and Compounding**, v. 8, n. 5, p. 30-33, 2006.

MOORE, ME et al. Efeitos de antioxidantes em filme de polietileno na cor da carne bovina in natura. **Journal of food Science** , v. 68, n. 1, pág. 99-104, 2003.

NERÍN, C.; TOVAR, L.; SALAFRANCA, J. Behaviour of a new antioxidant active film versus oxidizable model compounds. **Journal of food Engineering**, v. 84, n. 2, p. 313-320, 2008.

OLIVEIRA, L. M. de; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. Revisão: principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 7, n. 172, p. 161-165, 2004.

PEREIRA, A. B. Embalagens Ativas e Novas Tendências na Indústria Alimentar. **Tese de Doutorado**. Universidade de Coimbra, 2017.

PELTZER, M.; WAGNER, J.; JIMÉNEZ, A. Migration study of carvacrol as a natural antioxidant in high-density polyethylene for active packaging. **Food Additives and Contaminants**, v. 26, n. 6, p. 938-946, 2009.

PIRES, A. C. S. Desenvolvimento e avaliação de filmes e sachês antimicrobianos na conservação de queijo mussarela fatiado. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

PIRES, A. C. S et al. Desenvolvimento e avaliação de sachê aromático para leite. In: **21º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Belo Horizonte. Anais. CD-ROM, 2008.

QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat science**, v. 62, n. 3, p. 373-380, 2002.

REALINI, C. E.; MARCOS, B. Active and intelligent packaging systems for a modern society. **Meat science**, v. 98, n. 3, p. 404-419, 2014.

ROBERTSON, G. L. Pack aging of Dairy Products.: Principles and Practice; Robertson, G. L., **Ed. In Food Packaging.** CRC/Taylor & Francis: Boca Raton, FL. p. 400-415, 2006.

SALGADO, P. R. et al. Edible films and coatings containing bioactives. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 86-92, 2015.

SANTIAGO-SILVA, P. et al. Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin (ALTA® 2351) on preservation of sliced ham. **Food Control**, v. 20, n. 1, p. 85-89, 2009.

SILVA, W. A. Desenvolvimento e avaliação de embalagem ativas para melhoria e segurança alimentar de amendoim (Arachis hipogaea L.). **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 64 p. 2008.

SUPPAKUL, P. et al. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. **Journal of food science**, v. 68, n. 2, p. 408-420, 2003.

VALDÉS, A. et al. Use of herbs, spices and their bioactive compounds in active food packaging. **RSC advances**, v. 5, n. 50, p. 40324-40335, 2015.

VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. **Food additives & contaminants**, v. 19, n. S1, p. 163-171, 2002.

WURLITZER, N. J. Desenvolvimento e avaliação de propriedades físicas e antimicrobianas de filmes de poli (cloreto de vinilideno) incorporados com Triclosan. **Dissertação (Doctor Scientiae)** - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 104f. 2007.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

EVOLUÇÃO DA FÓRMULA INFANTIL COMO SUBSTITUTO DO LEITE MATERNO

THE EVOLUTION OF THE INFANT FORMULA AS A SUBSTITUTE FOR BREAST MILK

FIORAVANTI, Maria Isabel Andrekowisk[1,2]*; MORGANO, Marcelo Antonio[2]

[1]Instituto Adolfo Lutz, Centro de Laboratório Regional de Campinas, Rua São Carlos, n° 720, Vila Industrial, Campinas, SP, 13035-420, Brasil. [2]Instituto de Tecnologia de Alimentos, Av. Brasil 2880, Jd. Chapadão, P.O. Box 139, Campinas, SP, 13070-178, Brasil. *Contato: maria.fioravanti@ial.sp.gov.br

RESUMO

A fórmula infantil é a opção de alimento mais recomendada quando a amamentação não é possível e pode ser a única fonte de nutrição em um período crítico de crescimento e desenvolvimento dos bebês. Assim, os conceitos, padrões e práticas relacionados à qualidade e segurança desses produtos são de grande importância para a saúde pública. O presente trabalho se propôs a realizar uma revisão bibliográfica sobre fórmulas infantis, analisando o consumo, a qualidade, bem como a sua evolução perante as diferentes faixas etárias e legislações. Como resultado foi observado que há uma tendência mundial no aumento do consumo de fórmulas infantis e uma contínua evolução no desenvolvimento destes produtos visando à aproximação da composição do leite materno. Concluiu-se que o mercado mundial desse produto vem ganhando popularidade devido a mudanças no estilo de vida das mulheres, e que a fórmula infantil é a opção mais recomendada para lactentes como substituto alimentar. Porém, existe a necessidade de constantes revisões das legislações e a composição das fórmulas infantis deve ser frequentemente melhorada pela indústria de forma a garantir uma ingestão equilibrada dos nutrientes para atender as diferentes necessidades nutricionais em cada fase do desenvolvimento da criança.

Palavras-chave: Saúde pública, crianças, alimento infantil, nutrição do lactente, segurança dos alimentos.

ABSTRACT

Infant formula is the most recommended food option when breastfeeding is not possible and may be the only source of nutrition at a critical period of infant growth and development. Thus, the concepts, standards and practices related to the quality and safety of these products are of great importance for public health. The present work carries out a literature review on infant formula, analyzing consumption, quality, as well as its evolution in relation to different age groups and legislation. As a result, it was observed that there is a worldwide trend in the increase of infant formulas consumption and a continuous evolution in the development of these products, aiming to approximate the composition to that of the breast milk. It was concluded that the world market for this product has been gaining popularity due to changes in women's lifestyle, and that infant formula is the most recommended option for infants as a food substitute. However, there is a need for constant revision of legislation and the composition of infant formulas must be frequently improved by the industry in order

to ensure a balanced intake of nutrients to meet the different nutritional needs at each stage of child's development.

Keywords: Public health, infants, infant food, infant nutrition, food safety.

INTRODUÇÃO

Estudos científicos comprovam a importância e a superioridade do leite materno como a melhor fonte de nutrientes para lactentes a termo até seis meses, sendo fonte de compostos bioativos e nutrientes balanceados, adequados para o crescimento e desenvolvimento da criança (Brasil, 2009; Zou, Pande & Akoh, 2016). Além da vantagem nutricional, a amamentação é conveniente, barata e uma experiência de vínculo entre mãe e bebê compreendido em um contexto sociocultural e familiar (Brasil, 2009; Martin, Ling & Blackburn, 2016).

A decisão de amamentar é altamente pessoal e muitas vezes influenciada por fatores sociais, econômicos, culturais, étnico-raciais, psicológicos e comportamentais (Brasil, 2015). Em certas situações, a amamentação não é possível ou é inadequada. Quando a amamentação não é possível, desejável ou as mães são incapazes de fornecer leite suficiente, fontes alternativas balanceadas de nutrientes devem ser usadas. Atualmente a opção nutricional alternativa mais recomendada para crianças nascidas a termo saudável (recém-nascido cuja idade gestacional foi entre 37 semanas e 41 semanas e 6 dias) é a fórmula infantil (Vieira da Silva et al., 2013; Martin, Ling & Blackburn, 2016; Zou, Pande & Akoh, 2016).

Globalmente, apenas 38% das crianças são exclusivamente amamentadas até os 6 meses de idade. Nos Estados Unidos, 75% dos bebês iniciam a amamentação desde o nascimento; no entanto, aos três meses de idade, 67% dos lactantes dependem da fórmula infantil como uma parte de sua nutrição (Martin, Ling & Blackburn, 2016). Um estudo de âmbito nacional realizado em 2009, considerando as capitais brasileiras e o Distrito Federal, encontrou uma prevalência do aleitamento materno exclusivo de 41% em crianças menores de 6 meses com duração mediana da amamentação materna de 341,6 dias (11,2 meses). Os dados obtidos neste estudo demonstraram uma melhora significativa da situação do aleitamento materno no Brasil em comparação a estudos anteriores (Brasil, 2009). Porém, o Brasil encontra-se distante do cumprimento das metas propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e pelo Ministério da Saúde do Brasil (MS) de que a amamentação seja exclusiva nos primeiros 6 meses de vida e complementada até 2 anos de idade ou mais, com a introdução de alimentos sólidos/semissólidos de qualidade (Brasil, 2015).

Apesar dessas recomendações, em todo o mundo a grande maioria das crianças recebem fórmula infantil, ou outros alimentos complementares caseiros ou comerciais, em determinado momento dos primeiros meses de vida como substituto do leite materno, seja como única fonte de nutrição ou em combinação (Koletzko, Shamir & Ashwell, 2012). Um estudo

realizado, entre 2012 a 2015, com 700 lactentes (idade mediana de 5,5 meses) na cidade de São Paulo sobre a introdução de alimentos complementares demonstrou que a água (80%), seguida pela fórmula infantil (64%) e pelo suco (51%) foram os alimentos mais utilizados e mais precocemente introduzidos aos lactentes (Moreira et al., 2019). Portanto, os conceitos, padrões e práticas relacionados à qualidade e segurança dos produtos alimentícios voltados para lactentes são de grande importância para a saúde pública (Koletzko, Shamir & Ashwell, 2012), já que podem ser a única fonte de nutrição nos primeiros 6 meses de vida, um período crítico para o crescimento e desenvolvimento (Donovan, 2019). Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sobre a evolução das fórmulas infantis conforme suas faixas etárias e legislações que contribuem para um melhor entendimento desse substituto do leite materno.

METODOLOGIA

A pesquisa, de natureza qualitativa, foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica sobre fórmula infantil e seu processo de evolução. Foram pesquisados documentos científicos atualizados nas bases de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), PubMed, *Scientific Electronic Library* (SciELO), *Scopus*, *Web of Science* e Google Acadêmico usando as seguintes palavras-chave: fórmula infantil, alimentação infantil e leite materno. Visando uma maior abrangência sobre o tema, também foram realizadas buscas em legislações e sites institucionais para avaliar as teses e dissertações sobre o tema. Duas perguntas foram norteadoras do trabalho: 1) “Como se comportam as normas e o consumo de fórmula infantil?”; 2) “O que os estudos estão apontando sobre a substituição do leite materno por fórmula infantil?”.

A busca ocorreu entre o período de março de 2018 e dezembro de 2020 e os critérios de inclusão e exclusão dos materiais foram: artigos completos publicados em revistas indexadas; não houve restrição quanto à data de publicação. Em relação às legislações, foram utilizadas todas em vigor sobre a matriz fórmula infantil, nacionais e internacionais, além do *Codex Alimentarius Standard for Infant Formula*.

EVOLUÇÃO DA FORMULAÇÃO E CONTROLE DE FÓRMULA INFANTIL

Segundo o *Codex Alimentarius Standard for Infant Formula*, a fórmula infantil é um substituto do leite materno especialmente preparado para satisfazer, por si só, os requisitos nutricionais dos bebês durante os primeiros meses de vida até a introdução da alimentação complementar adequada. A segurança nutricional e a adequação das fórmulas para lactentes devem ser cientificamente demonstradas para apoiar o crescimento e o desenvolvimento de lactentes (FAO/WHO, 2016).

Os regulamentos técnicos de fórmulas para lactentes e produtos lácteos são delineados

por padrões internacionais elaborados pela Comissão do *Codex* sob a autoridade da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação e da Organização Mundial da Saúde ou em padrões específicos elaborados principalmente pela União Europeia, Estados Unidos, China, Austrália e Nova Zelândia (Poitevin, 2016). A composição da fórmula infantil é estritamente regulamentada e cada fabricante deve seguir as diretrizes estabelecidas pelas agências governamentais do país onde será comercializada. Estas diretivas estabelecem critérios para rotulagem e sua composição (valor energético, proteína, carboidrato, gordura, substâncias minerais, vitaminas e outros ingredientes) incluindo, quando necessário, limites mínimos e máximos importantes para atender as necessidades nutricionais dos lactentes saudáveis e evitar um consumo excessivo que possa vir a produzir efeitos adversos (Vieira da Silva et al., 2013).

No Brasil, as fórmulas infantis são regulamentadas pelas seguintes Resoluções: RDC n° 42, 43, 44, 45 e 46, de 19 de setembro de 2011, do Ministério da Saúde. A RDC n° 43 (Regulamento Técnico para fórmulas infantis para lactentes) e a RDC n° 44 (Regulamento Técnico para fórmulas infantis de seguimento para lactentes e crianças de primeira infância) estabelecem que fórmulas infantis para lactentes sejam produtos à base de leite de vaca ou outros animais ou uma mistura destes e/ou outros ingredientes provadamente adequados para alimentação de lactentes até e/ou a partir do sexto mês de vida e para alimentação de crianças de primeira infância (Brasil, 2011a; Brasil, 2011b; Brasil, 2011c; Brasil, 2011d; Brasil, 2011e).

Em todo o mundo, o mercado deste produto é substancial e vem ganhando popularidade devido ao aumento de mulheres no mercado de trabalho, além de ser impulsionado pelo crescente número de comércio, lojas físicas e plataformas eletrônicas, que disponibilizam facilmente o produto ao consumidor (Insights, 2019). Comercialmente as fórmulas infantis estão disponíveis em três formas: (1) pó, a forma mais barata, que deve ser misturada com água antes da alimentação; (2) líquido concentrado, que deve ser misturado com uma quantidade igual de água; e (3) pronto para consumo, à forma mais cara, que não requer mistura (FDA, 2014).

As fórmulas infantis disponíveis hoje são classificadas de acordo com a faixa etária do lactente e incluem, entre outras denominações: “fórmulas infantis para lactentes” para os primeiros seis meses de vida (5 meses e 29 dias), “fórmulas infantis de seguimento para lactentes” a partir do sexto mês de vida até doze meses de idade incompletos (11 meses e 29 dias), “fórmula infantil para lactentes e de seguimento para lactente” para os primeiros doze meses de idade incompletos (até 11 meses e 29 dias) e “fórmulas infantis para crianças de primeira infância” para crianças de 1 a 3 anos (European Commission, 2006; Brasil, 2011b; Brasil, 2011c). Para facilitar o entendimento das faixas etárias são adotadas as seguintes denominações simplificadas: de 0-6 meses para fórmulas infantis para lactentes; de 6-12 meses para fórmulas infantis de seguimento para lactentes e de 0-12 meses para fórmula infantil para lactentes e de seguimento para lactente.

Existe também a categoria de fórmula infantil para necessidades dietoterápicas específicas, produtos que abrangem todas as faixas etárias e atendem as necessidades nutricionais decorrentes de alterações fisiológicas, de doenças temporárias ou permanentes e de risco de alergias (Brasil, 2011d; Insights, 2019). A quantidade dos compostos (nutrientes) das diferentes faixas deve estar de acordo com o regulamento técnico específico, sendo que determinados compostos podem não ser aplicáveis a alguns tipos de fórmulas, principalmente em relação às fórmulas para necessidades dietoterápicas específicas (Brasil, 2011a; Brasil, 2011d).

Além das diferentes classificações por faixas etárias, comercialmente as fórmulas infantis são divididas quanto à base proteica: fórmula à base de leite de vaca, ou outros animais (ou uma mistura) e à base de soja (Brasil, 2011b; Brasil, 2011c). Estas variam em relação à nutrição, calorias, digestão e custo. Em 2019, as fórmulas infantis à base de leite de vaca e de proteína de soja foram as mais comumente consumidas, sendo que à base de leite de vaca representou mais de 71% do mercado (Insights, 2019). A Figura 01 traz um diagrama simplificado da distribuição do mercado de fórmulas infantis.

Mercado de Fórmula Infantil		
Classificação	**Forma**	**Canais de distribuição**
Fórmula a base de leite de caca	Pó	Farmácia
Fórmula a base de soja	Líquido concentrado	Lojas de varejo
Fórmulas especiais	Pronto para o consumo	Outros
Outros		

Figura 01: Classificação, forma e canais de distribuição das fórmulas infantis comerciais.

Fonte: Insights (2019).

Comercialmente, ao comparar as diferentes classificações por faixa etária, o consumo de fórmulas infantis destinada a 0-6 meses não são expressivas devido ao incentivo e benefícios do aleitamento materno exclusivo até o sexto mês. Após o 6º mês, o uso de fórmulas infantis de seguimento (6-12 meses) atua como substituto do leite materno e, em 2018, representou mais de 40% da participação do mercado mundial de fórmula infantil. Os dados indicam que a fórmula infantil para crianças de primeira infância (1-3 anos) será o seguimento que mais crescerá até 2025 devido à maior conscientização de seus benefícios à saúde da criança, além da mudança de estilo de vida e aumento da renda da população nas economias emergentes (Insights, 2019).

A primeira fórmula infantil comercial foi desenvolvida em 1867 e compreendia farinha de trigo, leite de vaca, malte e bicarbonato de potássio. No início do século XX, a composição da fórmula infantil em pó foi melhorada para torná-la mais semelhante ao leite materno, particularmente quanto seu conteúdo de lipídios, adicionando gorduras e óleos ao leite de vaca desnatado (Zou, Pande & Akoh, 2016). Atualmente, os substitutos alimentares para lactentes são desenvolvidos considerando como modelo a composição média do leite materno maduro

(após o primeiro mês do nascimento) para atenderem às necessidades nutricionais da grande maioria dos bebês saudáveis a termo (Lönnerdal & Hernell, 2016).

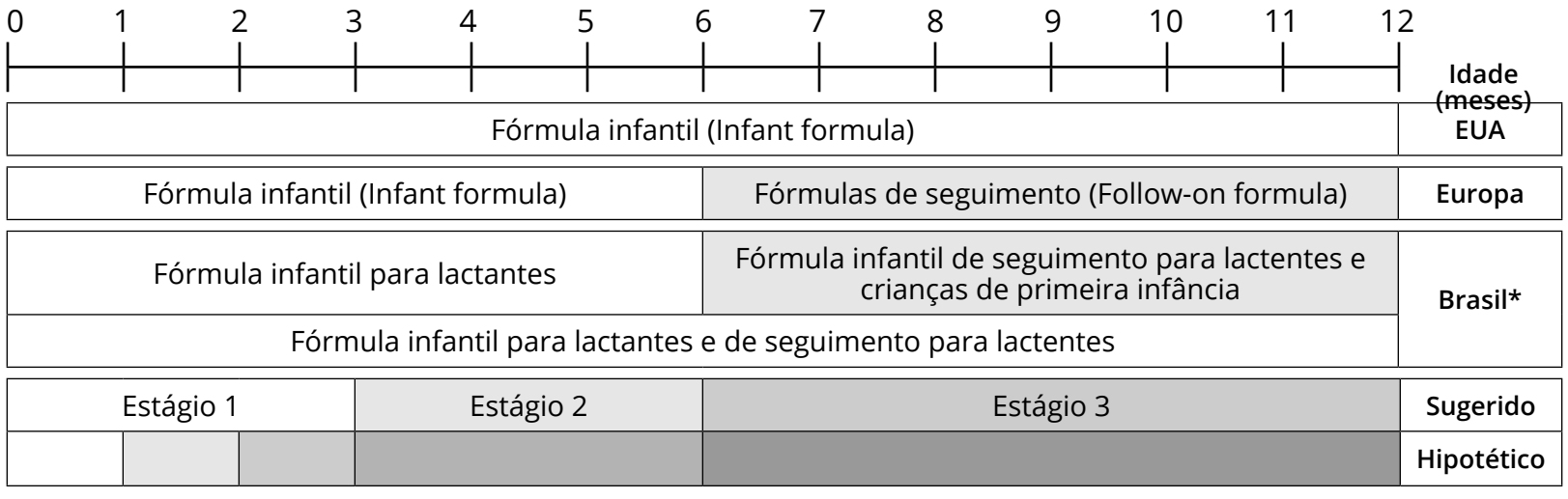
Nos últimos 30 anos, a composição da fórmula infantil vem evoluindo para se aproximar ao máximo do leite materno. No entanto, apesar dessas tentativas, persistem disparidades entre lactentes alimentados com leite materno e com fórmula quanto ao crescimento, desenvolvimento neurológico, composição do microbioma, função imune e incidência de doenças infecciosas. Se aceita que os componentes bioativos no leite materno sejam em parte responsáveis por essas diferenças de desenvolvimento (Donovan, 2019). A introdução precoce de fórmula (antes do sexto mês) também pode estar associada a um aumento de episódios de diarreia, hospitalizações por doença respiratória, diminuição na absorção de minerais como o ferro e o zinco, e pelo maior risco de desnutrição, associados tanto pela diluição excessiva das fórmulas, levando a uma oferta inadequada de nutrientes, quanto à qualidade e higiene da água e utensílios utilizados no preparo da fórmula (Brasil, 2015).

Parte da razão dessas diferenças também é atribuída à abordagem estática nas composições das fórmulas infantis disponíveis. O leite humano é uma matriz complexa com uma composição geral de 87% de água, 3,8% de gordura, 1,0% de proteína e 7% de lactose. No entanto, a composição do leite humano é dinâmica e muda ao longo do tempo, adaptando-se às novas necessidades da criança em crescimento (Martin, Ling & Blackbum, 2016). Essas mudanças naturais do leite humano, que refletem na alteração da velocidade de crescimento e maturação das funções imunológicas e fisiológicas da criança, não foram amplamente consideradas no desenvolvimento de fórmulas (Lönnerdal & Hernell, 2016; Martin, Ling & Blackbum, 2016). Portanto, compreender as diferentes necessidades nutricionais da criança pode ser a chave para o desenvolvimento de fórmulas infantis apropriadas e sua composição nutricional também deve variar dependendo dos estágios de desenvolvimento da criança (Zou, Pande & Akoh, 2016).

No Brasil, as fórmulas infantis são designadas para dois principais estágios de vida, 0-6 meses e 6-12 meses e, as fórmulas infantis cuja composição e rotulagem atendam aos critérios estabelecidos para os dois estágios, podem ser definidas para lactentes de 0-12 meses (Brasil, 2011b; Brasil, 2011c). Nos Estados Unidos, as fórmulas infantis regulares destinam-se a todos os lactentes a termo durante o primeiro ano de vida (0-12 meses). Enquanto que na União Europeia, a fórmula infantil (*infant formula*, em inglês) deve ser empregada durante os primeiros 6 meses de vida, a fórmula de transição (*follow-on formula*, em inglês) deve ser empregada a partir do sexto mês de vida e para crianças de 1 a 3 anos existem as fórmulas infantis para crianças de primeira infância (*toddler infant formula*, em inglês) (European Commission, 2006; Lönnerdal & Hernell, 2016).

A Figura 02, baseada no trabalho de Lönnerdal & Hernell (2016), apresenta um resumo dos seguimentos de fórmula infantil, para o primeiro ano de vida, disponíveis hoje nos Esta-

dos Unidos, Europa e Brasil e as mudanças (sugestões e hipótese) de novas designações de fórmula infantil.



*RDC nº 43 e 44, de 19/09/2011, do Ministério da Saúde apresenta diferente designações.

Figura 02: Designação das fórmulas infantis por idade – situação atual e mudanças, baseada no trabalho de Lönnerdal & Hernell (2016).

Fonte: Fioravanti, 2020.

Lönnerdal & Hernell (2016) sugerem um mínimo de três estágios diferentes (um estágio a mais da realidade atual no Brasil e Europa) para as fórmulas infantis até os 12 meses de vida: Estágio 1 (de 0-3 meses), primeira infância, período de maior desenvolvimento do lactente; Estágio 2 (de 3-6 meses de idade); Estágio 3 (de 6-12 meses), quando a dieta está sendo diversificada. As sugestões são baseadas nos diferentes estágios do lactente visando possibilitar um melhor equilíbrio da quantidade de nutrientes em cada fase, como por exemplo, maiores necessidades de proteína, energia e DHA (Ácido Docosahexaenoico) durante os primeiros meses de vida, bem como uma menor quantidade de ferro durante os seis primeiros meses e maiores quantidade de ferro após o sexto mês de vida.

Como hipótese, os autores preveem etapas adicionais considerando que as mudanças mais profundas na composição do leite materno ocorrem durante os primeiros 4 a 6 meses. Portanto, mais estágios seria um avanço nutricional e fisiológico para a alimentação com fórmulas infantis no início da vida, mas para tanto são necessárias mais comprovações científicas quanto essa abordagem (Lönnerdal & Hernell, 2016).

Hoje em dia, a fórmula infantil permite uma ingestão equilibrada de nutrientes ao lactente e é sem dúvida mais adequada do que o consumo de leite de vaca (Vieira da Silva et al., 2013). Não apenas por sua composição estar cada vez mais próxima do leite materno, mas outras tendências e tecnologias estão se tornando populares, como a adição de ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa (LCPUFAs), nucleotídeos, aminoácidos essenciais, prebióticos e probióticos e o desenvolvimento de fórmulas especializadas para necessidades específicas (Zou, Pande & Akoh, 2016).

O leite materno e o leite de vaca apresentam diferenças em suas composições em relação aos tipos e as proporções de proteínas presentes. O leite de vaca possui três vezes mais proteína que o leite humano, sobrecarregando os rins quando consumido em alta quantida-

de (Brasil, 2015). A razão de proteína do soro de leite/caseína (α-, β-, γ- e κ-caseína) no leite de vaca é de, aproximadamente, 20/80, enquanto no leite materno maduro (após o primeiro mês do nascimento) a razão proteína do soro de leite/caseína (α-, β- e κ-caseína) é de 60/40. A concentração de α-caseína no leite materno é muito baixa e constante durante toda a lactação, enquanto que a concentração de caseína total (β- e κ-) aumenta ligeiramente ao longo do primeiro mês de lactação, antes de declinar e permanecer relativamente estável no leite maduro. Na fórmula infantil, a proporção proteína do soro/caseína é semelhante ao leite humano maduro (60/40), mas contém todas as caseínas do leite de vaca (Donovan, 2019).

Ao consumir leite de vaca não modificado, o sistema do lactente apresenta dificuldade em lidar com os altos níveis de proteínas, além das altas cargas de sódio e potássio presentes e, o leite de vaca não fornece quantidades suficientes de vitamina E, ferro ou ácidos graxos essenciais (Martin, Ling & Blackburn, 2016). De acordo com o estudo de Sager, McCulloch & Schoder (2018) foi verificado que as fórmulas infantis adquiridas no comércio da Tanzânia continham metade das concentrações de K, Mg, Mo, Na e S, e um terço a menos de Ca do valor encontrado em amostras de referência de leite de vaca, enquanto que as concentrações de Cu e Fe foram 10 a 30 vezes superiores. A OMS observou que o leite de vaca não modificado, principalmente quando cru e puro, não deve ser administrado a menores de 1 ano como substituto do leite humano ou fórmula infantil (WHO, 2014).

Fórmulas à base de proteínas de soja são opções eficazes para lactentes com galactosemia ou deficiência congênita de lactase, sendo recomendadas para casos de bebês alérgicos a proteínas do leite de vaca. Como os fitoestrogênios (substâncias análogas aos hormônios sexuais femininos produzidos por plantas) estão presentes na fórmula à base de soja, o uso destas fórmulas é limitado pela preocupação de possíveis danos ao bebê, embora este tema continue controverso (Martin, Ling & Blackburn, 2016). Desde a década de 1960, a composição da fórmula infantil à base de soja melhorou e responde às necessidades nutricionais dos bebês. As indicações médicas para a soja são muito limitadas, mas a fórmula infantil à base de soja também é usada por razões econômicas, religiosas e filosóficas. Os produtos de soja não são recomendados para prematuros ou para menores de seis meses de idade, devido ao teor de alumínio, ao risco de desenvolver osteopenia e aos possíveis efeitos negativos no crescimento (De Paiva et al., 2020; Vandenplas, De Greef & Hauser, 2010).

Os dados obtidos nos trabalhos de Bosscher et al. (2003) e de Rodríguez Rodríguez, Alaejos & Romero (2000) indicam que as fórmulas infantis apresentam uma concentração total de micronutrientes maior em comparação às concentrações encontradas em leite materno. Bosscher et al. (2003) demonstraram que a alta concentração de micronutrientes na fórmula infantil não corresponde a uma maior biodisponibilidade.

Lesniewicz et al. (2010) compararam os valores encontrados de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P e Zn, em 12 amostras de fórmulas infantis com os valores declarados na rotulagem e, em

geral, os valores declarados pelos fabricantes foram considerados iguais aos valores experimentais, e as discrepâncias não estavam fora do intervalo permitido pela legislação citada no estudo. González-Bermúdez et al. (2014), analisaram o efeito da adição de diferentes agentes espessantes nas propriedades de viscosidade e na disponibilidade *in vitro* (fração dialisada e solúvel) do Ca, Fe e Zn em fórmula infantil, demonstrando que o tipo de agente adicionado à fórmula pode interferir na disponibilidade destes elementos. Estes estudos demonstram os rigorosos padrões de qualidade e de segurança que os fabricantes de fórmula infantil devem seguir para atender as diretrizes estipulados por organizações e legislações. Em particular, o estudo de González-Bermúdez et al. (2014) evidenciou que, apesar da necessidade de adição de ingredientes suplementares às fórmulas para uma melhor aproximação da composição do leite materno, a busca por melhorias na qualidade nutricional não pode negligenciar sua importância, sempre demonstrando cientificamente o benefício ou não do composto de interesse para o crescimento e desenvolvimento dos lactentes.

As diferenças nas formulações das fórmulas infantis ficam evidentes no trabalho realizado por Fioravanti et al. (2020), que estudaram a composição mineral e a fração bioacessível de diferentes tipos de fórmulas infantis e amostras de leite quanto ao conteúdo mineral. Foi observado que nas fórmulas infantis a concentração total de Fe, Cu, Mn e Zn é maior do que nas amostras de leite em 162, 63, 37 e 2 vezes, respectivamente. Também foi identificado que a bioacessibilidade mineral em fórmulas à base de leite e a adição de um prebiótico geralmente aumenta a dialisabilidade de K, Fe, Mg, Cu e Zn, enquanto a proteína hidrolisada enzimaticamente não teve efeito sobre a bioacessibilidade da maioria dos elementos. As fórmulas infantis com proteína isolada de soja mostraram resultados de dialisabilidade semelhantes aos das fórmulas contendo proteína de soro de leite. Concluindo que uma melhor absorção dos minerais presentes na fórmula infantil pode estar relacionada ao tipo de proteína, presença de prebióticos e concentrações totais dos minerais.

Dados que vem de encontro com o fato de apesar da composição da fórmula ser baseada na do leite materno, não apenas a quantidade de nutrientes deve ser considerada, mas também sua biodisponibilidade e a forma física e química são importantes, sempre respeitando os níveis mínimos e máximos estipulados para cada nutriente (Zou, Pande & Akoh, 2016). Visando melhorar a qualidade das fórmulas, em 2014 o FDA (*Food and Drug Administration*) publicou regras quanto às Boas Práticas de Fabricação para a fórmula infantil onde exige, entre outros itens, que as fórmulas infantis satisfaçam os fatores de qualidade do crescimento físico normal e a qualidade biológica suficiente do componente proteico da fórmula, ou seja, as quantidades adequadas de proteína em uma forma que pode ser usada pelo lactente, como mais um desafio para a indústria de fórmula infantil.

O crescente número de estudos que avaliam a bioacesssibilidade ou biodisponibilidade das fórmulas infantis são importantes e auxiliam na identificação de matrizes alimentares

promissoras e/ou nas condições de processamento e no impacto na biodisponibilidade dos nutrientes (De Paiva et al., 2020; Fioravanti et al., 2020; Etcheverry et al., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fórmula infantil é a opção de substituto alimentar ao leite materno mais recomendada para lactentes. Em todo o mundo o mercado desse produto vem ganhando popularidade devido a mudanças no estilo de vida das mulheres além do seu crescente comércio.

A composição da fórmula infantil deve ser constantemente melhorada por revisões de legislações e indústria de forma a oferecer produtos que garantam uma ingestão de nutriente cada vez mais equilibrada, abrangendo as diferentes necessidades nutricionais da criança. O desenvolvimento de fórmulas infantis apropriadas para mais faixas etárias, ao menos uma faixa a mais que as já estabelecidas em legislação (entre a faixa de 0 a 6 meses), seria um avanço nutricional e fisiológico para a alimentação com fórmulas infantis no início da vida, mas para tanto são necessários mais estudos quanto a essa abordagem.

REFERÊNCIAS

BOSSCHER, D.; CAILLIE-BERTRAND, M. V.; CAUWENBERGH, R. V.; DEELSTRA, H. Availabilities of calcium, iron, and zinc from dairy infant formula is affected by soluble dietary fibers and modified starch fractions. **Nutrition**, v. 19, p. 641-645, 2003. doi: 10.1016/S0899-9007(03)00063-7.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **II Pesquisa de prevalência de aleitamento materno nas capitais brasileiras e Distrito Federal**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL (2011a), ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n° 42, de 19 de setembro de 2011: Dispõe sobre o regulamento técnico de compostos de nutrientes para alimentos destinados a lactentes e a crianças de primeira infância**. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br, 2011>.

BRASIL (2011b), ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n° 43, de 19 de setembro de 2011: Dispõe sobre o regulamento técnico para fórmulas infantis para lactentes**. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br>. 2011.

BRASIL (2011c), ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n° 44, de 19 de setembro de 2011: Dispõe sobre o regulamento técnico para fórmulas infantis de seguimento para lactentes e crianças de primeira infância**. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br. 2011>.

BRASIL (2011d), ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n° 45, de 19 de setembro de 2011: Dispõe sobre o regulamento técnico para fórmulas infantis para lactentes destinadas a necessidades dietoterápicas específicas e fórmulas infantis de seguimento para lactentes e crianças de primeira infância destinadas a necessidades dietoterápicas específicas**. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br. 2011>.

BRASIL (2011e), ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n° 46, de 19 de setembro de 2011. Dispõe sobre aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia para fórmulas infantis destinadas a lactentes e crianças de primeira infância**. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br. 2011>.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Estratégia nacional para promoção do aleitamento materno e alimentação complementar saudável no sistema único de saúde: manual de implementação**. Disponível em: <https://portal.anvisa.gov.br>. 2015.

DE PAIVA, E. L.; MEDEIROS, C.; ANDREKOWISK FIORAVANTI, M. I.; MILANI, R. F.; MORGANO, M. A.; LIMA PALLONE, J. A.; ARISSETO-BRAGOTTO, A. P. Aluminium in infant foods: Total content, effect of in vitro digestion on bioaccessible fraction and preliminary exposure assessment. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.90, p.1-8, 2020. doi:10.1016/j.jfca.2020.103493.

DONOVAN, S. M. Human milk proteins: composition and physiological significance. **Nestle Nutrition Institute Workshop Series**, v. 90, p. 93-101, 2019. doi: 10.1159/000490298.

ETCHEVERRY, P.; GRUSAK, M. A; FLEIGE, L. E. Application of in vitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc, and vitamins B6, B12, D, and E. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 1-22, 2012. doi: 10.3389/fphys.2012.00317.

EUROPEAN COMMISSION. **Directiva 2006/141/CE da Comissão de 22 de Dezembro de 2006, relativa às fórmulas para lactentes e fórmulas de transição e que altera a Directiva 1999/21/CE**. Jornal Oficial da União Europeia, L401, p. 3-33, 2006.

FAO/WHO. **Standard for infant formula and formulas for special medical purposes intended for infants**. Codex Stan 72 – 1981. Revision: 2007, 2016.

FDA - U.S., Food and Drug Administration. **Guidance for Industry: Demonstration of the Quality Factor Requirements Under 21 CFR 106.96 (i) for "Eligible" Infant Formulas**. Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2014.

FIORAVANTI, M. I. A.; MILANI, R. F.; LIMA DE PAIVA, E.; MORGANO, M. A. Influence of various ingredients on mineral bioaccessibility in infant formula and whole milk. **International Dairy Journal**, v. 110, p. 104808, 2020. doi:10.1016/j.idairyj.2020.104808.

FIORAVANTI, M. I. A. **Minerais em fórmula infantil e leite: estudo do teor total e da bioa-**

cessibilidade (Dissertação de mestrado). Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2020.

GONZÁLEZ-BERMÚDEZ, C. A.; FRONTELA-SASETA, C.; LÓPEZ-NICOLÁS, R.; ROS-BERRUEZO, G.; MARTÍNEZ-GRACIÁ, C. Effect of adding different thickening agents on the viscosity properties and in vitro mineral availability of infant formula. **Food Chemistry**, 159, p. 5-11, 2014. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.168.

INSIGHTS - Global Market Insights. **Global Baby Food Market Size worth over $33bn by 2025.** Disponível em: <https://www.gminsights.com/pressrelease/baby-food-market>. 2019.

KOLETZKO, B.; SHAMIR, R.; ASHWELL, M. Quality and safety aspects of infant nutrition. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 60, p. 179-184, 2012. doi: 10.1159/000338803.

LESNIEWICZ, A.; WROZ, A.; WOJCIK, A.; ZYRNICKI, W. Mineral and nutritional analysis of Polish infant formulas. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 424-431, 2010. doi: 10.1016/j.jfca.2010.02.005.

LÖNNERDAL, B.; HERNELL, O. An opinion on "Staging" of infant formula: A developmental perspective on infant feeding. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 62, p. 9-21. doi: 10.1097/MPG.0000000000000806.

MARTIN, C. R.; LING, P. R.; BLACKBURN, G. L. Review of infant feeding: key features of breast milk and infant formula. **Nutrients**, v. 8, p. 1-11, 2016. doi: 10.3390/nu8050279.

MOREIRA, L. C.; OLIVEIRA, E. B.; LOPES, L. H.; BAULEO, M. E.; SARNO, F. Introdução de alimentos complementares em lactentes. **Einstein (São Paulo)**, v. 17, p. 1-6, 2019. doi: 10.31744/einstein_journal/2019AO4412.

POITEVIN, E. Official methods for the determination of minerals and trace elements in infant formula and milk products: A review. **Journal of AOAC International**, v. 99, p. 42-52, 2016. doi: 10.5740/jaoacint.15-0246.

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, E. M.; ALAEJOS, M. S.; ROMERO, C. D. Concentrations of iron, copper and zinc in human milk and powdered infant formula. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 51, p. 373-380, 2000.

SAGER, M.; MCCULLOCH, C. R.; SCHODER, D. Heavy metal content and element analysis of infant formula and milk powder samples purchased on the Tanzanian market: International branded versus black market products. **Food Chemistry**, v .255, p. 365-371, 2018. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.02.058.

VANDENPLAS, Y.; DE GREEF, E.; DEVREKER, T.; HAUSER, B. Soy infant formula: is it that bad? **Acta Paediatrica**, v. 100, p. 162-166, 2010. doi:10.1111/j.1651-2227.2010.02021.x.

VIEIRA DA SILVA, S.; MATTANNA, P.; BIZZI C. A.; RICHARDS, N. S. P. S.; BARIN, J. S.. Evaluation of the mineral content of infant formulas consumed in Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 3498-3505, 2013. doi: 10.3168/jds.2012-6268.

WHO. **Comprehensive implementation plan on maternal, infant and young child nutrition**, disponível em: <http://www.who.int/nutrition/publications/CIP_document/en/>. 2014

ZOU, L.; PANDE, G.; AKOH, C. C. Infant formula fat analogs and human milk fat: New focus on infant developmental needs. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 7, p. 139-165, 2016. doi: 10.1146/annurev-food-041715-033120.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

FILMES BIODEGRADÁVEIS DE PROTEÍNA DE SORO DE LEITE: UMA REVISÃO

BIODEGRADABLE WHEY PROTEIN FILMS: A REVIEW

FERRI, Tairine Osório[1]*; ROCHA, Meritaine da[1]

[1]Engenharia Agroindustrial Indústrias Alimentícias/Universidade Federal do Rio Grande - FURG. *Contato:taiferri@gmail.com

RESUMO

Os filmes biodegradáveis são boas alternativas na minimização ou substituição de embalagens sintéticas, por se degradar sob ação de micro-organismos em condições ambientais normais. Além disso, podem ser desenvolvidos de fontes naturais renováveis que possuem baixo valor econômico, tais como os subprodutos de processamento de matérias-primas agropecuárias, de origem animal, fonte de proteínas com valor tecnológico, um destaque à proteína do soro de leite e derivados, que têm capacidade de formação de filmes biodegradáveis com boas propriedades mecânicas e de barreira. Neste contexto, o objetivo foi realizar uma revisão bibliográfica para avaliar técnicas de obtenção de filmes biodegradáveis, as propriedades mecânicas e de barreira de filmes elaborados à base de soro de leite e derivados. A presente revisão foi desenvolvida através de pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica de artigos teses e dissertações utilizando as seguintes palavras-chave: subprodutos, soro de leite, propriedades de barreira e mecânicas. Para tanto, foram pesquisados artigos e teses no Portal de Periódicos da CAPES, *ScienceDirect*, Google Acadêmico entre outros. Para tanto, foi verificado que elaborados à base de soro de leite e derivados apresentam características de transparência, ausência de odor, brilho e sabor, favorecendo sua aceitabilidade para o consumo evidenciando também suas propriedades de barreira de oxigênio e, além disso, as mecânicas. Estes são elaborados, em sua grande maioria, pela técnica de *Casting*, onde os filmes são obtidos através da evaporação de solventes em estufa, por longos períodos. Contudo, muitos estudos ainda são necessários, para que esses filmes possam ser elaborados em larga escala.

Palavras-chave: Filme proteico, propriedades mecânicas, propriedades de barreira, proteína do soro de leite.

ABSTRACT

Biodegradable films are good alternatives for minimizing or replacing synthetic packaging, as they degrade under the action of microorganisms under normal environmental conditions. In addition, they can be developed from renewable natural sources that have low economic value, such as by-products from agricultural raw materials as animal origin, are a source of proteins with great technological values, especially whey protein and derivatives, which ability to form biodegradable films with good mechanical and barrier properties. In this context, the objective was to develop a review to evaluate techniques for obtaining biodegradable films, mechanical and barrier properties of films based on whey and its derivatives. This review was developed through a qualitative bibliographic research of articles, theses and dissertations

using the following keywords: by-products, whey, barrier and mechanical properties,. For this purpose, articles and theses were searched on the Periódicos da CAPES, ScienceDirect, Academic Google, among others. Therefore, it was verified that elaborated whey and by-products have characteristics of transparency, absence of odor, shine and flavor, favoring their acceptability for consumption, also evidencing their oxygen barrier properties and, in addition, their mechanical properties. These are produced, for the most part, by the *Casting* technique, where the films are obtained by evaporating solvents in an oven for long periods. Many studies are still needed so that these films can be produced on a large scale.

Keywords: Protein film, mechanical properties, barrier properties, whey protein.

INTRODUÇÃO

No meio industrial, as embalagens de alimentos de polímeros sintéticos são largamente utilizadas como proteção entre o alimento e o ambiente, o que viabiliza a segurança do produto e permite ampla distribuição. Entretanto, estas vem gerando preocupações devido ao impacto ambiental associados a grande quantidade de resíduos sólidos gerados de embalagens plásticas, que levam mais de 150 anos para serem completamente degradados. Além disso, a sua produção é dependente do petróleo, um recurso não renovável, que emite gases poluentes ao meio ambiente, além de ser grande responsável pelo aumento de lixo no Brasil, pois são os mais descartados de forma inadequada, podendo causar poluição em rios, mares e solos (Landim et al., 2016).

Para reduzir esses impactos estão sendo desenvolvidas embalagens alternativas, provenientes de matrizes naturais renováveis, que apresentem propriedades mecânicas, ópticas, térmicas e de barreira promissoras (Sueiro et al., 2016). Esses polímeros podem ser obtidos de matérias-primas de origem animal e vegetal, de subprodutos da agroindústria entre outros (Toscan et al., 2018).

Essas diferentes fontes utilizadas como matéria-prima para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis podem conter polissacarídeos, proteínas, lipídeos entre outros. Essas são utilizadas devido ao seu benefício de biodegradabilidade e alta disponibilidade (Gohargani et al., 2020; Sadeghizadeh-yazdi et al., 2019). Esses filmes biodegradáveis se destacam por se degradar sob condições ambientais normais, por meio da ação de micro-organismos, entre outros (Scaffaro et al., 2019).

Os subprodutos da agroindústria são gerados em larga escala, devido ao crescimento da industrialização de matérias-primas agropecuárias, entre elas as de origem animal (Aranha et al., 2017). Além disso, algumas delas possuem baixo aproveitamento, valor econômico e muitas vezes são descartados de forma incorreta ocasionando impactos ambientais (Barros et al., 2017; Fernandes et al., 2015).

Dentre esses subprodutos de origem animal, o soro de leite se destaca por ser rico em proteína, sais minerais e vitaminas (Soares et al, 2016). Além disso, este possui propriedades tecnológicas, funcionais além de compostos bioativos, que possuem atividade antimicrobiana

e antioxidante (Santos et al., 2015). O soro de leite, é uma matéria-prima alternativa, para a elaboração de filmes biodegradáveis, devido aos filmes à base de soro de leite e derivados apresentarem características de transparência, ausência de odor, brilho e sabor, favorecendo sua aceitabilidade para o consumo evidenciando também suas propriedades de barreira de oxigênio e, além disso, as mecânicas (Fernandes et al., 2015, Soares et al., 2016; Santos et al., 2015; Gohargani et al., 2020; Ladeira et al., 2017). No entanto, devido a sua natureza hidrofílica, são altamente permeáveis à água, o que limita aplicação em produtos que requerem barreira à umidade (Gohargani et al., 2020; Santos et al., 2015; Soares et al., 2016). Neste contexto, o objetivo do artigo de revisão bibliográfica foi avaliar a obtenção, as propriedades mecânicas e de barreira de filmes elaborados a partir de isolados e derivados.

METODOLOGIA

A presente revisão foi desenvolvida através de pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica de artigos, teses e dissertações no período de fevereiro a julho de 2021 utilizando as seguintes palavras-chave: subprodutos, soro de leite, propriedades de barreira e mecânicas. Foram pesquisados trinta e seis bibliografias entre artigos e teses no Portal de Periódicos da CAPES, *ScienceDirect,* Google Acadêmico, entre outros.

DESENVOLVIMENTO

Soro de leite e derivados

O Brasil em 2019 produziu 34 bilhões de litros de leite (CRUZ et al., 2017; Leite, 2020) e desta produção cerca de 35% são destinados à produção de queijo, o qual é responsável por grande geração de subproduto, pois para cada 1 kg de produto elaborado, são gerados cerca de 9 kg de soro de leite (Bortoluzzi et al., 2020). O soro de leite, derivado da produção de queijo, resulta em muitos problemas para os laticínios, por possuir grande teor de matéria orgânica torna-se um problema ambiental, devido ao descarte incorreto. O seu descarte necessita de um tratamento apropriado, que ocasiona custos para a indústria devido ao efluente possuir elevada quantidade de matéria orgânica (Santos et al., 2015).

O soro de leite contém cerca de 50% dos nutrientes do leite, tais como proteínas solúveis, lactose, gorduras, minerais e vitaminas, entre outros (Lupki et al., 2019). As proteínas encontradas no soro de leite tem boa solubilidade, capacidade de ligação e retenção de gordura, retenção de água, emulsificação, viscosidade, estabilidade térmica, geleificação e formação de espumas (Lupki et al., 2019; Santos et al., 2015). A proteína α-lactoalbumina possui atividade antimicrobiana e a β-lactoglobulina, a qual tem alto valor nutricional, possui capacidade de formar géis e emulsões. Estas proteínas representam até 70% do total de proteínas do soro de leite (Silva, 2017). Diversos estudos têm utilizado o soro de leite e derivados, como concen-

trado e isolado proteico de soro de leite para a obtenção de filmes biodegradáveis (Aziz et al., 2018; Ladeira et al., 2017; Leonardelli et al., 2020; Silva et al., 2020; Tomé et al., 2017).

Filmes biodegradáveis

Os filmes biodegradáveis são geralmente obtidos com matérias-primas resultantes de fontes naturais, renováveis e biodegradáveis derivadas de subprodutos da agroindústria, que comumente são descartados e podem ser encontrados o ano todo a partir de diferentes matrizes de origem vegetal ou animal. Esses filmes são uma alternativa para minimizar o uso das embalagens sintéticas e têm como principal função proteger o produto contra ações externas (Lucena et al, 2017; Silva et al, 2020; Soares et al, 2016; Tomé et al, 2017). Os filmes biodegradáveis, devem ser eficazes na barreira de vapor de água e/ou aos gases; possuir boas características mecânicas e não ser tóxico, para ser usado como embalagens de alimentos. Sua composição, o método de elaboração, a maneira que se é aplicado, condicionado e a espessura do filme são fatores que devem ser observados (De Lima Silva et al., 2020).

Os filmes biodegradáveis podem ser obtidos a partir de diferentes macromoléculas, como polissacarídeos, proteínas, lipídios e seus derivados (Lucena et al., 2017; Leite et al.,2019). Entre as proteínas, que podem formar filmes, estão o glúten do trigo, as proteínas do leite, da soja e do milho, as proteínas de pescado, o colágeno e as gelatinas. Entre os polissacarídeos estão os derivados de celulose, o amido, os alginatos, as quitosanas, as pectinas e as diferentes gomas, e entre os lipídios estão as ceras e os ácidos graxos (Da Silva et al., 2015). As proteínas, no entanto, apresentam vantagens e têm sido usadas como potenciais agentes formadores de filmes (Marasca et al., 2020). Isto ocorre, devido a suas características de transparência, ausência de odor, brilho e sabor, favorecendo sua aceitabilidade para o consumo evidenciando, também, suas propriedades de barreira de oxigênio e mecânicas (Fernandes et al., 2015, Soares et al., 2016; Santos et al., 2015; Gohargani et al., 2020; Ladeira et al., 2017).

As características de um filme estão relacionadas à estrutura química do polímero, natureza do solvente, presença de aditivos, como agentes de ligações cruzadas, e condições do meio durante sua produção (Tomé et al., 2017). Os filmes à base de proteína de soro mostraram boa barreira e propriedades mecânicas comparadas aos melhores filmes poliméricos sintéticos disponíveis no mercado. No entanto, esses filmes mostram algumas restrições quanto às propriedades de barreira à umidade e características mecânicas, portanto, alguns plastificantes podem ser adicionados à proteína de soro de leite (por exemplo, sorbitol ou glicerol) para obter uma melhor resistência à umidade, bem como evitar fragilidade e aumentar a extensibilidade e flexibilidade (Castro et al., 2019).

Elaboração e características de filmes proteicos de soro de leite e derivados

A elaboração de filmes biodegradáveis é basicamente três elementos: um agente formador de filme (proteína, polissacarídeo, entre outros), um solvente e um plastificante (Fer-

nandes et al., 2015). Cada um desses componentes é utilizado em diferentes combinações, buscando oferecer características distintas para o filme (Fernandes et al., 2015). Durante a formação de filmes à base de proteína, ocorre a ruptura das pontes intermoleculares de baixa energia que estabilizam o polímero em seu estado natural. Em seguida, ocorre o rearranjo e orientação das cadeias poliméricas e, por fim, a formação de uma matriz tridimensional estabilizada por novas interações e pontes de hidrogênio após o agente de ruptura das ligações intermoleculares ter sido removido (Nogueira, 2017). Essas interações podem ser afetadas por outros fatores e consequentemente modificar as propriedades dos filmes, como: interação entre proteínas e moléculas como água, plastificantes, lipídios e outros aditivos dispersos na matriz; aplicação de tratamentos físicos, como calor, cisalhamento, pressão e irradiação; adição de bases ou ácidos; aplicação de tratamentos enzimáticos (Cofferri, 2020).

Os plastificantes são adicionados para melhorar as propriedades funcionais dos filmes, que possuem uma natureza de pouca flexibilidade e quebradiços, onde interagem com as cadeias dos polímeros diminuindo as forças intermoleculares, amenizando a rigidez e aumenta a flexibilidade (Balan, 2020; Nogueira,2017). Os plastificantes empregados como aditivos para filmes incluem os monossacarídeos, dissacarídeos ou oligossacarídeos, polióis, lipídios e derivados (Nogueira, 2017; Cofferri, 2020). Dentre estes plastificantes, os polióis são os mais utilizados em polímeros hidrofílicos, principalmente o glicerol, que possui baixo custo e é atóxico (Nogueira, 2017).

De maneira geral os filmes biodegradáveis à base de proteína são formados a partir de redes macromoleculares contínuas, de estrutura relativamente ordenada. Os filmes proteicos são estabilizados por forças de Van der Waals, ligações covalentes, pontes dissulfeto, interações eletrostáticas e pontes de hidrogênio (Cofferri, 2020). A Tabela 01 apresenta diferentes filmes biodegradáveis a partir de soro de leite e seus derivados.

Silva et al. (2020) produziram filmes biodegradáveis a base de soro de leite e amido, a solução filmogênica foi elaborada a partir de uma dispersão contendo 0-60% de soro de leite, 2-10% de amido de mandioca,10% de glicerol e 4-60% de água. Os filmes com maior teor de amido (10 g e 8 g) e menor teor de soro de leite (0 e 15 g) não obtiveram formação de matriz polimérica. Os filmes com maior teor de soro de leite (30 g, 45 g e 60 g) e menor teor de amido (6 g, 4 g e 2 g), formaram filmes com aspecto translúcido e de coloração amarelada e a solubilidade em água aumentou conforme a concentração de soro de leite aumentava. Filme com 60 g de soro de leite apresentou maior permeabilidade ao vapor de água, uma maior tensão de ruptura (0,07 MPa), taxa de alongamento (21,14%) e elasticidade (0,97 MPa).

Tabela 01: Filmes elaborados à base de soro de leite e derivados.

Matéria-prima	Concentração (%)	Plastificante (%)	Propriedades Avaliadas	Autor
ISL	8g de ISL	40%m/m de ISL de glicerol	Propriedades mecânicas, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), permeabilidade ao vapor de água	Aziz et al., 2018
CSL Comercial	5 de proteínas	3,75 de glicerol	Solubilidade, Opacidade, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	Tomé et al., 2017
Soro de leite e amido	0-60 de Soro de leite	10 de glicerol	Teor de água, solubilidade, permeabilidade ao vapor de água, textura	Silva et al., 2020
Soro de leite	3 de Soro de leite	0,6 de glicerol	Propriedades físico-químicas e análise morfológica;	Leonardelli et al., 2020
ISL	6 de ISL	0,37 e 0,41 de glicerol	Permeabilidade ao vapor de água, Resistência à tração	Ladeira et al., 2017

CSL-Concentrado proteico de soro de leite; ISL-Isolado proteico soro de leite.

Fonte: Própria (2021) .

A combinação de diferentes macromoléculas (blendas) são fonte de estudo de Leonardelli et al. (2020), que combinou proteínas e polissacarídeos na elaboração dos filmes, onde utilizaram 3% (m/v) de soro de leite, 3% (m/v) de gelatina comercial, e como plastificante 0,6% (v/v) de glicerol dissolvidos em água destilada. Então, a essa solução foi adicionado concentrações de 0,15, 1,5 e 3% de solução de quitosana (1% (m) quitosana por 1% (v/v) de ácido acético). A espessura dos filmes variou de 75,25 µm a 79,85 µm. Em relação à opacidade, os filmes de 1,5 e 3% obtiveram maior opacidade com tonalidade amarelada, a partir da quarta semana de armazenamento. O teor de umidade não apresentou diferença nas concentrações variando de 13,48% a 14,64%. Contudo, com o tempo de armazenamento as formulações apresentaram menor teor de umidade. Os filmes com menor teor de quitosana apresentaram maior homogeneidade, diferente do filme com teor de 3% de quitosana que obteve superfície pouco homogênea e poros grandes. Todos os filmes apresentados na Tabela 01 foram elaborados pela técnica de *casting*.

Técnicas de produção de filmes

Técnica de *casting*

A produção de filmes biodegradáveis é geralmente realizada pela técnica de *casting*, onde os filmes são obtidos por meio da evaporação de solventes em estufa com ventilação forçada de ar, por um período de 16 a 24h (Silva et al., 2020). Os filmes elaborados pela técnica de *casting* podem ser desenvolvidos a partir de diferentes matérias-primas, diferentes concentrações de matéria-prima e plastificante, conforme apresentado na Tabela 01. A Figura 01 apresenta o desenvolvimento da técnica de *casting*.

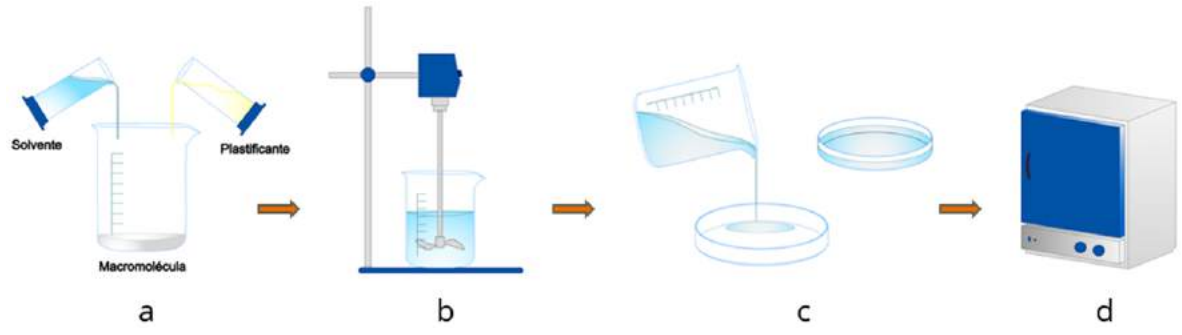


Figura 01: Filme proteico elaborado pela técnica de *casting*.

Fonte: Própria (2021).

Primeiramente, é realizada uma dispersão da matéria-prima (soro de leite, concentrado proteico de soro de leite, isolado proteico de soro de leite, entre outros), de acordo com a concentração da mesma descrita no método utilizado no solvente (água) (Figura 01a). Geralmente, são utilizadas concentrações de matéria-prima, que podem variar aproximadamente de 3 a 60 g (m/v), como pode ser observado na Tabela 01. Após, essa dispersão é homogeneizada em agitador magnético ou eixo-hélice (Figura 01b). Essa dispersão, pode ser mantida a temperatura de 80-90ºC por 30 minutos e resfriada até temperatura ambiente. Então, essa solução filmogênica é adicionada em placas (vidro, acrílico, *teflon)*, Figura 01c. Em seguida, para a evaporação do solvente, essas placas com a solução filmogênica são colocadas em estufas até secagem do filme (Figura 01d). Este método se baseia na fundição dos componentes em uma solução, com posterior moldagem em superfícies planas e inertes, seguida de secagem sob condições controladas para remoção do solvente e formação da película (Nogueira, 2017).

Tape-casting

A técnica de *tape-casting* ainda é pouco utilizada para elaboração de filmes biodegradáveis. Ela consiste no espalhamento controlado de uma suspensão, em uma superfície, para posterior secagem. Essa técnica é difundida na indústria de papel, cerâmica, entre outras, e pode ser utilizada para a preparação de filmes finos, de dimensões muito superiores a dos filmes preparados pelo método de *casting* tradicional (Borges et al., 2017). Essa técnica é usada por Borges et al. (2017) na elaboração de filmes a base de amido.

Propriedades dos filmes proteicos do soro de leite

Entre as proteínas formadoras de filmes, a de soro de leite desperta o interesse, visto que fornece filmes com propriedades distintas (Ket-on et al., 2016; Leonardelli et al., 2020). Os filmes biodegradáveis à base de proteína de soro de leite e derivados apresentam características importantes, as quais favorecem sua utilização como embalagem, pois são transparentes, seláveis por calor, possuem boa barreira de oxigênio, bem como propriedades de tração em baixas condições de umidade relativa média. Além disso, não possui sabor e cheiro, e pode ser aplicado como um transportador de aditivos alimentares (Ket-on et al., 2016). Embora, os filmes de proteína de soro de leite possam atuar como uma excelente barreira de oxigênio

em uma umidade relativamente baixa ou média, eles possuem alta permeabilidade ao vapor de água, sem qualquer modificação (Asdagh et al., 2021). A espessura do filme também é um parâmetro que influencia nas propriedades dos filmes (Lucena et al., 2017), incluindo as mecânicas e as de permeabilidade ao vapor de água (Nogueira, 2017).

Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas são características úteis em um filme biodegradável, elas avaliam a resistência e a capacidade que o filme tende a se estender quando submetido à tração, ou seja, a resistência e alongamento máximo até a sua ruptura, e indicam como o filme se comporta com influências mecânicas externas (Stoll, 2015). Essas propriedades mecânicas são avaliadas em um texturômetro empregando a metodologia ASTM D882 e dependem da formulação (macromolécula, solvente, plastificante, ajustes de pH) e do processo de obtenção, o teor de plastificantes na formulação pode alterar essas propriedades (Ampessan & Giarola, 2016), quanto maior o teor de plastificante maior sua elasticidade e menor sua resistência (Stoll, 2015).

Os filmes precisam ser resistentes e possuir uma boa flexibilidade para adaptar-se às possíveis deformações que podem ocorrer durante o processamento, manuseio, armazenamento ou transporte, sem danificar e manter a qualidade do produto que será aplicado (Stoll, 2015; Nogueira, 2017). Filmes à base de proteínas do soro de leite apresentam pouca tendência para alongar (Ampessan & Giarola, 2016).

Ladeira et al. (2017) elaboraram filmes à base de isolado proteico de soro de leite -IPS, com 6% de IPS, 0,37 e 0,41 mg de glicerol/mg IPS e 0, 0,01 e 0,03 mg de Montmorilonita/mg IPS e realizado um ajuste de pH com solução de ácido cítrico 20% (p/v) e adicionado 55,44 mg metabissulfito de sódio, diluído em 3,6 mL de água destilada. Os filmes com maior teor de glicerol (0,41 mg) e concentrações (0,01 e 0,03 mg Montmorilonita), tiveram menor resistência à tração (4,61 e 5,37 MPa) comparados aos com teor de 0,37 mg, o filme sem montmorilonita obteve menor permeabilidade ao vapor de água e maior resistência à tração.

Leonardelli et al. (2020), utilizou proteínas e polissacarídeos na elaboração dos filmes, onde utilizaram 3% (m/v) de soro de leite, 3% (m/v) de gelatina comercial, e como plastificante 0,6% (v/v) de glicerol dissolvidos em água destilada. Então, a essa solução foi adicionado concentrações de 0,15; 1,5 e 3% de solução de quitosana (1%; quitosana/ácido acético). O filme sem adição de quitosana obteve maior alongamento até a ruptura no tempo 0 (49,01%). Contudo, no segundo mês os filmes com 0,15 e 1,5% de quitosana obtiveram alongamento até a ruptura significativamente superior ($p > 0,05$) de 11,99% e 10,49%, respectivamente.

Propriedades de barreira

As propriedades de barreira de um filme são características importantes para manter a qualidade e segurança do alimento, sem modificar sua aparência, textura, aroma e valor

nutricional (Stoll, 2015). As propriedades, tais como solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água e a gases, são essenciais na escolha da aplicabilidade do produto, e são analisadas gravimetricamente utilizando o método E96 da ASTM.

A solubilidade dos filmes é importante para definir a aplicabilidade, o filme quando em contato com o alimento não pode perder suas condições, não devem dissolver-se ou ligar-se quando em contato com a umidade. A tolerância do material à água depende da sua estrutura química. Os filmes biodegradáveis devem manter o produto com o nível adequado de umidade, já que alguns produtos requerem insolubilidade em água (Nogueira, 2017). Em alguns casos, como no revestimento de alguns alimentos a solubilização em água antes do consumo do produto pode ser benéfica (Lucena et al., 2017). Os filmes de proteína, em geral, são relativamente permeáveis a vapor d'água.

Aziz et al. (2018) elaboraram filme a base de isolado proteico de soro de leite a partir de uma dispersão de 8 g de isolado de proteína de soro de leite, em 100 mL de água destilada utilizada como solvente, 40% (m/m de IPS) de glicerol como plastificante, e um ajuste de pH para 8. Este apresentou uma resistência mecânica, com uma resistência à tração de 7,07 MPa, uma rigidez de 83,19 MPa e um alongamento de 14,54%.

Tomé et al. (2017) elaboraram filmes à base de concentrado proteico de soro de leite comercial a partir de 5% de proteína, utilizando glicerol como plastificante (3,75%) com pH ajustado para 6,7. Esses autores verificaram, que a espessura média dos filmes foi de 0,118 mm. A solubilidade encontrada para esses filmes, variou de 29,17% a 22,50% nos tempos de 0 a 96h de armazenamento, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os filmes à base de soro de leite e derivados são elaborados a partir de diferentes concentrações de macromolécula e plastificante, na grande maioria das vezes pela técnica de *casting*. Estes apresentam boas propriedades mecânicas e de barreira, que podem variar pela quantidade de matéria-prima e plastificante utilizados, tornando-os mais flexíveis e resistentes. Contudo, esses filmes precisam ser mais estudados para a aplicação em escala industrial, tendo em vista que eles são produzidos ainda em menor escala.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande pela bolsa de iniciação científica e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS) pelo apoio financeiro do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMPESSAN, G. A.; & GIAROLA, D. A. Estudo das propriedades mecânicas de filmes de proteína de soro de leite modificados com óleo de coco. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais,** v. 18, n. 2, p. 232-243, 2016.

ARANHA, J. B.; NEGRI, T. C.; MARTIN, J. G. P.; & SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama nos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e compostos fenólicos de farinha de resíduos de frutas durante armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

ASDAGH, A.; SANI, I. K.; PIRSA, S.; AMIRI, S.; SHARIATIFAR, N.; EGHBALJOO–GHAREHGHESHLAGHI, H.; ... & TANIYAN, A. Production and characterization of nanocomposite film based on whey protein isolated/copper oxide nanoparticles containing coconut essential oil and paprika extract. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 29, n. 1, p. 335-349, 2021.

AZIZ, S. G. G.; ALMASI, H. Physical characteristics, release properties, and antioxidant and antimicrobial activities of whey protein isolate films incorporated with thyme (Thymus vulgaris L.) extract-loaded nanoliposomes. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 8, p. 1552-1565, 2018.

BALAN, G. C. **Desenvolvimento de filmes extrusados com micropartículas de óleo essencial de orégano e aplicação na conservação de massa fresca** (Dissertação de Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020.

BARROS, T. T.; TOSI, M. M.; ASSIS, O. B. G. Aproveitamento de rejeitos da cadeia hortifrutícula no processamento de plásticos biodegradáveis. **Revista Gestão Industrial**, v. 13, n. 2, p. 215-229, 2017.

BORGES, A., LAURINDO, J., & SCHMIDT, V. Preparação de filmes biodegradáveis de amido de mandioca pelo método *tape-casting* e com secagem ao sol. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 4, p. 2237-2249, 2017.

BORTOLUZZI, A. C.; DALLAGO, R. M.; TRES, M. V.; STEFFENS, J.; ZENI, J.; & STEFFENS, C. Uso de membrana de microfiltração seguida de ultrafiltração no tratamento de efluente líquido de indústria de soro de leite. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 9, 2020.

CASTRO, F. V.; ANDRADE, M. A.; SANCHES SILVA, A.; VAZ, M. F.; & VILARINHO, F. The contribution of a whey protein film incorporated with green tea extract to minimize the lipid oxidation of salmon (Salmo salar L.). **Foods**, v. 8, n. 8, p. 327, 2019.

COFFERRI, P. **Estratégias de modificação no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de proteína isolada de soja** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

CRUZ, A. G.; ZACARCHENCO, P. B.; OLIVEIRA, C. A.; CORASSIN, C. H.. **Processamento de Produtos Lácteos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

DA SILVA, N. M. C.; ALBUQUERQUE, E. C. de M. C.; FIALHO, R. L. Prospecção tecnológica sobre filme biodegradável inteligente. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 1, p. 57, 2015.

DE LIMA SILVA, M.; DOS SANTOS SILVA, W. J.; PEREIRA, A. K. L. S. Aproveitamento de resíduos vegetais como alternativa na fabricação de embalagens biodegradáveis. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 86238-86250, 2020.

FERNANDES, A. P. S.; COSTA, J. B.; SOARES, D. S. B.; MOURA, C. J. D.; & SOUZA, A. R. M. D. Aplicação de filmes biodegradáveis produzidos a partir de concentrado proteico de soro de leite irradiado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 192-199, 2015

GOHARGANI, M.; LASHKARI, H.; SHIRAZINEJAD, A. Study on biodegradable chitosan-whey protein-based film containing bionanocomposite TiO2 and Zataria multiflora essential oil. **Journal of Food Quality**, v. 2020, 2020.

KET-ON, A.; PONGMONGKOL, N.; SOMWANGTHANAROJ, A.; JANJARASSKUL, T.; & TANANUWONG, K. Properties and storage stability of whey protein edible film with spice powders. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 7, p. 2933-2942, 2016.

LADEIRA, N. D. M.; SOARES, R. D. A.; DA SILVA, E. M.; BORGES, S. V.; DIAS, M. V.; PICCOLI, R. H.; & DE AZEVEDO, V. M. Caracterização de filmes antimicrobianos à base de isolado proteico de soro/metabissulfito de sódio. **In Anais do 14º congresso brasileiro de Polímeros.** p. 751-755, 2017.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; & MELO, N. R. D. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016.

LEITE, J. L. B. Caminhos para a produção de leite em pequena escala. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 2, p. 26756, 2020.

LEONARDELLI, C.; SILVESTRE, W. P.; BALDASSO, C. Effect of Chitosan Addition in Whey-based Biodegradable Films. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, 2020.

LUCENA, C. A. A. D.; COSTA, S. C. D.; ELEAMEN, G. R. D. A.; MENDONÇA, E. A. D. M.; & OLIVEIRA, E. E. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros**, v. 27, p. 35-41, 2017.

LUPKI, F. B.; DIAS, P. A.; SILVA, M. R.; & MORAIS, H. A. Efeito do PH nas propriedades tecnológicas de concentrado proteico de soro de leite. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 23036-23059, 2019.

MARASCA, N. S.; NOGUEIRA, D.; MARTINS, V. G. Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis elaborados a partir de isolado proteico de pescada (Cynoscion guatacupa). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 102379-102385, 2020.

NOGUEIRA, D. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis, blendas e bicamadas utilizando diferentes fontes proteicas** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2017.

SADEGHIZADEH-YAZDI, J.; HABIBI, M.; KAMALI, A. A.; & BANAEI, M Application of edible and biodegradable starch-based films in food packaging: a systematic review and meta-analysis. **Current research in nutrition and food science journal**, v. 7, n. 3, p. 624-637, 2019.

SANTOS, R. R.; SOUZA, A. L. R.; TROMBETE, F. M.; & DE MELO, N. R. Proteína do soro de leite: Aproveitamento e aplicações na produção de embalagem biodegradável. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 9, 2015.

SCAFFARO, R.; MAIO, A.; SUTERA, F.; GULINO, E. F.; & MORREALE, M. Degradation and recycling of films based on biodegradable polymers: A short review. **Polymers**, v. 11, n. 4, p. 651, 2019.

SILVA, G. M. D. **Processo integrado para fracionamento das proteínas α-lactoalbumina e β-lactoglobulina do soro de leite** (Dissertação Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SILVA, M. L. T.; BRINQUES, G. B.; GURAK, P. D. Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

SILVA, N. M.; SANDRE, M. F. B.; SOUZA, D. G.; FERREIRA, S. V.; GONÇALVES, J. A.; MESQUITA, A. A.; EGEA, M. B, ; DA SILVA, M. A. P. Adição de extrato de casca de jabuticaba no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo prato. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4 , 2020.

SOARES, D. S. B.; DO NASCIMENTO SILVA, E. A.; DE OLIVEIRA, T. M. Aplicação de filmes biodegradáveis de proteínas do soro de leite. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2016.

STOLL, L. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis com antioxidantes extraídos a partir de bagaço de uva, um resíduo da indústria vitivinícola** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SUEIRO, A. C.; FARIA-TISCHER, P.; LONNI, A. A.; & MALI, S. Filmes biodegradáveis de amido de mandioca, pululana e celulose bacteriana. **Química Nova**, v. 39, p. 1059-1064, 2016.

TOMÉ, A. C.; SOARES, D. S. B.; & PINTO, E. G. Filmes biodegradáveis de proteínas do soro de leite com ph 6, 7 como embalagem de biscoitos. **Colloquium Agrariae**, vol. 13, n. Especial 2, p. 213-221, 2017.

TOSCAN, E.; VANIN, A. B.; FRINHANI, E. D. M. D.; & MARQUEZI, S. L. Potencial de utilização de resíduos da agricultura para a produção de embalagens biodegradáveis. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Joaçaba**, v. 3, p. e16663-e16663, 2018.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

FILMES E REVESTIMENTO COMESTÍVEL: TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

FILMS AND EDIBLE COATING: TRENDS AND APPLICATIONS IN FOOD CONSERVATION

TAVARES, Natiely Lima[1]*; BARRETO, Suzana Maria Andrade[1]; CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa[2]

[1]Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal De Sergipe
[2]Professora Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe
*Contato: nathynutri.12@gmail.com

RESUMO

A indústria alimentar procura constantemente novas estratégias para aumentar o tempo de prateleira dos alimentos. Nos últimos anos, os filmes e revestimentos comestíveis têm sido considerados uma das tecnologias com potencial para alcançar tais objetivos, assegurando a segurança microbiológica e a proteção dos alimentos por influência de fatores externos. Eles são desenvolvidos para interagir favoravelmente com os alimentos, aumentando sua vida de prateleira. O trabalho em questão teve o objetivo de reunir informações sobre os tipos e uso de revestimentos comestíveis e filmes em alimentos. Foi pesquisado no portal capes periódicos no período de 1999-2020 os descritores “filmes naturais and alimentos”, “filmes comestíveis and pós-colheita” e “embalagens comestíveis e pós-colheita”. Como resultado tivemos que esses revestimentos podem ser hidrofílicos ou hidrofóbicos e tem como principal finalidade reduzir a atividade respiratória e o contato com o entorno, preservando por um período maior de tempo suas características fisiológicas originais. Além disso, revestimentos como amido e fécula de mandioca, goma xantana, glicerol mostram-se eficazes na preservação de alimentos. Conclui-se que os filmes comestíveis atuam de maneira significativa na conservação dos alimentos e de suas propriedades, como também é uma conservação economicamente viável na aplicação de alimentos.

Palavras-chave: Filmes e revestimentos comestíveis, preservação de alimentos, embalagem ativa.

ABSTRACT

The food industry is constantly looking for new strategies to increase the shelf life of food. In recent years, edible films and coatings have been considered one of the technologies with the potential to achieve these goals, ensuring microbiological safety and protecting food from the influence of external factors. They are designed to interact favorably with food, increasing its shelf life. The work in question aimed to gather information on the types and use of edible coatings and films in foods. The descriptors “natural films and foods”, “edible films and post-harvest” and “edible packaging and post-harvest” were searched on the portal capes periodicals in the period 1999-2020. As a result, these coatings can be hydrophilic or hydrophobic and their main purpose is to reduce respiratory activity and contact with the surroundings, preserving their original physiological characteristics for a longer period of time. Furthermore, coatings such as cassava

starch and starch, xanthan gum, glycerol are effective in food preservation. It is concluded that edible films act significantly in the preservation of food and its properties, as well as being economically viable in food application.

Keywords: Edible films and coatings, food preservation, active packaging.

INTRODUÇÃO

A qualidade de um produto alimentício depende de suas características sensoriais, nutricionais e higiênicas, que mudam durante a estocagem e comercialização. É visto que a grande maioria das frutas e hortaliças, especialmente no ambiente tropical, após serem colhidas apresentam aceleração da maturação e deterioração em consequência das mudanças bioquímicas e fisiológicas bem como de procedimentos de acondicionamento e práticas de manuseio adotadas (Assis, 2009). Por conta disso, muitos processos químicos e físicos têm sido desenvolvidos para preservar a qualidade dos alimentos (Durango, 2005).

Em meio a dificuldade cada vez mais crescente da inalteração das características dos alimentos, e levando em consideração que a utilização de embalagens nem sempre são eficientes para a manutenção dos mesmos, surge a aplicação de revestimentos comestíveis. Esses, tem como objetivo constituir um revestimento coadjuvante, associado à refrigeração, com ou sem embalagens, para estender a vida útil e preservar as características sensoriais e nutricionais dos alimentos, principalmente as frutas (Assis; Britto, 2005).

Os revestimentos ditos ‘comestíveis’ são aplicados/formados, cobrindo diretamente as frutas, configurando membranas delgadas invisíveis e com diversas características em sua estrutura, que são dependentes da formulação da solução filmogênica precursora. Estes filmes passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua elaboração devem ser considerados como GRAS (Generally Recognized as Safe), ou seja, serem atóxicos e seguros para o consumo em alimentos (FDA, 2013).

A aplicação de revestimentos e coberturas, comestíveis ou não, em produtos naturais, particularmente sobre frutas e vegetais com o objetivo de aumentar o seu período de conservação, não consiste em uma prática recente. Estudos de Hardenburg (1967) mostram que emulsões derivadas de óleos minerais têm sido empregadas desde o século 13 na China para elevar a conservação de frutos cítricos e demais produtos perecíveis que eram transportados por longas distâncias.

Longo então, com a rigorosidade do mercado alimentício nos dias atuais, devido a fatores como demanda por alimentos de alta qualidade pelo consumidor, pesquisas nesse campo têm se intensificado. Indústrias de alimentos que precisam de novas técnicas de estocagem, conceitos ambientais sobre disposição de matérias renováveis para embalagem e oportunidades para criar novos mercados por meio do uso de resíduos agrícolas (Durango, 2005).
Isto posto, as alternativas tecnológicas hoje disponíveis para uma melhor preservação, ba-

seiam-se no uso de embalagens poliméricas impermeáveis e na manutenção constante de ambientes refrigerados, e ainda nestas condições, há significativas perdas de qualidade (Ostler e Brackmann, 1999). Em alguns produtos mais nobres, atmosferas modificadas com a presença de gases, que atuam na redução dos processos metabólicos e na respiração têm sido empregadas. Essas condições, contudo, são na prática complexas, caras e suscetíveis a fatores externos como quedas de energia ou vazamentos, inviabilizando muitas vezes a manutenção desses procedimentos por períodos superiores a três ou quatro dias.

Atentando a isso, o presente trabalho teve como objetivo principal um levantamento bibliográfico das principais características dos filmes e revestimentos comestíveis nos alimentos nos dias atuais com suas tendências e aplicações na conservação dos alimentos

METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão de literatura, cuja busca de dados foi realizada a partir de consultas em artigos científicos, notas científicas, trabalhos de dissertação e teses que compunham o tema em questão. Foram excluídos desse trabalho revisões bibliográficas e estudos que fugiam totalmente da proposta deste artigo.

Os critérios para a seleção de publicações foram: estudos publicados em periódicos nacionais ou internacionais, nos idiomas em inglês, espanhol ou português, das mais diversas metodologias (estudos experimentais, observacionais, revisões de literatura etc.) publicados no portal Capes Periódicos, no período de 1999-2020, usando os descritores “biofilmes and conservação” e “biofilmes and pós-colheita”.

O material bibliográfico adquirido foi exaustivamente analisado, avaliado e discutido criticamente pelo pesquisador. De acordo com a relevância, foi efetuada a definição dos principais achados a serem discutidos na revisão sobre os dados existentes na literatura referente à temática.

DESENVOLVIMENTO

Composição dos filmes e revestimentos comestíveis

O revestimento comestível é uma fina camada composta por um material comestível que protege frutas e vegetais da decomposição físico-química e microbiológica, com diversas vantagens como biocompatibilidade, comestibilidade, atoxicidade, degradabilidade, entre outros. Quando aplicados nesses alimentos, atuam efetivamente na conservação do alimento, devido à sua versatilidade, não toxicidade, atividade antioxidante, atividade antimicrobiana, biodegradabilidade e biocompatibilidade (Guerra *et al.*, 2020).

Os revestimentos comestíveis podem ser formulados a partir de polissacáridos, proteínas, lipídios ou a combinação destes compostos. O emprego dos polissacarídeos e proteínas

criam boas propriedades mecânicas, contudo possuem alta permeabilidade ao vapor d´água, por serem hidrofílicos, enquanto que os lipídios são quebradiços, mas têm menor permeabilidade ao vapor d´água, pois são hidrofóbicos. Dessa maneira, a conformidade destas substâncias propende melhorar as propriedades mecânicas e de barreira das coberturas comestíveis (Velickova et al., 2013).

Explicando melhor, os filmes hidrofóbicos são geralmente à base de lipídios ou proteínas e atuam como barreiras controladoras de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, óleos e demais compostos voláteis, funcionando com eficiência contra a deterioração natural. Apesar disso, as proteínas por si só formam filmes frágeis e com baixa flexibilidade, tornando-se quebradiços principalmente com alterações de umidade e temperatura. Para essas formulações há quase sempre a necessidade da adição de plastificantes (como os poli álcoois, *e. g.*, glicerol, propileno glicol, e ácidos graxos insaturados ou saturados, *e. g.*, ácidos caprílico, palmítico esteárico, etc.) para elevar a plasticidade, gerando um material com maior alongamento e flexibilidade (Britto et al., 2005). Do mesmo modo, formulações a base de proteínas com adição e plastificantes geram filmes com propriedades mecânicas superiores aos filmes produzidos a partir de polissacarídeos (Sobral, 2000).

Frequentemente, os materiais hidrofílicos predominam nos revestimentos comestíveis, por possuírem os grupos: amino (NH3), hidroxila (OH) e carboxila (COOH), que contribuem o agrupamento e a reorganização das moléculas polares. Substâncias como a celulose, a quitina, a goma de xantana, a goma guar, a pectina, o amido, a carboximetilcelulose, a quitosana, e o alginato são exemplos destes materiais, que apresentam boa solubilidade em meio aquoso, deixando a solução mais homogênea para a cobertura natural. Os materiais hidrofóbicos têm a presença de grupos alquilas (CH3, CH2-CH3) e aromáticos, que apresentam ligações neutras, e em solução aquosa se aglomeram e excluem as moléculas polares. Proteínas hidrofóbicas, óleos e ácidos graxos, parafina e álcoois de cadeia longa são exemplos deste grupo (Assis; Britto, 2005).

Dentre os materiais mais usados vale a pena destacar a zeína, uma proteína de caráter hidrofóbico, devido à elevada concentração de aminoácidos não polares, como leucina, alanina e prolina, fornecendo filmes com excelentes propriedades de barreira à umidade. Os revestimentos à base de zeína de milho formam cobertura insípida, dura e transparente e apresentam estabilidade em alta umidade e calor, sendo normalmente usados em doces, frutas secas, nozes, arroz, sementes e tabletes farmacêuticos. Um benefício adicional da zeína é sua resistência natural ao ataque bacteriano e de alguns insetos. (Durango, 2011).

Revestimento comestível com propriedade antimicrobiana

A embalagem alimentar antimicrobiana tem aumentado cada vez mais nos últimos anos como um método alternativo para o controle da contaminação microbiana nos alimentos. A incorporação de substâncias antimicrobianas em materiais de embalagens possui um elevado

potencial, podendo ser usado para melhorar a segurança e a qualidade do alimento, e assim prolongar a vida de prateleira dos produtos alimentares (Appendin, 2002; Quintavalla, 2002).

A atribuição antimicrobiana pode ser alcançada através da adição de agentes antimicrobianos no sistema da embalagem e/ou utilizando polímeros antimicrobianos que satisfaçam os requisitos convencionais de embalagem. Quando o sistema de embalagem adquire atividade antimicrobiana, este limita ou previne o crescimento específico ou alargado de microrganismos estendendo a fase lag e reduzindo a taxa de crescimento ou diminuindo a contagem de microrganismos vivos (Santiago, 2009).

Os materiais de embalagem antimicrobianos podem ser classificados em dois tipos: aqueles que contêm os agentes antimicrobianos que migram para a superfície do material de embalagem e assim podem constatar com o alimento, e aqueles que são efetivos contra o crescimento microbiano na superfície do alimento sem a migração do agente ativo para o alimento (Quintavalla, 2002). Para este propósito, várias estratégias de embalamento podem ser adaptadas. Uma dessas estratégias é a incorporação de agentes bioativos (incluindo antimicrobianos) diretamente no polímero ou antimicrobianos adsorvidos/imobilizados na superfície do polímero. (Appendin, 2002).

Alguns exemplos importantes de substâncias antimicrobianas mais utilizados atualmente são o ácido sórbico, ácido propiônico, sorbato de potássio, ácido benzoico, benzoato de sódio e ácido cítrico. Como antimicrobianos, também estão sendo usadas bacteriocinas, como nisina e pediocina. A lisozima é outra substância natural que está sendo incorporada nas embalagens comestíveis para inibir o crescimento microbiano, especialmente de bactérias gram-positivas (Durango, 2005).

Revestimentos comestíveis em alimentos

Os revestimentos comestíveis de frutas normalmente são aplicados diretamente sobre o epicarpo, e deixado secar naturalmente. Para estudar as propriedades mecânicas, a opacidade, a solubilidade e a permeabilidade a gases dos revestimentos comestíveis sem a influência dos frutos, filmes com a mesma composição podem ser produzidos através da técnica *casting*. Este é utilizado para formar filmes à base de hidrocoloides, como amido, pectinas, e gomas, em escala de produção laboratorial. A técnica consiste em verter um solvente, água, solução de etanol e água, ou uma dispersão das matérias constituintes do filme em uma placa, controle de espessura, e posterior secagem. A evaporação do solvente diminui a solubilidade dos polímeros, permitindo que as cadeias poliméricas se alinhem e formem o filme sobre a superfície lisa da placa. A umidade final desejável para o filme seco é de 5 a 10 g 100 g-1. Para utilizar esse método deve-se observar a escolha dos substratos para a formação do filme, de forma que não haja qualquer dano à estrutura do mesmo. Outros fatores que influenciam na formação do filme por esse método é a temperatura de secagem (30-40°C por 10-24h), a umidade relativa do ar, e a espessura do filme (Bukzem, et al., 2012; Dhanapal et

al., 2012; Moraes et al., 2013).

Hojo et al. (2011) avaliaram a eficácia de uma atmosfera modificada pelo uso de embalagens de plástico e quitosana como uma cobertura natural no armazenamento pós-colheita de lichia e descobriram que o tratamento com quitosana a 0,5% em ácido tartárico a 10%, pH 0.8, mostrou-se eficaz na manutenção da coloração vermelha e na prevenção ao escurecimento, preservando suas frutas.

Pereira et al. (2006) estudaram o uso de revestimento de fécula de mandioca para conservação do mamão Formosa Tainung em temperatura ambiente, avaliando o efeito no amadurecimento. Neste estudo utilizaram o método de imersão das frutas inteiras e o resultado mostrou que os frutos tratados com a solução de fécula de mandioca tiveram seu amadurecimento retardado, prolongando a vida de prateleira pós-colheita por quatro dias. Os frutos mantiveram por mais tempo a firmeza da polpa, o que garante uma melhor resistência a danos mecânicos durante o manuseio e transporte.

Coelho et al. (2017) analisaram o uso de revestimento filmogênico a base de amido de mandioca associado ou não ao óleo essencial de cravo-da-índia com o objetivo de diminuir as perdas por antracnose em goiabas “Pedro Sato” e descobriram que o revestimento de amido de mandioca prolonga a vida útil da goiaba em 3 dias, e o revestimento associado ao óleo essencial de cravo-da-índia associado ou não ao revestimento a base de amido não aumenta a vida útil da goiaba, mas reduz a ocorrência de antracnose. Lopes et al. (2018) também estudou a conservação de goiabas, utilizando revestimentos comestíveis com adição de extrato de barbatimão. A utilização dos revestimentos comestíveis de amido e caseína reduziu a perda de massa das goiabas, porém a adição do extrato de barbatimão não provocou mudanças na perda de massa. Os revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão foram eficientes na conservação da firmeza e colorimetria das goiabas.

Leite et al. (2015) avaliaram em seu estudo o revestimento comestível à base de goma xantana e glicerol, cloreto de cálcio, ácido oleico e/ou óleo essencial de hortelã pimenta, e foi descoberto que todos os revestimentos testados eram eficientes na manutenção da qualidade dos frutos.

Mira et al. (2015) analisou a composição ideal dos revestimentos naturais de cera de carnaúba adicionada a um probiótico em uvas Thompson armazenadas sob refrigeração. As uvas Thompson tratadas e adicionadas a fruto-oligossacarídeos (foS) apresentaram um aumento de 56% no tempo da vida de prateleira, quando comparado com o controle, sendo uma formulação com 50% de cera e 20% de foS apresenta melhor potencial de uso comercial. Há aplicação também em carnes, um estudo de Lima (2019) sobre o revestimento a base de quitosana e extrato de alecrim e sua aplicabilidade na carne bovina e percebeu que os revestimentos que haviam a inclusão dos extratos de alecrim demonstraram capacidade antioxidante significativa entre os tratamentos e ao longo dos tempos da avaliação. Além disso, foi

observado uma variação significativa da absorção da umidade entre os tratamentos controle e com os extratos. Também foi obtida diferença significativa na permeabilidade por vapor de água (PVA) entre os processos controle e com 8% de extrato, 0,41 e 0,70 g.mm/h.m².kPa, respectivamente, evitando o processo de deterioração dos alimentos.

Foi analisada a aplicação de revestimentos comestíveis na qualidade e conservação do queijo coalho utilizando cinco tratamentos diferentes: controle - queijo sem revestimento; queijo revestido com proteína isolada de soja + óleo essencial de manjericão; fécula de mandioca + óleo essencial de manjericão; queijo revestido com proteína isolada de soja + quitosana e fécula mandioca + quitosana. Foi observado que os valores de pH e umidade não foram afetados significativamente pelo uso do revestimento, entretanto, o tratamento a base de proteína isolada de soja e quitosana apresentou melhor proteção a perda de umidade. A aplicação dos revestimentos foi eficaz no controle de *Salmonella* ssp. e dos coliformes termotolerantes, mas não apresentaram bons resultados no controle de Estafilococos coagulase positiva. A aparência do queijo foi melhorada através da aplicação dos revestimentos, apresentando uma melhor fixação nos tratamentos à base de proteína + quitosana e fécula de mandioca + óleo essencial, sendo o mais indicado para revestir queijos (Júnior et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Boa parte dos alimentos *in natura* são extremamente perecíveis, impulsionando a cada vez mais aparecerem pesquisas com o objetivo de garantir a preservação do alimento. A utilização de revestimentos naturais a partir de polissacarídeos, proteínas e lipídios contribuem de maneira significativa para a conservação do alimento, prolongando o tempo de prateleira.

Os filmes produzidos a partir de fécula de mandioca, amido de mandioca associado ao óleo essencial de cravo da índia, goma xantana e glicerol utilizados para revestir frutas in natura, apresentaram potencial para aplicação, boa processabilidade e maleabilidade. Além disso, filmes à base de quitosana e extrato de alecrim demonstram serem bons na aplicação de carnes. Em conclusão geral têm-se que filmes naturais apresentam boas propriedades mecânicas, de barreira, físicas que podem contribuir para estender o tempo de pós-colheita de frutos, carnes e queijos.

Ainda assim, é preciso dizer que o uso de revestimentos comestíveis é uma tecnologia economicamente interessante e inovadora no mercado de alimentos; e apesar de existir uma grande variedade de revestimentos é preciso, ainda, explorar mais as pesquisas sobre esses filmes em diversos tipos de alimentos.

REFERÊNCIAS

APPENDINI, P.; Hotchkiss, J. H. (2002). **Review of antimicrobial food packaging. Innovat Food Sci.** Emerg. Tech., 3, 113-126.

ASSIS, Odílio Benedito Garrido **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas *in natura* e minimamente processadas**. / Odílio Benedito Garrido Assis, Douglas de Britto, Lucimara Aparecida Forato. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009.

BRITTO, D.; CAMPANA FILHO, S. P.; ASSIS, O. B. G. Mechanical Properties of N,N,N-trimethylchitosan Chloride Films. **Polímeros**: Ciência e Tecnologia, São Carlos, v. 15, n. 2, p. 129-132, 2005.

BUKZEM, A. L.; SANTOS, D. M.; ASCHERI, D. P. R. **Biofilms based on cassava starch and barley bagasse obtained by thermoplastic extrusion**. Revista Agrotecnologia, Anápolis, v. 3, n. 2, p. 89-107, 2012.

COELHO, C. C. S.; FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; CAMPOS, R. S.; SILVA, O. F. Aplicação de Revestimento Filmogênico à Base de Amido de Mandioca e de Óleo de Cravo-da-Índia na Conservação Pós-Colheita de Goiaba 'Pedro Sato'. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 479-490, 2017.

DHANAPAL, A.; SASIKALA, P.; RAJAMANI, L.; KAVITHA, V.; YAZHINI, G.; BANU, M. S. Edible films from polysaccharide. **Food Science and Quality Management**, Uttarakhand, v. 3, n. 1, p. 9-17, 2012.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. **Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios** Revista Ceres, vol. 52, núm. 300, 2005. Universidade Federal de Viçosa Viçosa, Brasil.

DURANGO, A. M.; SOARES, N. F.; ARTEAGA, M. R. **Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos**. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 9, n. 1, p. 122-128, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/ pdf/bsaa/v9nl/v9nla14.pdf>. Acesso em: 27 junho 2021.

FDA, FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Generally recognized as safe (GRAS). Silver Spring.** Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

GUERRA, I. C.; PLÁCIDO, G. R.; CÉLIA, J. A.; JESUS, G. B. L.. Uso de filmes e revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças. **Food Safety Brazil: conteúdo para segurança de alimentos.** 2020. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/uso-de-filmes-e-revestimentos-comestiveis-na-pos-colheita-de-frutas-e-hortalicas/>. Acesso em: 30 julho 2021.

HARDENBURG, R. E. Wax and Related Coatings for Horticultural Products: a bibliography. **Agriculture Research Service Bulletin**, 51-15, Washington, DC, 1967.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. "Use of plastic packaging and coverage of chitosan in the postharvest conservation of litchi/Uso de embalagens plásticas e cobertura de quitosana na conservação pós-colheita de lichias." **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 33, no. S1, Oct. 2011, p. 377+. **Gale Academic OneFile**. <https://link.gale.com/apps/doc/A386614019/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=fb08f028>. Accessed: 15 Jule 2021.

JÚNIOR, D. B. M.; SOUSA, S.; COSTA, G. F. Aplicação de revestimentos comestíveis na qualidade e conservação de queijo coalho. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 37, n. 1, 2021. Disponível em: < https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/60910/43675>. Acesso em: 27 junho 2021.

LEITE, B. S. F.; BORGES, C. D.; CARVALHO, P. G. B.; BOTREL, N. "Edible coating based on xanthan gum, lipophilic compounds and/or calcium chloride in the strawberries preservation/Revestimento comestível a base de goma xantana, compostos lipofílicos e/ou cloreto de cálcio na conservação de morangos." **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 37, no. 4, Dec. 2015, p. 1027+. **Gale Academic OneFile**, <https://link.gale.com/apps/doc/A466051621/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=655e2f31>. Accessed: 05 june 2020.

LIMA, A. F. Revestimentos comestíveis à base de quitosana e extrato de alecrim (rosmarinus officinalis l.) e sua aplicabilidade na carne bovina. Dissertação. 2019. Disponível em: <https://repo-

sitorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/978>. Acesso em: 27 julho 2021.

LOPES, A. R.; DRAGUNSKI, D. C.; CAETANO, J.; FRANCISCO; C. B.; JÚNIOR, L. F. B. Conservação de goiabas com revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 4, p. 295-305, 2018.

MIRA, I.; FILHO, C. D. C.; VIOLA, D. N. "Ideal composition of film solution added to prebiotic, applied in 'Thompson' grapes/Composicao ideal da solucao filmogenica adicionada de prebiotico, aplicada em uvas 'Thompson'." **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 37, no. 2, June 2015, p. 308+. **Gale Academic OneFile**, <https://link.gale.com/apps/doc/A466051475/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=3a27fcfb>. Accessed: 15 Jule 2021.

MORAES, J. O.; SCHEIBE, A. S.; SERENO, A.; LAURINDO, J. B. Scale-up of **the production of cassava starch based films using tape-casting.** Journal of Food Engineering, London, v. 119, n. 4, p. 800-808, 2013.

OSTLER, A. H.; BRACKMANN, **A. Condições de armazenamento refrigerado e atmosfera controlada para maçã (Malus domesticaI, Borkh) "Golden Delicious**". Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 21, n. 1st, p. 40-44, 1999**.**

PEREIRA, L. D.; SOUZA, LÁSARA K. F.; FERREIRA, K. B.; VALLE, K.; SILVA, DANIELLE F. P. Nota Técnica: Biofilmes Comestíveis na Conservação Pós-Colheita de Cajá. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 285-292, 2019.

QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. (2002). **Antimicrobial food packaging in meat industry**. Meat Science, 62, 373-380.

SANTIAGO-SILVA, P.; SOARES, N. F. F.; NÓBREGA, J. E.; JÚNIOR, M. A. W.; BARBOSA, K. B. F.; Volp, N. C. P.; Zerdas, E. R. M. A.; Würlitzer, N. J. (2009). **Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin** (ALTA® 2351) on preservation of sliced ham. Food Control, 20, 85-89.

SOBRAL, P. J. do A**. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1251-1259, 2000.

VELICKOVA, E.; WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S.; ALVES, V. D.; MOLDÃO-MARTINS, M. **Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions**. **LWT - Food Science and Technology,** Amsterdam, v. 52, n. 2, p. 80-92, 2013.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

FILMES POLIMÉRICOS À BASE DE GELATINA PARA APLICAÇÕES EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

GELATIN-BASED POLYMERIC FILMS FOR FOOD PACKAGING APPLICATIONS: ADVANCES, CHALLENGES, AND PERSPECTIVES

RIGUETO, Cesar Vinicius Toniciolli[1]*; ROSSETO, Marieli[1]; PIZZUTTI, Ionara Regina[1]; RICHARDS, Neila Silvia Pereira Dos Santos[1]; LOSS, Raquel Aparecida[2], DETTMER, Aline[3]

[1]Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
[2]Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)
[3]Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Universidade de Passo Fundo (UPF)
*Contato:cesartoniciolli@gmail.com

RESUMO

Esse estudo objetivou realizar uma análise bibliométrica e revisão de literatura acerca da produção de filmes à base de gelatina para aplicação como embalagens alimentícias, abordando os principais avanços e limitações. A busca de artigos foi realizada na base de dados da Scopus e os dados bibliométricos obtidos pela ferramenta Bibliometrix (RStudio software). Verificou-se uma grande variedade de compostos que podem ser incorporados nos filmes de gelatina, a fim de superar suas limitações relacionadas à alta solubilidade e baixas propriedades mecânicas, bem como para obtenção de funções ativas ou inteligentes. Dentre os compostos mais reportados, têm-se: óleos essenciais, pigmentos extraídos de vegetais e outros agentes antimicrobianos. Os alimentos mais reportados como matriz de aplicação foram: carnes (peixe, frango e camarão), leite, queijo e frutas minimamente processadas. Mesmo com tendências promissoras, o maior desafio no âmbito das aplicações reais em larga escala é a obtenção de biopolímeros facilmente degradáveis, com estabilidade estrutural e funcional similar aos polímeros sintéticos. Dessa forma, o maior enfoque dessa temática em pesquisas poderá favorecer avanços significativos para o uso dessas embalagens, impactando positivamente diversos dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, preconizados pela Organização das Nações Unidas.

Palavras-chave: Biopolímero, embalagens biodegradáveis, sustentabilidade, conservação.

ABSTRACT

This work aimed to carry out a bibliometric analysis and literature review on the production of gelatin-based films for application as food packaging, addressing the main advances and limitations. The search for articles was performed in the Scopus database and bibliometric data were obtained by the Bibliometrix tool (RStudio software). It was verified a wide variety of compounds can be incorporated into gelatin films, in order to overcome its limitations related to high solubility and low mechanical properties, as well as to obtain active or smart functions. Among the most reported compounds are essential oils, pigments extracted from vegetables, and other antimicrobial agents. The most reported foods as an application matrix were meat (fish, chicken, and shrimp), milk, cheese, and minimally processed fruits. Even with promising trends, the biggest challenge in the field

of large-scale applications is to obtain easily degradable biopolymers, with structural and functional stability similar to synthetic polymers. Thus, a greater focus on this theme in research may favor significant advances in the use of these packages, positively impacting several of the Sustainable Development Goals, recommended by the United Nations.

Keywords: Biopolymer, biodegradable packaging, sustainability, conservation.

INTRODUÇÃO

Dentre os objetivos para o desenvolvimento sustentável listados pela Organização das Nações Unidas (ONU), destaca-se para a área de alimentos a ODS 2 (Fome Zero e Agricultura sustentável) que preconiza a erradicação da fome. Para alimentar 10 bilhões de pessoas em 2050, é necessário buscar um equilíbrio entre sustentabilidade, segurança alimentar, inocuidade dos alimentos e redução do desperdício dos alimentos produzidos (Vågsholm; Arzoomand; Boqvist, 2020).

Uma forma de reduzir o desperdício de alimentos e fortalecer a sustentabilidade do ciclo alimentar é o prolongamento do prazo de validade dos alimentos (Bianchi et al., 2021). Dentre as tecnologias disponíveis, as embalagens são empregadas com a finalidade de separar os alimentos do ambiente, reduzindo a exposição a fatores de deterioração e evitando perdas de compostos desejáveis, prolongando a vida útil dos alimentos (Otoni et al., 2017).

No entanto, as embalagens plásticas tradicionais ameaçam a segurança do meio ambiente e do ser humano, impulsionando estudos para produção de novos compósitos baseados em materiais biodegradáveis para aplicações em alimentos (Yan et al., 2021). As embalagens biodegradáveis são econômicas, seguras, não tóxicas, sensíveis e os pigmentos naturais podem atuar como um indicador de qualidade. Além disso, esses filmes de embalagem podem ser otimizados e comercializados, empregados como embalagens ativas e inteligentes para avaliação da qualidade visual de produtos alimentícios (Bhargava et al., 2020).

Um dos principais biopolímeros utilizado para elaboração de filmes biodegradáveis é a gelatina, um polipeptídio de alto peso molecular, naturalmente presente em diferentes fontes animais, incluindo pele de porcos, bovinos e peixes (Pahoff et al., 2019). A gelatina representa um dos biomateriais mais interessantes para o desenvolvimento de biopolímeros, principalmente, devido às suas boas propriedades de formação de filmes e abundância na natureza, no entanto, suas características de hidrofobicidade resultam em um rápido processo de degradação, sendo as ligações de hidrogênio facilmente rompidas em ambientes úmidos e temperaturas acima de 30 ~ 35°C, destruindo a rede física de gelatina (Rosseto et al., 2021; Rigueto et al., 2021). Porém, a adição de outros compostos à rede da gelatina possibilita a obtenção de materiais com características melhoradas, superando as limitações da gelatina (Rigueto et al., 2021).

Nesse contexto, esse estudo teve por objetivo realizar uma análise bibliométrica e revisão de literatura acerca da produção de filmes à base de gelatina para aplicação como embalagens alimentícias.

METODOLOGIA

O levantamento dos artigos foi realizado por meio da busca de termos específicos na base de dados Scopus. Foram inseridos os termos "GELATIN" AND "FILM" AND "APPLICATION", que estavam presentes nos títulos, resumos e/ou palavras-chave dos trabalhos, totalizando 1.111 artigos. Os resultados obtidos na busca preliminar na base de dados Scopus foram explorados por meio da ferramenta "*Bibliometrix*" do software RStudio® versão 1.4.1106, em que período de busca foi limitado de 2016 a 2021, apenas com artigos experimentais (reviews, trabalhos de conferência e livros e capítulos foram excluídos da análise), totalizando 457 artigos. A partir dessas publicações, foi possível sistematizar o estado da pesquisa, e produzir discussões e correlações sobre o tema desta revisão.

A Figura 01 apresenta um fluxograma que resume a metodologia deste estudo.

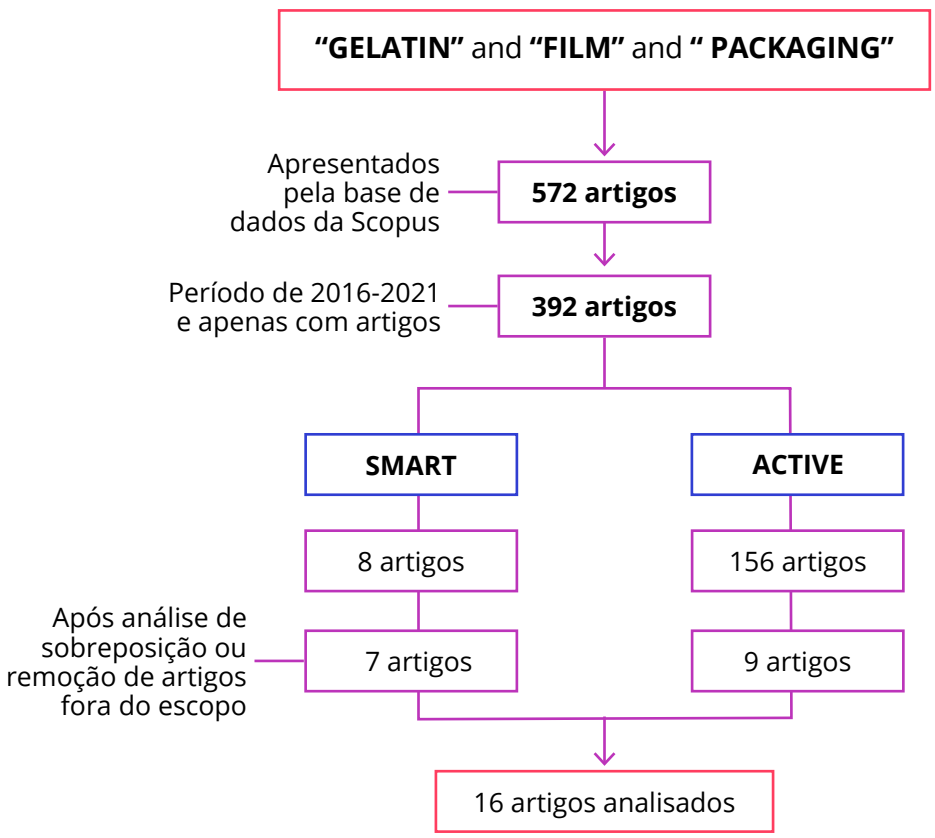


Figura 01: Condições estabelecidas para a seleção e análise dos artigos incluídos neste review.

Fonte: Autores (2021).

DESENVOLVIMENTO

Análise bibliométrica

Pela análise bibliométrica, nota-se que o interesse pela produção e aplicações de filmes à base de gelatina é crescente, com taxa de crescimento anual de 9,16%. Houve um crescimento acentuado de publicações sobre essa temática no ano de 2020, com maior pico de publicações observado (Figura 02a). O país que mais publica artigos voltados para temática de estudo é a China, seguida pelo Irã, Brasil, Malásia e Tailândia (Figura 02b).

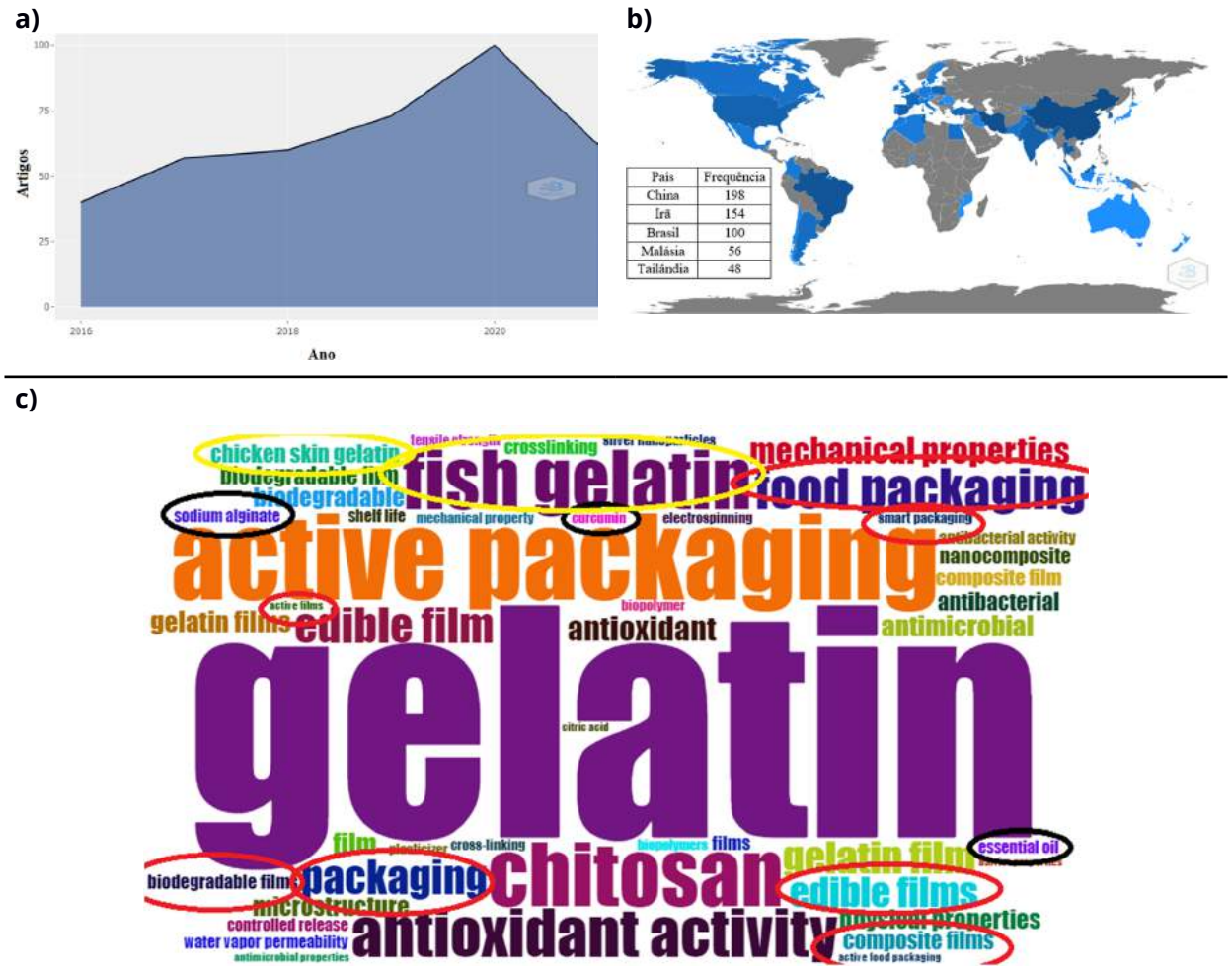


Figura 02: a) Produção científica global anual de artigos relacionados à filmes à base de gelatina; **b)** Produção científica de artigos por país; **c)** Nuvem de palavras com as 50 palavras mais citadas nas palavras-chave dos artigos apresentados pela base de dados da Scopus.

Fonte: Bibliometrix – RStudio software (2021).

Na nuvem de palavras gerada com as 50 palavras mais citadas nas palavras-chave dos artigos (Figura 2d), nas palavras circuladas em vermelho fica evidente que as principais aplicações para filmes à base de gelatina como embalagem de alimentos se dão principalmente nas formas de filmes comestíveis ("*edible films*"), geralmente relacionados à embalagem de revestimento de frutas e vegetais, embalagens alimentícias ("*food packaging*"), embalagens ativas ("*active packaging*"), embalagens inteligentes ("*smart packaging*") e filmes biodegradáveis ("*biodegradable films*"). Além disso, as palavras circuladas em amarelo, sugerem algumas fontes de extração de gelatina, como gelatina de pele de frango ("*chicken skin gelatin*") e gelatina de peixe ("*fish gelatin*").

As palavras circuladas em preto: óleo essencial ("*essential oil*"), alginato de sódio ("*sodium alginate*") e curcumina ("*curcumin*"), indicam que esses compostos têm sido adicionados à composição dos filmes à base de gelatina com finalidades tecnológicas.

Os subtópicos a seguir foram elencados, levando em consideração as principais aplicações dos filmes à base de gelatina para embalagens alimentícias, abordando os principais avanços e desafios reportados nos estudos.

Embalagens ativas

A embalagem ativa é um sistema no qual o produto, a embalagem e o ambiente interagem de forma positiva para estender a vida útil, além de manter ou melhorar a condição dos alimentos embalados, através da incorporação de componentes que liberariam ou absorveriam substâncias no alimento embalado ou no ambiente ao redor do alimento (Biji et al., 2015). Agentes antioxidantes podem ser incluídos para inibir a oxidação de lipídios ou proteínas, enquanto os antimicrobianos podem ser usados para inibir o crescimento de deterioração ou microrganismos patogênicos. Além disso, as substâncias que absorvem seletivamente a radiação ultravioleta ou visível de dispersão, podem ser incorporadas para proteger os componentes alimentares fotolábeis (Tavassoli et al., 2021). A Figura 03 apresenta os principais agentes ativos que podem ser incorporados em embalagens e/ou hidrogéis na indústria de alimentos.

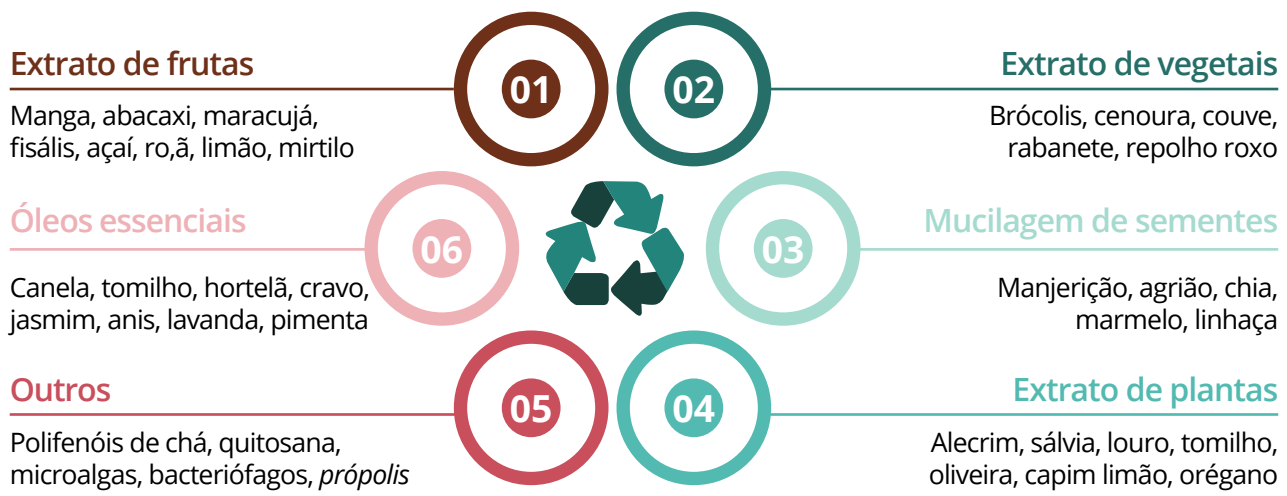


Figura 03: Principais agentes ativos incorporados em embalagens/hidrogéis de alimentos.

Fonte: Autores (2021).

Percebe-se a grande variedade de agentes ativos que podem ser incorporados nos filmes de gelatina. A escolha deve ser baseada na aplicação dos filmes, considerando que alguns aditivos apresentados na Figura 03 podem alterar a coloração e influenciar as características sensoriais do produto. Como por exemplo, em estudo realizado por Settier-Ramírez et al. (2021), onde foram elaborados filmes a partir de gelatina e álcool polivinílico com incorporação de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* para sopa cremosa de cogumelos e presunto fatiado. No aspecto sensorial não houveram alterações para o presunto cozido após 16 dias, em contrapartida, os consumidores perceberam acidificação da sopa de cogumelos, ocasionada pela diminuição do pH.

Além disso, é necessário avaliar a compatibilidade entre o aditivo e a matriz polimérica. Neste contexto a gelatina se destaca para utilização em filmes devido à sua não toxicidade, sem acentuação de sabor e compatibilidade com diversos materiais (Shakila et al., 2015). A Tabela 01 apresenta estudos recentes que objetivaram a produção de filmes à base de gelatina com incorporação de agentes ativos, aplicados em diversos alimentos.

Tabela 01: Produção e aplicação de filmes como embalagens ativas em alimentos.

Embalagem ativa	Aplicação	Autor
Filmes de gelatina de peixe com incorporação de óleos essenciais de quitosana, cravo e pimenta	Filé de peixe	Shakila et al., 2015
Filmes de gelatina com incorporação de óleo essencial de anis	Filé de frango	Fathi-Achachlouei; Babolanimogadam; Zahedi, 2021
Filmes de gelatina e amido de mandioca com incorporação de cúrcuma	Salsichas	Tosati et al., 2018
Filmes de gelatina e álcool polivinílico com incorporação de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*	Sopa cremosa de cogumelos e presunto cozido fatiado	Settier-Ramírez et al., 2021
Filme de gelatina de pele de suíno, zeína e extrato etanoicos de própolis	Framboesa	Moreno et al., 2020
Filmes de gelatina com incorporação de bacteriófagos	Queijos	Weng et al., 2021
Filmes de gelatina de peixe com incorporação de pectina da casca de laranja	Queijos	Jridi et al., 2020
Filmes comestíveis de amido e gelatina com adição de extrato de manga e abacaxi	Sem aplicação em alimentos específicos	Susmitha et al., 2021
Filmes de gelatina de peixe com casca de romã	Sem aplicação em alimentos específicos	Hanani; Yee; Nor-Khaizura, 2019

Fonte: Autores (2021).

Os óleos essenciais promovem melhorias físico-químicas nos filmes e na matriz de aplicação, através da redução da interação com água, que reflete em menor solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água, além de resistência antimicrobiana (Fathi-Achachlouei; Babolanimogadam; Zahedi, 2021). Estudo realizado por Shalila et al. (2015) compararam filmes de gelatina (controle) com filmes com incorporação de óleos essenciais de quitosana, cravo e pimenta em filé de peixe, e após 6 dias evidenciaram que o filme controle estava totalmente decomposto, com contagens bacterianas (*S. aureus, L. monocytogenes* e *A. hydrophila*) em 10^7 UFC/g, enquanto os filmes com óleos essenciais mantinham contagem 10^5 UFC/g.

Outro fator interessante é a possibilidade de valoração de resíduos agroindustriais como ingredientes ativos, como em estudo realizado por Susmitha et al. (2021) que incorporaram extrato oriundo de casca de manga e bagaço de abacaxi para elaborar filmes de amido e gelatina. Os autores relatam que a adição destes componentes melhorou a espessura, o teor de umidade, o índice de dilatação, as propriedades óticas do filme, além de apresentar boa compatibilidade dos materiais evidenciada através da análise de FTIR. Hanani, Yee e Nor-Khaizura (2019) utilizaram cascas de romã para elaborar filmes de gelatina, e consideram o estudo promissor para aplicação como embalagem ativa, devido às propriedades antimicrobianas e antioxidantes.

Embalagens inteligentes

As embalagens inteligentes são definidas como materiais que monitoram o estado dos alimentos embalados ou do ambiente externo ao redor, fornecendo ao consumidor informa-

ções sobre as condições do alimento ou do seu ambiente (temperatura, pH), sendo que essa comunicação é baseada na capacidade de detectar, sentir e registrar mudanças no ambiente dos produtos. Ressaltando que, ao contrário dos componentes ativos, os componentes inteligentes não têm a intenção de liberar seus constituintes nos alimentos (Biji et al., 2015).

Um exemplo clássico de embalagem inteligente, é o monitoramento do pH dos alimentos por alterações colorimétricas visuais utilizando pigmentos naturais como as antocianinas, que são incluídas à matriz do componente base da embalagem inteligente (Alpaslan et al., 2020).

O uso da gelatina como base para fabricação de embalagens inteligentes é promissor devido à possibilidade de obtenção de materiais compósitos, portanto, indicadores podem ser adicionados ao material de embalagem para melhorar a resistência mecânica, propriedades antioxidante e antimicrobiana, entre outras (Musso et al., 2016).

Nesse contexto, os filmes inteligentes são comumente utilizados como embalagens de alimentos devido às suas vantagens, que incluem tamanho portátil, baixo custo, armazenamento e a vida útil dos alimentos prolongados, bem como monitoramento em tempo real da deterioração dos alimentos (Chayavanich et al., 2020).

Na Tabela 02 são apresentados estudos recentes que objetivaram a produção de filmes à base de gelatina para aplicação como embalagem inteligente em diversos alimentos.
Conforme apresentado na Tabela 02, Alpaslan et al. (2020) e (2021), aplicaram hidrogéis compósitos à base de gelatina acrescida de extrato aquoso de casca de romã e maçã vermelha, respectivamente. Com a adição do extrato aquoso de maçã, foi observado melhora na estabilidade térmica e redução da elasticidade dos filmes, além disso, quando testado contra *Escherichia coli, Bacillus subtilis* e *Staphylococcus aureus*, foi constatada atividade antimicrobiana dos filmes.

Tabela 02: Produção e aplicação de filmes/hidrogéis inteligentes em alimentos.

Embalagem inteligente	Aplicação	Referência
Hidrogel a partir de poli(gelatina-co-dimetil acrilamida) acrescida de ácido cítrico e extrato da casca de maçã vermelha	Leite pasteurizado e queijo	Alpaslan et al., 2021
Hidrogel contendo poli(dimetil acrilamida), gelatina e extrato de romã (*Punica granatum*)	Leite integral e queijo	Alpaslan et al., 2020
Filme à base de gelatina e carragenina integrado com shikonina e própolis	Leite	Roy e Rhim, 2020
Filme de gelatina e amido contendo extrato de rabanete vermelho (*Raphanus sativus* L.)	Carne de frango e camarão	Chayavanich et al., 2020
Filme de gelatina com extratos de couve roxa (*Brassica oleracea* L.)	Sem aplicações em alimentos específicos	Musso et al., 2019
Filmes baseados em nanopartículas de amido/gelatina	Maçãs descascadas e cortadas	Tao et al. 2018
Filme de gelatina contendo indicadores ácido-base	Sem aplicações em alimentos específicos	Musso et al. 2016

Fonte: Autores (2021).

A adição de ácido cítrico e dimetil acrilamida favoreceram a melhoria das propriedades mecânicas, enquanto que no extrato de romã, obteve-se as antocianinas e propriedades antimicrobianas e antioxidantes naturais (Alpaslan et al., 2021). Ambos os estudos aplicaram os hidrogéis obtidos em lácteos (leite e queijo), uma vez que, quando o leite integral e o queijo atingem temperaturas acima de 4-7°C, mudanças podem ocorrer, alterando o pH do meio, e segundo reportado pelos autores, os hidrogéis foram eficazes em informar com precisão alterações de pH nos lácteos testados, mostrando-se uma aposta promissora para uso como material biodegradável para embalagens de alimentos.

Os filmes de gelatina com extrato de rabanete vermelho, produzidos por Chayavanich et al. (2020) foram aplicados em amostras de carne de frango e camarão. Os autores avaliaram a estabilidade de cor dos filmes de detecção e os resultados indicaram que os filmes possuem boa estabilidade. No entanto, o armazenamento das amostras contendo a embalagem inteligente em temperatura ambiente, a cinética de degradação foi superior, com maior eficiência em temperaturas de refrigeração e congelamento, que proporcionaram armazenamento por mais de duas semanas, onde para ambas as amostras, os filmes empregados foram sensíveis ao pH para observação em tempo real da deterioração da carne, com boa precisão.

O solvente empregado na extração de pigmentos naturais, como as antocianinas, também pode interferir diretamente nas propriedades dos filmes, conforme relatam Musso et al. (2019), os extratos alcoólicos de couve roxa foram mais eficazes do que os aquosos, devido à maior concentração e variedade de antocianinas, que exerceram efeito plastificante na matriz proteica da gelatina, causando aumento no alongamento e solubilidade dos filmes. Por outro lado, os autores ressaltam que os extratos aquosos parecem favorecer a reticulação de proteínas, pois melhoraram o comportamento mecânico dos filmes.

Além de pigmentos extraídos de fontes naturais, estudos reportaram o uso de compostos indicadores de pH comerciais, como no estudo de Musso et al. (2016), que realizaram a adição de três indicadores ácido-base aos filmes de gelatina: laranja de metila (pH = 2), vermelho neutro (pH = 6) e verde de bromocresol (pH = 11). Os autores observaram rápida resposta visual dos filmes devido às alterações no pH em líquidos em gases, no entanto, para semissólidos, a resposta foi mais lenta, possivelmente devido a processos de difusão limitados. Com relação, à composição dos filmes, a adição de laranja de metila e vermelho neutro atuaram como enredamentos físicos e/ou químicos, aumentando a resistência à tração e reduzindo a solubilidade em água dos filmes, sem afetar sua permeabilidade ao vapor de água e sua capacidade de mudar sua cor em relação ao pH do meio circundante.

Tendo em vista que o leite é um alimento nutritivo e amplamente consumido pela população, seria extremamente viável ao consumidor que durante armazenamento em domicílios ou supermercados, o frescor do leite pudesse ser monitorado por mudança visual utilizando um sensor de cor, baseado no pH. Nesse contexto, Roy e Rhim (2020) avaliaram filmes de ge-

latina e carragenina acrescidos com shikonina e própolis para monitoramento do frescor de leite. Os autores concluíram que a mistura de própolis e shikonina melhorou a propriedade de bloqueio de UV dos filmes, sem diminuir significativamente a transparência, e proporcionaram atividade antimicrobiana e antioxidante aos filmes, no entanto, a resistência à água e à taxa de dilação aumentaram. Os filmes indicadores de cor apresentaram excelente resposta ao pH, com mudança de cor em uma ampla faixa de pH de 2 a 12, sendo uma aposta promissora para ser incrementada em embalagens para monitoramento de frescor.

Tao et al. (2018) apontam que a aplicação de filmes em maçã descascada ocasionou uma resistência adicional à transferência de massa, e os revestimentos diminuíram a taxa de difusão das moléculas de água, o que pode estar relacionado à redução da taxa de respiração de produtos vegetais frescos.

Uma visão geral sobre desafios e aspectos sociais

Mesmo com tendências promissoras para aplicações em alimentos, as embalagens comestíveis à base de gelatina possuem limitações que precisam ser superadas, a fim de aplicações reais e em larga escala.

Por exemplo, as propriedades mecânicas (elongação e resistência à tração), estão associadas com o desempenho desses materiais em manter-se íntegros durante estresse provocado pelo processamento, manuseio e/ou estocagem, assim, objetiva-se obter materiais resistentes e flexíveis (Jiang, et al., 2019; Shi et al., 2017).

A resistência à água, é uma propriedade necessária para filmes destinados ao uso como embalagem de alimentos, sendo que a gelatina possui propriedades sensíveis à água e os filmes produzidos a partir da mesma, se dissolvem facilmente em meio aquoso, limitando sua aplicação em muitos campos, portanto, promover a hidrofobização dos filmes de gelatina é primordial para almejar aplicações reais dessas embalagens (Alpaslan et al. 2020; Tao et al., 2018).

Além disso, a permeabilidade ao vapor de água de filmes comestíveis e o ângulo e contato, afetam significativamente as propriedades físicas e de barreira, portanto, é necessário obter filmes com teor de água e ângulos de contato padronizados (Tao et al., 2018).

Em diversos artigos desta revisão, foram reportados a adição de pigmentos naturais ou comerciais nos filmes, para se obter respostas visuais às alterações de pH, assim, a análise de cor dos filmes é primordialmente realizada, uma vez que mudanças quantitativas e qualitativas de cores podem ser compreendidas facilmente, ocasionando menor aceitação sensorial pelo consumidor (Alpaslan et al. 2020).

No contexto geral, o desafio primordial para aplicações reais dos filmes à base de gelatina como embalagens alimentícias, é a obtenção de biopolímeros facilmente degradáveis, porém, com estabilidade estrutural e funcional similar aos polímeros sintéticos.

Com relação aos aspectos sociais, levando em consideração os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), o uso de filmes à base de

gelatina para aplicações como embalagens de alimentos pode impactar positivamente diversos desses objetivos, conforme ilustrado na Figura 04.

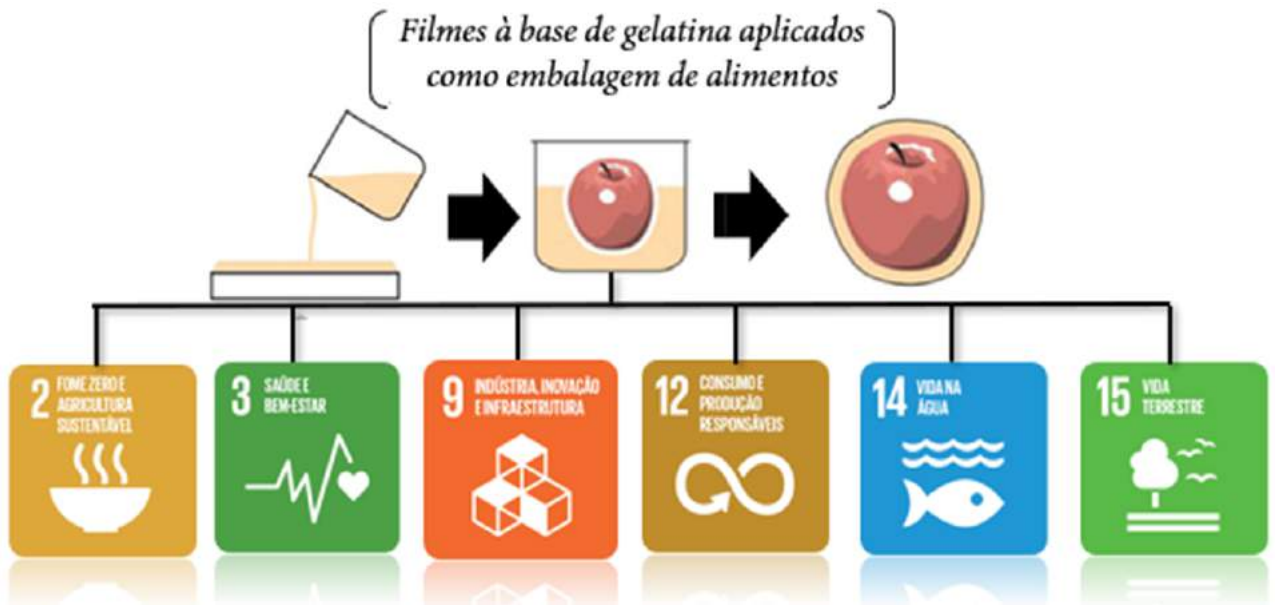


Figura 04: Principais ODS que podem ser impactadas positivamente pelo uso de filmes à base de gelatina como embalagens de alimentos.

Fonte: Autores (2021).

ODS 2 (Fome Zero e Agricultura sustentável) devido à tecnologia conservação de alimentos empregada, garantindo mais alimentos disponíveis à população, ODS 3 (Saúde bem-estar) em virtude das propriedades antimicrobianas e antioxidantes, que além de monitorar o grau de deterioração do alimento, podem inibir crescimento microbiano, e assim, garantir um alimento seguro ao consumidor, ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), devido a oportunidades de inovação pelas indústrias, guiadas pelo apelo das novas tendências alimentares exigidas pelos consumidores, ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), pelo fato do consumo de produtos biodegradáveis, oriundos de fontes sustentáveis, ODS 14 (Vida na água) e ODS 15 (Vida terrestre), pela degradação acelerada das embalagens, reduzindo o impacto ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um levantamento bibliográfico acerca do uso de filmes à base de gelatina para aplicações como embalagens de alimentos sendo estas ativas inteligentes.

Os principais alimentos usados nas aplicações e resultados mais promissores dos estudos analisados foram relatados, e de forma genérica, as limitações que precisam ser superadas para aplicações reais e em larga escala, além dos impactos positivos à sociedade que essas aplicações podem trazer.

Como perspectivas, acreditamos que um maior enfoque em pesquisas para obtenção de filmes à base de gelatina com propriedades aprimoradas, poderão favorecer avanços significativos para o uso dessas embalagens, contribuindo diretamente para o desenvolvimento científico, tecnológico e preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALPASLAN, D.; DUDU, T. E.; ŞAHINER, N.; AKTAŞA, N. Synthesis and preparation of responsive poly (Dimethyl acrylamide/gelatin and pomegranate extract) as a novel food packaging material. **Materials Science and Engineering: C**, v. 108, p. 110339, 2020.

ALPASLAN, D.; ERSEN DUDU, T.; AKTAS, N. Synthesis of smart food packaging from poly (gelatin-co-dimethyl acrylamide)/citric acid-red apple peel extract. **Soft Materials**, v. 19, n. 1, p. 64-77, 2021.

BHARGAVA, N.; SHARANAGAT, V. S.; MOR, R. S.; KUMAR, K. Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 385-401, 2020.

BIANCHI, F.; FORNARI, F.; RIBONI, N.; SPADINI, C.; CABASSI, C. S.; IANNARELLI, M.; CARERI, M. Development of novel cocrystal-based active food packaging by a Quality by Design approach. **Food Chemistry**, v. 347, p. 129051, 2021.

BIJI, K. B.; RAVISHANKAR, C. N.; MOHAN, C. O.; GOPAL, T .S. Smart packaging systems for food applications: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 10, p. 6125-6135, 2015.

CHAYAVANICH, K.; THIRAPHIBUNDET, P.; IMYIM, A. Biocompatible film sensors containing red radish extract for meat spoilage observation. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 226, p. 117601, 2020.

FATHI-ACHACHLOUEI, B.; BABOLANIMOGADAM, N.; ZAHEDI, Y. Influence of anise (Pimpinella anisum L.) essential oil on the microbial, chemical, and sensory properties of chicken fillets wrapped with gelatin film. **Food Science and Technology International**, v. 27, p. 123-134, 2021.

HANANI, Z. N.; YEE, F. C.; NOR-KHAIZURA, M. A. R. Effect of pomegranate (Punica granatum L.) peel powder on the antioxidant and antimicrobial properties of fish gelatin films as active packaging. **Food hydrocolloids**, v. 89, p. 253-259, 2019.

JIANG, Z.; WANG, C.; LI, T.; SUN, D.; GAO, H.; GAO, Z.; MU, Z. Effect of ultrasound on the structure and functional properties of transglutaminase-cross-linked whey protein isolate exposed to prior heat treatment. **International Dairy Journal**, v. 88, p. 79-88, 2019.

JRIDI, M.; ABDELHEDI, O.; SALEM, A.; KECHAOU, H.; NASRI, M.; MENCHARI, Y. Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application. **Food Hydrocolloids**, v. 103, p. 105688, 2020.

MORENO, M. A.; VALLEJO, A. M.; BALLESTER, A. R.; ZAMPINI, C.; ISLA, M. I.; LÓPEZ-RUBIO, A.; FABRA, M. J. Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries. **Food Hydrocolloids**, v. 107, p. 105973, 2020.

MUSSO, Y. S.; SALGADO, P. R.; MAURI, A. N. Gelatin based films capable of modifying its color against environmental pH changes. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 523-530, 2016.

MUSSO, Y.S.; SALGADO, P.R.; MAURI, A.N. Smart gelatin films prepared using red cabbage (Brassica oleracea L.) extracts as solvent. **Food Hydrocolloids**, v. 89, p. 674-681, 2019.

OTONI, C. G.; AVENA□BUSTILLOS, R. J.; AZEREDO, H. M.; LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H.; McHUGH, T. H. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables - a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 1151-1169, 2017.

PAHOFF, S.; MEINERT, C.; BAS, O.; NGUYEN, L.; KLEIN, T. J.; HUTMACHER, D. W. Effect of gelatin source and photoinitiator type on chondrocyte redifferentiation in gelatin methacryloyl-based tissue-engineered cartilage constructs. **Journal of Materials Chemistry B**, v. 7, n. 10, p. 1761-1772, 2019.

RIGUETO, C. V. T.; NAZARI, M. T.; MASSUDA, L. A.; OSTWALD, B. E. P.; PICCIN, J. S.; DETTMER, A. Production and environmental applications of gelatin-based composite adsorbents for contaminants removal: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, p. 1-22, 2021.

ROSSETO, M.; RIGUETO, C. V. T.; KREIN, D. D. C.; MASSUDA, L. A.; BALBÉ, N. P.; COLLA, L. M.; DETTMER, A. Combined effect of transglutaminase and phenolic extract of Spirulina platensis in films based on starch and gelatin recovered

from chrome III tanned leather waste. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v .15, n. 3, p. 2244, 2021.

ROY, S.; RHIM, J. W. Preparation of Gelatin/Carrageenan-Based Color-Indicator Film Integrated with Shikonin and Propolis for Smart Food Packaging Applications. **ACS Applied Bio Materials**, v. 4, n. 1, p. 770-779, 2020.

SETTIER-RAMÍREZ, L.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; GAVARA, R.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P. Evaluation of Lactococcus lactis subsp. lactis as protective culture for active packaging of non-fermented foods: Creamy mushroom soup and sliced cooked ham**.** **Food Control**, v. 122, p. 107802, 2021.

SHAKILA, R. J.; JEEVITHAN, E.; ARUMUGAM, V.; JEYASEKARAN, G. Suitability of antimicrobial grouper bone gelatin films as edible coatings for vacuum-packaged fish steaks. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 25, no 5, p. 724-734, 2016.

SHI, B.; LIANG, L.; YANG, H.; ZHANG, L.; HE, F. Glycerol□plasticized spirulina–poly (vinyl alcohol) films with improved mechanical performance. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 20, p. 44842, 2017.

SUSMITHA, A.; SASIKUMAR, K.; RAJAN, D.; NAMPOOTHIRI, K. M. Development and characterization of corn starch-gelatin based edible films incorporated with mango and pineapple for active packaging. **Food Bioscience**, v. 41, p. 100977, 2021.

TAO, F.; SHI, C.; CUI, Y. Preparation and physicochemistry properties of smart edible films based on gelatin–starch nanoparticles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 14, p. 5470-5478, 2018.

TAVASSOLI, M.; SANI, M. A.; KHEZERLOU, A.; EHSANI, A.; MCCLEMENTS, D. J. Multifunctional nanocomposite active packaging materials: Immobilization of quercetin, lactoferrin, and chitosan nanofiber particles in gelatin films. **Food Hydrocolloids**, v. 118, p. 106747, 2021.

TOSATI, J. V.; DE OLIVEIRA, E. F.; OLIVEIRA, J. V.; NITIN, N.; MONTEIRO, A. R. Light-activated antimicrobial activity of turmeric residue edible coatings against cross-contamination of Listeria innocuaon sausages. **Food Control**, v. 84, 177-185 2018.

VÅGSHOLM, I.; ARZOOMAND, N. S.; BOQVIST, S. Food security, safety, and sustainability - getting the trade-offs right. Frontiers in Sustainable **Food Systems**, v. 4, p.16, 2020.

WENG, S.; LÓPEZ, A.; SÁEZ-ORVIZ, S.; MARCET, I.; GARCÍA, P.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. Effectiveness of bacteriophages incorporated in gelatine films against Staphylococcus aureus. **Food Control**, v. 121, p. 107666, 2021.

YAN, J.; LI, M.; WANG, H.; LIAN, X.; FAN, Y.; XIE, Z.; LI, W. Preparation and property studies of chitosan-PVA biodegradable antibacterial multilayer films doped with Cu2O and nano-chitosan composites. **Food Control**, v. 126, p. 108049, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

FRUTA DO MILAGRE – *Synsepalum dulcificum*: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

MIRACLE BERRY – *Synsepalum dulcificum*: BIBLIOGRAPHIC REVIEW

BRANDÃO, Estevam H. P.[1]*

[1]Engenharia de Alimentos/Universidade Tecnológica Federal do Paraná
*Contato: estevambrand@gmail.com

RESUMO

O artigo pretende apresentar a fruta do milagre ou *Synsepalum dulcificum*, apontando seus compostos químicos e seus benefícios à saúde, bem como a presença de atividades antioxidantes em seus frutos e folhas. Outrossim, também será apontado a presença de compostos fenólicos e flavonoides, além de sua glicoproteína única, a miraculina, que possui uma propriedade de modificar o sabor de soluções ácidas, de azedo para o doce. Sendo assim, o fruto do arbusto demonstra capacidade de ser utilizado como um possível substituto saudável do açúcar. Até o presente momento não há reconhecimento pelos Estados Unidos da fruta com o status de GRAS, porém a União Europeia a reconhece como segura. Como base teórica, serão utilizados artigos científicos e livros de diversos autores, bem como pareceres e normas de órgãos regulamentadores internacionais. A presente pesquisa tem natureza quali-quantitativa, sendo utilizado o método descritivo, através dos recursos de análise bibliográfica, documental e pesquisa de campo experimental. Tem-se como conclusão da pesquisa a afirmativa de que a fruta do milagre possui propriedades consideradas saudáveis, podendo trazer auxílio na prevenção de doenças e um possível substituinte saudável para o açúcar.

Palavras-chave: Miraculina, atividade antioxidante, substituto do açúcar, compostos fenólicos, flavonoides.

ABSTRACT

The article intends to present the miracle berry or *Synsepalum dulcificum*¸ bringing its chemical compounds and its health benefits, having antioxidant activity in his fruit and leaves. It will also be pointed out possessing phenolics compounds and flavonoids, moreover your unic glycoprotein the miraculin, which has a propriety of modifying the taste of acidic solutions from sour to sweet. Therefore, the fruit of the shrub demonstrates capability to be used as a healthy sugar substitute. So far there is no recognition by de United States of the fruit with GRAS status, but the European Union recognizer it as safe. As a theoretical basis, scientific articles and books, from various authors will be used, as well as entities and norms of international regulatory bodies. The present research has a quali-quantitative nature, using the descriptive method, through the resources of bibliographic, documental and experimental field research. The conclusion of this research is the assertion that the miracle berry has properties considered healthy, which may help to prevent diseases and a possible healthy substitute for sugar.

Keywords: Miraculin, antioxidant activity, sugar substitute, phenolics compounds, flavonoids.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho realizará estudo, através de pesquisa bibliográfica e observação da *Synsepalum dulcificum*, também conhecida como fruta do milagre e suas propriedades. Trata-se de uma fruta exótica e pouco conhecida, mas que pode trazer diversos benefícios quando da prevenção de doenças ligadas aos radicais livres e como um possível substituto do açúcar.

No decorrer do artigo, serão abordados os aspectos fisiológicos e biológicos da fruta, bem como será tratado sobre os compostos fenólicos e as atividades antioxidantes da planta, sobre sua glicoproteína, a miraculina e por fim, sobre as condições da fruta nos Estados Unidos e na Europa.

Tem-se como objetivo a apresentação da fruta e o estudo de suas propriedades, sendo abordados estudos de diversos autores, que corroboram com os benefícios à saúde e com a efetividade da fruta.

METODOLOGIA

A pesquisa tem natureza quali-quantitativa, sendo utilizado análise bibliográfica e experimental. Utilizou-se de instrumentos como câmera fotográfica do celular Samsung Galaxy A30, faca de cozinha comum, freezer da geladeira Brastemp modelo BRB39A a uma temperatura média de -12°C, para o armazenamento dos frutos colhidos. Arbusto adquirido no CEASA Bauru. Frutos e folhas colhidos em uma residência na cidade de Garça, estado de São Paulo. O procedimento utilizado foi a dissecação da fruta congelada e a colheita da folha para a obtenção da foto. Para pesquisa bibliográfica foi utilizado os seguintes sites de busca textual: PubMed.gov; scielo.org; sciencirect.com; BiblioTec-UTFPR; scholar google. Com as palavras chaves: *Synsepalum dulcificum; Richardella dulcifica; antioxidant activity; FDA; mechanism of action.*

DESENVOLVIMENTO

Sobre a planta *Synsepalum dulcificum*

De acordo com o IPNI (International Plant Names Index) o arbusto pertencente à família *Sapotaceae*, denominado como *Synsepalum dulcificum* ou *Richardella dulcifica*, oriundo do Oeste do continente Africano possuindo uma alta densidade de folhas e galhos, chegando medir dentre 1.5 metros até 4.5 metros um espécime adulto (Figura 01).

Figura 01: Arbusto adulto *Synsepalum dulcificum*.

Fonte: Fruit miracle (*Synsepalum dulcificum* Daniell), disponível em: <http://caribfruits.cirad.fr/fruits_tropicaux/fruit_miracle>.

De dezembro a junho a planta produz frutos vermelhos amadurados, os quais possuem entre 1 até 2 centímetros de comprimento (INGLETT, et al, 1965), sendo o fruto composto de uma camada fina de casca de coloração avermelhada, uma camada de polpa de coloração esbranquiçada e uma grande semente no centro (Figura 02 e 03).

Figura 02: Fruta dissecada.

Fonte: Própria (2021).

Figura 03: Fruta e semente.

Fonte: Própria (2021).

Ademais, a polpa da fruta possui uma glicoproteína nomeada de Miraculina, que não é doce por si só, porém quando exposta a alimentos cítricos ou azedos na língua humana, promove uma sensação de doçura por um tempo limitado (KINGHORN, et. al, 2010, a). Além da miraculina, a fruta possui outros compostos que se tornam de interesse tanto para a área da saúde quanto para a alimentícia.

Compostos fenólicos e atividades antioxidantes

Inglett, et. al. (2011) realizou estudos sobre o conteúdo de compostos fenólicos, flavonoides e as atividades antioxidantes na casca, polpa e semente da Fruta do Milagre. O autor pontua que o conteúdo fenólico na pele do fruto (52.72 mg/g) é três vezes maior do que pode ser encontrado na polpa (16.95 mg/g) e comparando o conteúdo da pele com a semente ele é em torno de quatro vezes maior do que encontrado na semente (11.56 mg/g).

Desta forma, Inglett preceitua que o conteúdo dos flavonoides se assemelham aos resultados obtidos nas pesquisas com os compostos fenólicos, sendo a casca do fruto o local que mais contém ambos os compostos, se comparada com as sementes e a polpa. As atividades oxidantes da polpa (19.55 µmol/mg) e da pele (17.95 µmol/mg) são próximas, porém a semente possui aproximadamente metade do que apresenta na polpa (9.74 µmol/mg). Porém seu estudo foi realizado com as partes separadas e liofilizadas do fruto, o que pode resultar em interferências com resultados obtidos e comparados da fruta *in natura*.

Com propriedade Inglett ressalta que, tendo em vista os bons resultados aferidos com as pesquisas, a Fruta do Milagre pode trazer benefícios para a saúde.

Porém não somente o fruto apresenta compostos fenólicos e flavonoides, como também atividades antioxidantes presentes na folha do arbusto (Figura 04) e conteúdo mineral de potencial benéfico para a saúde, conforme apontam os estudos de Obafemi, et. al. (2017). O primeiro estudo foi realizado a partir do resultado obtido da extração em metanol realizado nos extratos das folhas secas e pulverizadas e, posteriormente, tal resultado fora concentrado e liofilizado para realizar outros testes laboratoriais, os quais apresentaram que a planta possui atividade antioxidante, podendo ser utilizada na melhoria e prevenção de doenças em que os radicais livres estão associados.

Figura 04: Folha do arbusto adulto – cerca de 15 cm.

Fonte: Própria (2021).

As atividades fenólicas, flavonoides, vitaminas e os antioxidantes estão presentes em inúmeras outras plantas, enquanto a glicoproteína miraculina se mostra um composto único encontrado somente no fruto da *Synsepalum dulcificum.*

A miraculina

Esta glicoproteína única da Fruta do Milagre (miraculina) possui propriedades únicas, no que tange à percepção de paladar, alterando o sentido do sabor do azedo para o doce, quando em contato com a língua humana.

A miraculina é composta por 191 aminoácidos e algumas cadeias de carboidratos (KINGHORN, et. al, 2010, b). A massa molecular da glicoproteína é de 24.6kDa, sendo composto de 13.9% deste peso em açúcares apenas, sendo eles glucosamina (31%), manose (30%), fucose (22%), xilose (10%) e por fim a galactose (7%) (THEERASILP, et al., 1988).

Quando do consumo da fruta, verifica-se que esta não gera interferência os sabores sentidos, pois possui sabor neutro. Após consumi-la, mantendo-a na boca por volta de 2-3 minutos, e posteriormente consumir algum alimento ácido como o limão ou um alimento processado como o vinagre, as propriedades da fruta fazem com que determinado alimento se torne doce. Este efeito dura em torno de uma hora após o consumo da fruta (MISAKA, 2013, a), porém vai se esvaindo com o passar do tempo. De acordo com Misaka Takumi (2013, b) após consumir a fruta, a miraculina se vincula aos receptores do sabor doce da língua humana (hT1R2-hT1R3), agindo como um agonista toda vez que é ingerida alguma solução azeda, excitando os receptores de sensação doce. Porém, quando o pH da solução na língua se neutraliza, a miraculina age como antagonista, suprindo a ativação do receptor doce por outras substâncias que dão sabor doce.

A figura abaixo representa um possível modelo para a atividade da miraculina segundo Misakata (2013, c), sendo que no item “A”, a Miraculina (MCL) ligada ao hT1R2-hT1R3 em pH neutro (esquerda), ativa o receptor sob pH ácido (direita). Quando o pH reverte para neutro, a miraculina converte para sua forma inativa no receptor (esquerda). Já no item “B”, a variedade dos adoçantes ativa hT1R2-hT1R3 (esquerda), mas a miraculina inibe esta ativação em pH neutro (direita) (Figura 05).

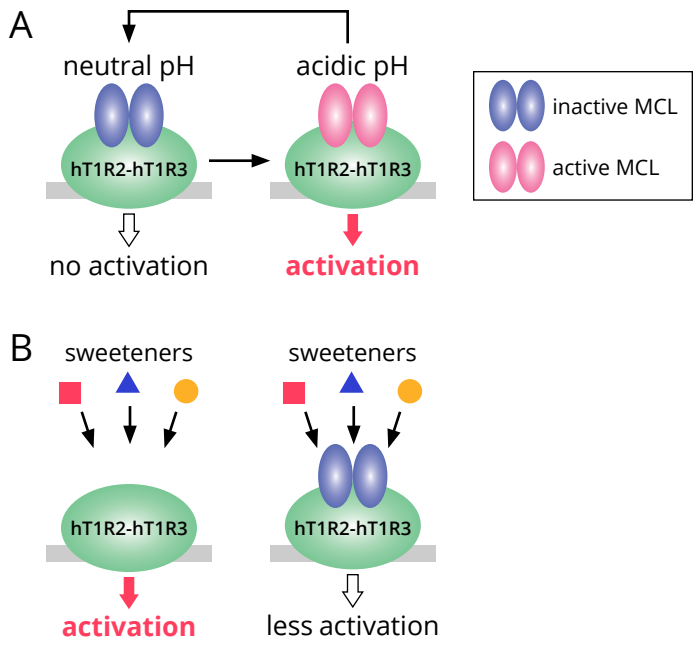


Figura 05: Modelo possível para a atividade da miraculina (MCL).

Fonte: MISAKA, TAKUMI. Molecular mechanisms of the action of miraculin, a taste-modifying protein**.** Seminars in Cell & Developmental Biology. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/semcdb>, 2013.

Esta característica de modificar a sensação do sabor azedo para o doce presente na miraculina, corrobora com estudos que possibilitam sua viabilidade como um tipo de adoçante saudável, uma vez que o consumo de açúcar no Brasil e no mundo vem aumentando, bem como as doenças a ele associadas.

Possível substituto do açúcar

Conforme dados apresentados pelo Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) o Brasil é o 4° maior consumidor de sacarose do mundo, ressaltando também que tanto a obesidade como o sobrepeso são um dos principais problemas de insegurança alimentar brasileira.
O Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) ressalva que a recomendação feita pela Organização Mundial de Saúde (OMS) sobre a quantidade de consumo de açúcares diários em alimentos é de apenas 10%, sendo que os brasileiros consomem cerca de 16,3%.
De acordo com estimativas da Federação Internacional da Diabetes em 2013 havia 11.9 milhões de brasileiros com a idade entre 20 e 79 anos de idade possuem diabetes no Brasil, fazendo com fique em quarto lugar no ranking dos países que apresentam maiores números de casos de diabetes (IDF, 2013).

Na Figura 06 é apresentada uma projeção de que no ano de 2035 o Brasil terá em torno de 19,2 milhões de diabéticos, mantendo ainda sua colocação em quarto lugar no ranking dos 10 países com maiores números de diabéticos. Porém em 2019 outro estudo realizado pelo IDF mostrou que o Brasil está com 16,8 milhões de diabéticos na mesma faixa etária (20-79 anos de idade).

COUNTRY/ TERRITORY	2013 MILLIONS
China	**98.4**
India	**65.1**
United States of America	**24.4**
Brazil	**11.9**
Russian Federation	**10.9**
Mexico	**8.7**
Indonesia	**8.5**
Germany	**7.6**
Egypt	**7.5**
Japan	**7.2**

COUNTRY/ TERRITORY	2035 MILLIONS
China	**142.7**
India	**109.0**
United States of America	**29.7**
Brazil	**19.2**
Russian Federation	**15.7**
Mexico	**14.1**
Indonesia	**13.1**
Germany	**12.8**
Egypt	**11.8**
Japan	**11.2**

Figura 06: Ranking mundial dos 10 países com maior número de diabéticos (20-79 anos de idade), em 2013 e 2035.

Fonte: IDF Diabetes Atlas, 6th Edition, 34p.

Estudos foram realizados por Haddad (2020, a) para determinar se a fruta do *S. dulcificum* pode ser seguramente utilizada como um substituto do açúcar ou um alterador do sabor em alimentos azedos ou bebidas, quando comparado com adoçantes artificiais como o aspartame, e por fim avaliar também se possui algum potencial anti-hiperglicêmico quando induzidos em ratos diabéticos.

Haddad (2020, b) conclui que seus estudos sugerem que a Fruta do Milagre pode ser usada como substituto do açúcar quando combinada com vários alimentos e bebidas ácidas. Este estudo também consta que o extrato feito com etanol da fruta possui potencial antioxidante e atividade anti-hiperglicêmica, especialmente quando o extrato é administrado em altas doses.

Outrossim, o estudo nos mostra que a fruta possui potencial para ser um substituto saudável do açúcar nos alimentos ácidos, e com potencial uso para combater a hiperglicemia com a realização de novos estudos.

A fruta chama atenção dos pesquisadores por sua característica única e pelos compostos nela presentes, dando azo inclusive para que outros países promovam estudos quanto a sua segurança e ingresso no mercado alimentício e farmacêutico.

Condição da fruta nos Estados Unidos e na União Europeia

Tendo em vista o interesse nos benefícios da fruta do milagre por outros países, houve a tentativa de importação advinda de Taiwan para os Estados Unidos da América, em 2011. O FDA (Food & Drugs Administration) realizou na data de 25/03/2011 o "*Import Alert 45-07*" nomeado de "*Detention Without Physical Examination of Food Products Containing Illegal Undeclared Sweeteners*" com a justificativa de que são adoçantes ilegais não declarados vindos de Taiwan. Desde 2011 para os dias de hoje ainda não é permitida a entrada da fruta nos EUA.

Porém em contrapartida, na União Europeia (UE) foi realizado um estudo da segurança dos frutos secos da *Synsepalum dulcificum* como uma "*novel food*" ou NF (alimento novo) em termos das regulamentações (UE) 2015/2283. Estudo realizado a pedido das seguintes insti-

tuições: Comissão Europeia, a EFSA (European Food Safety Authority) e a NDA (Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens) no ano de 2021.

Após diversos testes realizados seguindo as metodologias estabelecidas nas orientações da EFESA sobre as aplicações em alimentos novos (EFSA, 2016) e os princípios descritos nos documentos de orientações relevantes do comitê Científico da EFSA, as disposições legais para a avaliação estabelecidas no Artigo 11 do Regulamento (UE) 2015/2283 e no artigo 7º. do Regulamento de Execução (UE) 2017/2469 da comissão, chegou-se a conclusão com os resultados obtidos de que o fruto seco da *Synsepalum dulcificum* é seguro para uso ou em suplementos alimentares na ingestão máxima de 0,7 g/dia para a população adulta em geral, com exceção de mulheres lactantes ou grávidas.

De acordo com a opinião científica do EFSA (2021), o documento ressalva sobre o uso da fruta nos Estados Unidos da América da seguinte maneira:

> "According to the applicant, miraculin does not have a GRAS status given by the FDA since it is considered to be a food additive and no application has been submitted for its authorization. Fruits can be cultivated and sold while falling under the remit of the USDA. Furthermore, the applicant has consulted with the US FDA adverse event reporting system (FAERS) public dashboard and did not find any entry related to miraculin or the raw material (fruits)." (EFESA, 2021)

Portanto, conclui-se que apesar do fruto não possuir o status de *Generally Recognized as Safe* (GRAS) pelo o *Food & Drugs Administration* dos Estados Unidos da América, a União Europeia a considera como uma *Novel Food* segura para o uso dentro de seus critérios e limitações estabelecidas pelo *European Food Safety Authority.*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstrou que a *Synsepalum dulcificum* possui inúmeras propriedades demonstradas nos estudos supracitados, como sua atividade antioxidante tanto no fruto como nas sementes e folhas, assim como os compostos fenólicos e os flavonoides além do seu potencial agente anti-hiperglicêmico.

Sua glicoproteína única, a miraculina, pode ser explorada para o uso industrial alimentício ou farmacêutico devido a sua propriedade de alterar a sensação de sabor do azedo para o doce por tempo limitado.

Apesar de não ter o status de GRAS (*Generally Recognized as Safe*) pela FDA, a EFSA a reconhece como um alimento seguro para uso dentro de seus limites de ingestão máxima.

Desse modo, pode-se dizer que a fruta do milagre ou *Synsepalum dulcificum* possui propriedades saudáveis, podendo trazer auxílio na prevenção de doenças ligadas aos radicais livres e diabetes, além de um possível substituto saudável para o açúcar.

REFERÊNCIAS

HADDAD, S. G.; MOHAMMAD, M.; RAAFAT, K.; SALEH, F. A. **Antihyperglycemic and hepato-protective properties of miracle fruit (Synsepalum dulcificum) compared to aspartame in alloxan-induced diabetic mice**. Journal of Integrative Medicine. V. 18, p. 514-521. 2020.

EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2016. **Guidance on the preparation and presentation of an application for authorization of a novel food in the context of Regulation (EU) 2015/2283.** EFSA Journal 2016;14(11):4594, 24 pp. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4594>. Acesso em: 14 de julho de 2021.

EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2017. **Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2469 of 20 December 2017 laying down administrative and scientific requirements for applications referred to in Article 10 of Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council on novel foods**. OJ L 351, 30.12.2017, pp. 64-71. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2017/2469/oj>. Acesso em: 14 de julho de 2021.

EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck D.; Castenmiller J.; De Henauw S.; Hirsch-Ernst KI.; Kearney J.; Maciuk A.; Mangelsdorf I.; McArdle HJ.; Naska A.; Pelaez C.; Pentieva K.; Siani A.; Thies F.; Tsabouri S.; Vinceti M.; Cubadda F.; Frenzel T.; Heinonen M.; Marchelli R.; Neuhauser-Berthold M.; Poulsen M,.;Maradona M. P.; Schlatter J. R.; van Loveren € H.; Matijevic L and Knutsen H. K. 2021. **Scientific Opinion on the safety of dried fruits of Synsepalum dulcificum as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283**. EFSA Journal 2021;19(6):6600, 22 pp. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6600>. Acesso em: 14 de julho de 2021.

FDA. Food & Drugs Administration. **Import Alert 45-07.** Disponível em: <https://www.accessdata.fda.gov/cms_ia/importalert_120.htm>. 2011. Acesso em: 14 de julho de 2021.

IDF. International Diabetes Federation. **Diabetes Atlas. 9th ed.** Brussels, Belgium: IDF 2019.

IDF. International Diabetes Federation. **Diabetes Atlas. 6th ed.** Brussels, Belgium: IDF 2013 INGLETT, G. E.; DOWLING, B.; ALBRECHT, J. J.; HOGLAN, F. A. **Taste Modifiers, Taste-Modifying Properties of Miracle Fruit (Synsepalum Dulcificum)**. P. 284-287. 1965. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf60139a026>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

INGLETT, G. E.; CHEN, D. **Contents of Phenolics and Flavonoids and Antioxidant Activities in Skin, Pulp, and Seed of Miracle Fruit**. Journal of Food Science. 2011.

IPNI. International Plant Names Index – ***Richardella dulcifica***. Disponível em: <https://www.ipni.org/n/789372-1>. Acesso em: 11 de julho de 2021.

KINGHORN, D. A.; CHIN, YOUNG-WON; PAN, LI. **Natural Products as Sweeteners and Sweetness Modifiers.** Comprehensive Natural Products II: Chemistry and Biology. V. 03 - Development & Modification of Bioactivity. P. 269. Estados Unidos. 2010.

MDS. Ministério do Desenvolvimento Social. **Brasil é o 4º maior consumidor do açúcar do mundo.** Brasil, 2016. Disponível em: <http://mds.gov.br/area-de- imprensa/noticias/2016/junho/brasil-e-o-4o-maior-consumidor-de-acucar-do-mundo>. Acesso em: 17 de julho de 2021.

MISAKA, TAKUMI. **Molecular mechanisms of the action of miraculin, a taste-modifying protein.** Seminars in Cell & Developmental Biology. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/semcdb>, 2013. Acesso em: 12 de julho de 2021.

OLABISI; CLEMENT; TOLULOPE; AMOS; KAYODE; OLAKUNLE; AKINWUNMI; JOHN; ALINE; LINDE. **High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Fingerprinting, Mineral Composition and In Vitro Antioxidant Activity of Methanol Leaf Extract of Synsepalum dulcificum (Sapotaceae).** 2017.

SWAMY, K. B.; HADI, S. A. D. B.; SEKARAN, M.; PICHIKA, M. R. **The Clinical Effects of *Synsepalum dulcificum:* A Review**. Journal of Medicinal Food, 2014.

THEERASILP, S.; HITOTSUYA, H.; NAKAJO, S.; NAKAYA, K.; NAKAMURA, Y.; KURIHARALL, Y. **Complete Amino Acid Sequence and Structure**

Characterization of the Taste-modifying Protein, Miraculin. The journal of biological chemistry. V. 264. EUA. 1988.

TURCK, D.; CASTENMILLER, J.; DE HENAUW, S.; HIRSCH- ERNST, K. I.; KEARNEY, J.; MACIUK, A.; MANGELSDORF, I.; MCARDLE, HARRY J.; NASKA, A.I; PELAEZ, C.; PENTIEVA, K.; SIANI, A.; THIES, F.; TSABOURI, S.; VINCETI, M.; CUBADDA, F.; FRENZEL, T.; HEINONEN, M.; MARCHELLI, R.; NEUHAUSER-BERTHOLD, M.; POULSEN, M.; PRIETO MARADONA, M.; SCHLATTER, JOSEF R.; VAN LOVEREN, H.; MATIJEVIC, L.; KNUTSEN, H. K. **Safety of dried fruits of Synsepalum dulcificum as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283.** EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

IMPACTOS DOS CONTAMINANTES DO MEL NA CADEIA PRODUTIVA

IMPACTS OF HONEY CONTAMINANTS ON THE PRODUCTION CHAIN

CABRAL, Daiana[1]; OLIVEIRA, Barbara Cristina[2]

[1,2]Mestrado de Ciência e Tecnologia dos Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Departamento de Alimentos, Rio de Janeiro – RJ. Contato: daiananutricao@hotmail.com

RESUMO

O mel é uma substância doce e natural, feito por abelhas Apis mellifera L., produzido em vários países em todo o mundo e reconhecido como um remédio natural. Dentre as diversas operações que compõem o sistema de produção do mel, algumas oferecem riscos à saúde do consumidor e a qualidade do produto, seja pela contaminação com resíduos de agrotóxicos, pela presença de microrganismos nocivos ou substâncias deteriorantes do mel. Este trabalho tem como objetivo ressaltar os principais contaminantes do mel, seus agravos na saúde da população e impactos na segurança dos alimentos. A introdução sistêmica de pesticidas pode ter consequências diretas para a saúde das abelhas e levar à contaminação dos alimentos que contêm mel. Os efeitos dos pesticidas na saúde humana são prejudiciais com base na toxicidade do produto químico, na duração e magnitude da exposição. Poucos estudos foram encontrados acerca dos limites aceitáveis para diferentes tipos de contaminantes do mel, estimulando a criação de novas políticas, normas e leis com parâmetros para estes contaminantes, que garantam a qualidade e segurança no consumo deste alimento.

Palavras-chave: Contaminantes, mel, boas práticas, apicultura.

ABSTRACT

Honey is a sweet and natural substance, made by Apis mellifera L. bees, produced in several countries around the world and recognized as a natural remedy. Among the various operations that make up the honey production system, some pose risks to the health of the consumer and the quality of the product, whether by contamination with pesticide residues, by the presence of harmful microorganisms or honey-deteriorating substances. This work aims to highlight the main honey contaminants, their health problems and impacts on food safety. The systemic introduction of pesticides can have direct consequences for the health of bees and lead to the contamination of honey-containing foods. The effects of pesticides on human health are harmful based on the toxicity of the chemical, the duration and magnitude of exposure. Few studies were found about the acceptable limits for different types of honey contaminants, stimulating the creation of new policies, norms and laws with parameters for these contaminants, which guarantee the quality and safety in the consumption of this food.

Keywords: Contaminants, honey, good practices, beekeeping.

INTRODUÇÃO

A legislação da União Europeia (2004) e o *Codex Alimentarius* (1981) definem que o mel é uma matéria doce e natural, produzido por abelhas *Apis mellifera* L. que utilizam o néctar de plantas, da secreção de partes vivas dos vegetais, ou excreções de insetos sugadores de plantas, que são coletados e transformados. O pH ácido estomacal, associado a atividade das enzimas invertase, diastase e amilase, contidas no trato intestinal das abelhas originam uma solução aquosa supersaturada composta de 80% de açúcares, predominando frutose e glicose, e em menor proporção: sacarose, maltose e outros açúcares complexos (Cornara et al., 2017). Além dessa mistura de açúcares, o mel é composto de ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, flavonoides, minerais e vários compostos orgânicos que contribuem para suas características organolépticas e nutricionais (Silva et al., 2008).

De acordo com dados divulgados no Caderno Setorial ETENE (Vital, 2019), o consumo *per capita* de mel no Brasil encontra-se entre os menores do mundo, em 2017 ficou em torno de 0,07 kg/pessoa/ano e em países como a Alemanha é maior que 1 kg/pessoa/ano e nos Estados Unidos, que é o maior importador do mel brasileiro, gira em torno de 0,6 kg/pessoa/ano. Grande parte da população brasileira utiliza o mel como um medicamento, o que resulta no baixo consumo deste produto no país, assim o produtor precisa comercializar sua produção no mercado internacional. O consumidor brasileiro de mel possui poder aquisitivo mais elevado e são exigentes quanto a padrões de higiene, valores nutricionais e praticidade.

O mel de abelhas é produzido em vários países, e é considerado tanto um remédio natural como um alimento energético devido a suas propriedades funcionais, valor nutricional e pelas suas atividades biológicas, fisiológicas e farmacológicas. Seus componentes que trazem benefícios à saúde humana incluem os ácidos fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico, proteínas, carotenoides e algumas enzimas, como glicose oxidase e catalase. Entre suas propriedades biológicas ressalta-se sua atividade anti-inflamatória, cicatrizante, gastro e cardioprotetora, antidiabética, antioxidante, antibacteriana e antitumoral (Pasupuleti et al., 2017).

Mesmo contendo uma série de compostos inibitórios, alguns microrganismos podem sobreviver no mel, pelo menos em suas formas latentes. Diversas espécies microbianas têm sido mencionadas no mel de diversas parte do mundo em concentrações que podem variar de centenas a milhares de unidades formadoras de colônias por grama (UFCs/g) (Tysset & Durand 1991; Snowdon & Cliver, 1996; Iurlina & Fritz, 2005), incluindo formas esporuladas de *Bacillus* (Farris et al., 1986).

O botulismo é uma doença provocada pela ação de uma toxina produzida pelo *Clostridium botulinum*, geralmente associada à ingestão de alimentos contendo a toxina pré-formada. Caracteriza-se como uma doença grave, de evolução aguda, e que acarreta variações digestivas e neurológicas, podendo levar a falência respiratória seguida de óbito. O *Clostridium botulinum* é uma bactéria gram-positiva, esporulada e encontra-se facilmente em diversos

ambientes, como solo, água, mel, pólen, legumes frescos e especiarias, progredindo bem em ambientes com ausência de oxigênio e com atividade de água aumentada (Córdova et al., 2008; Vugia et al., 2009).

Botulismo alimentar ocorre através do consumo da toxina pré-formada e os outros tipos são decorrentes da infecção, propagação e produção de toxinas em feridas ou no trato gastrointestinal (Barboza et al., 2011). O alto índice de mortalidade está relacionado com diagnóstico clínico tardio e a insuficiência respiratória. O botulismo, ainda é pouco notificado e também confundido com outras doenças (Rowlands et al., 2010).

A doença pode ser evitada com o controle da produção até os cuidados no consumo do alimento (Jalda et al., 2016; São Paulo, 2002). As conservas realizadas de forma doméstica oferecem um maior risco para a ocorrência das toxinas do *C. botulinum*, em decorrência do manuseio inadequado na elaboração dos alimentos e ausência de oxigênio, visto que são acondicionados em recipientes hermeticamente fechados (Parrilli, 2008). O consumo de alimentos, principalmente produtos artesanais elaborados sem o correto tratamento, contendo a toxina pré-formada pelo *Clostridium botulinum,* resulta em uma das principais doenças de origem alimentar (Juliano & Cardoso, 2014).

Entretanto, o botulismo infantil está associado à absorção da toxina produzida *in vivo* no intestino da criança (Ragazani et al., 2008). Trata-se de uma doença relacionada à Síndrome de Morte Súbita do Recém-Nascido em virtude da ingestão de mel contendo esporos botulínicos, o qual é germinado no intestino grosso e produz a toxina *in vivo* (Jalda et al., 2006). A variação da toxina e o volume de esporos ingeridos pela criança estabelecem a gravidade do quadro clínico, à imaturidade da microbiota intestinal permite a germinação dos esporos de *C. botulinum*, multiplicação e produção de neurotoxina botulínica no intestino infantil, necessitando evitar o consumo de mel no primeiro ano de vida (Córdova et al., 2008).

Entre as variadas operações que contribuem para o sistema de produção do mel, algumas fornecem riscos à saúde do consumidor e a qualidade do produto, seja pela contaminação com resíduos de agrotóxicos, pela existência de microrganismos nocivos ou substâncias deteriorantes do mel (SEBRAE, 2009). Nesse sentido, este trabalho visa apresentar os principais contaminantes do mel, seus impactos na qualidade do produto e na saúde do consumidor.

TIPOS DE CONTAMINAÇÃO

As abelhas executam uma função essencial como polinizadores, o que tem sido afetado pelo uso excessivo de agrotóxicos. Os agrotóxicos estão inseridos em quase todas as culturas, podendo afetar diretamente os produtos da apicultura (abelhas, mel, pólen, cera de abelha). Sua utilização tem resultados negativos na segurança alimentar do mel e também para as abelhas, causando problemas na alimentação, aprendizagem e desempenho da memória, diminuição da população e reprodução (Hladik et al., 2016; Klein et al., 2017).

A União Europeia e o *Codex Alimentarius* regulamentaram os limites máximos de resíduos (MRLs) para pesticidas em produtos vegetais e outras matrizes, como o mel. Recentemente os neonicotinoides têm se mostrado em evidência devido ao seu amplo uso e sua persistência no meio ambiente, favorecendo seu contato com as abelhas (Williams et al., 2015). De acordo com um estudo publicado por cientistas da Imperial College London, do Reino Unido, as abelhas estão desenvolvendo vício por neonicotinoides, substância química, semelhável à nicotina do cigarro, levando-as à morte, mediante esse risco, a utilização de alguns desses compostos está suspenso na União Europeia. No Brasil, lamentavelmente, esses compostos químicos ainda são pulverizados em larga escala nas lavouras (Greenpeace, 2018).

Antes da colheita, origens primárias de contágio microbiano no mel como no pólen, aparelho digestivo das abelhas, pó, ar, solo e néctar requer procedimentos de controle complexos. As fontes secundárias (posterior a colheita), como o manuseio, contaminação cruzada, maquinários, utensílios e instalações; além de técnicas de manuseio inapropriadas, uso de materiais mal higienizados, locais inadequados pela incidência do vento, existência de insetos e animais domésticos, também são possíveis contaminantes do mel (Silva et al., 2008).

Contaminação química

Os perigos químicos que se destacam na produção do mel estão relacionados ao tratamento das abelhas com fármacos, na produção no campo e nas possíveis contaminações decorrentes de resíduos químicos dos produtos de higienização de utensílios e equipamentos nas casas do mel. Também pela contaminação por defensivos agrícolas e seus constituintes físicos como areia, fragmentos da vegetação, farpas de madeiras, dentre outros (SEBRAE, 2009).

Metais pesados

O ar e o solo possuem metais pesados como o cádmio, chumbo, níquel e mercúrio provenientes das indústrias, da queima de combustíveis fósseis, de incineradoras, dos motores dos carros e do uso de fertilizantes que podem afetar o ambiente, conduzidos ao solo para as plantas contaminando o néctar.

Não há um limite de quantificação determinado pelo Programa de Controle de Resíduos em Mel (PCRM), mas há um limite máximo de resíduo (LMR) que pode ser verificado através da espectrofotometria de absorção atômica (Brasil, 1999). Em alguns estudos já foram encontradas quantidades significativas de níquel e mercúrio, além de cádmio e chumbo (Almeida, 2010).

Pesticidas

Os pesticidas são utilizados no controle de pragas, porém sua aplicação não é controlada e muitas vezes é feita sem protocolos aprovados, podendo causar contaminação do meio ambiente, de espécies animais e de seres humanos. Os resíduos de pesticidas incluem acaricidas, ácidos orgânicos, inseticidas, fungicidas, herbicidas e bactericidas e não há um LMR es-

tabelecido pelo *Codex Standart for Honey* (Codex Alimentarius Comission, 2001), criando assim um obstáculo para estimar a contaminação do mel com pesticidas e a precisão dos possíveis danos à saúde humana.

A inserção sistêmica de pesticidas no néctar e no pólen pode ter efeitos diretos na saúde das abelhas e, em última análise, levar à contaminação dos alimentos que contêm mel por pesticidas. Os danos causados pelos pesticidas na saúde humana, baseia-se na toxicidade do produto químico e na duração e magnitude da exposição, uma vez que são bioacumulados (Lorenz, 2009). Pesticidas como o diclorodifeniltricloroetano (DDT), clordano, dieldrin, endrin e toxafeno são considerados poluentes orgânicos persistentes (POPs) e podem comprometer o sistema endócrino, reprodutor e imunológico, além de causarem alterações genéticas, tumores, distúrbios nervosos, coma ou até mesmo a morte (Al-Waili et al., 2012).

Antibióticos

Os apicultores usam doses altas de antibióticos como agentes terapêuticos para o tratamento clínico de infecções (doenças bacterianas da criação) e costumam administrar doses subterapêuticas de antibióticos em abelhas como “promotores de crescimento”. Com a utilização de antibióticos, a apicultura exige um quantitativo menor de mão de obra e se torna mais lucrativa (Sapna et al., 2010).

Os resíduos de antibióticos no mel refletem um perigo para a saúde dos consumidores, favorecendo reações alérgicas, choques anafiláticos em indivíduos susceptíveis, modificação da flora intestinal, desenvolvimento de resistência bacteriana e a transferência de multirresistência entre bactérias através de plasmídeos (Belas, 2012).

Entretanto, não há padrões de LMR de antibióticos no mel estabelecidos pelo PCRM no Brasil e nem pelo *Codex Alimentarius* para mel (Codex Alimentarius, 1981; Codex Alimentarius Comission, 2001), e apesar de tetraciclinas e sulfonamidas estarem relacionados como possíveis antibióticos presentes no mel, não há registros de méis contaminados com antibióticos no país (Moura, 2010).

Contaminação microbiológica

A contaminação microbiológica pode ser veiculada pela microbiota da própria abelha, como também por microrganismos que podem ser adicionados no mel pela falta de higiene na extração ou no seu processamento (Lieven et al., 2009).

Fungos, leveduras e bactérias formadoras de esporos podem estar presentes no produto final. Os bolores mais observados/isolados no mel fazem parte dos gêneros *Penicillium*, *Mucor* e *Aspergillus*, e configuram perigo já que geram metabólitos tóxicos. Esses microrganismos podem sobreviver, mas não se multiplicam no mel, por isso contagens elevadas, nomeadamente, de estirpes de *Bettsya alvei*, *Acosphaera apis* e *Acosphaera major,* podem apontar para uma contaminação recente pelo ambiente de captação do mel, colmeia ou maquinário

de processamento (Snowdon e Cliver, 1996).

A existência de leveduras osmofílicas (tolerantes ao açúcar), indicam um problema, pois são responsáveis pela fermentação em mel granulado, com excessivo teor de umidade, cinzas e compostos nitrogenados, tornando inviável o consumo do produto. O gênero *Saccharomyces* é o mais encontrado em mel e já foram localizadas espécies como *Zygosaccharomyces rouxii* e *Saccharomyces norbensis* (Gomes, 2009).

Os esporos de bactérias mais identificados nesse produto, pertencem aos gêneros *Bacillus* e *Clostridium*. Dentre os esporos do gênero *Bacillus*, os predominantes são *B. cereus*, *B. coagulans, B. megaterium* e *B. alvei*. Em estudo realizado em 433 amostras de mel da Argentina, 27% apresentaram *Bacillus cereus* e 14% *Bacillus* spp. Os resultados demonstraram uma grande diversidade entre os isolados. Isso poderia estar relacionado com diversos tipos de contaminação bacteriana (Góis et al., 2013). A ocorrência de esporos de *Clostridium botulinum* no mel tem sido estudada, pois são frequentemente relacionados com a incidência de botulismo infantil (Almeida, 2010).

BOTULISMO INFANTIL: O MEL COMO PRINCIPAL FONTE DE INFECÇÃO

O botulismo é uma doença neuroparalítica grave, não contagiosa, decorrente da ação de toxinas, em especial a toxina botulínica, desenvolvida pela bactéria *Clostridium botulinum*, caracterizando-se por manifestações neurológicas e/ou gastrointestinais (Brasil, 2014).

Os efeitos das toxinas atacam principalmente os nervos periféricos, os quais têm a acetilcolina como mediador, e uma vez que as toxinas se conectam a membrana nervosa, impossibilitam a liberação de acetilcolina, causando a paralisia flácida. O dano causado na membrana pré-sináptica é contínuo, sendo a recuperação dependente de novas terminações neuromusculares, por isso a recuperação clínica é prolongada podendo variar de 1 a 12 meses (Zatti, 2013).

O botulismo infantil é o estado mais comum de botulismo humano (Bianco et al., 2009) associada frequentemente ao consumo de mel contaminado por esporos do *Clostridium botulinum*, presentes no pólen coletado pelas abelhas (Derman et al., 2014).

A exposição ao mel tem sido implicada como um fator de risco significativo para o botulismo infantil. Estimativas indicam que até 15% do mel consumido no mundo esteja contaminado com esporos do *Clostridium botulinum* (Pereira et al., 2007). De acordo com Fenicia e Anniballi (2009), até o período de 2009, todos os continentes, menos a África, divulgaram casos de botulismo infantil. Segundo os mesmos autores, os esporos de *Clostridium* estão disponíveis no ambiente, habitualmente presente no solo, insumos agrícolas e poeira doméstica. Dessa maneira, bebês expostos sistematicamente inalam esses esporos, veiculados por partículas microscópicas de poeira.

Embora a poeira minúscula do ambiente seja fonte rica de esporos desse microrganis-

mo, o mel permanece sendo o único alimento atestado e associado ao botulismo infantil. A uniformização dos rótulos das embalagens de méis, comunicando sobre o risco da ingestão deste por crianças menores de um ano, colabora com a prevenção da doença. A percepção dessa doença entre os atores de saúde deve ser uma prioridade, visto que possibilita um diagnóstico ágil e tratamento adequado, aprimorando a notificação e atenuando possíveis surtos (Hernández et al., 2014).

MEL TÓXICO

O mel desenvolvido a partir das flores de certas plantas pode levar a intoxicação com diversos sintomas, como tontura, fraqueza, suor, náusea, vômito, hipotensão, choque e arritmia e morte, pois algumas substâncias são tóxicas para os humanos, mas não são tóxicas para as abelhas (Adrienne, 1995).

Em um mercado cada vez mais multinacionalizado, é essencial a busca de critérios de segurança e qualidade, reconhecidos internacionalmente, que estimulem o uso de boas práticas agrícolas, de controle de qualidade e do ambiente (SEBRAE, 2009).

Cresce a preocupação com a manutenção da qualidade do mel desenvolvido no Brasil, bem como o estudo da variação das características utilizadas como indicadoras de qualidade. Por isso, torna-se importante identificar e mensurar o comportamento de parâmetros indicadores de qualidade em todas as etapas do processo produtivo, copilando dados que possam reduzir a deterioração e, assim prolongar a vida de prateleira dos méis (Moura, 2010).

CONCLUSÃO

A apicultura é uma atividade em ascensão, sendo necessário o controle e fiscalização efetiva no cumprimento de normas de higiene indispensáveis para a produção e comercialização adequada do mel.

O mel, como qualquer alimento, também está sujeito a vários tipos de contaminações e adulterações. Os mercados estão repletos de méis sem rótulos e adulterados, sua ingestão sem conhecer sua origem, qualidade e segurança pode acarretar riscos significativos à saúde. Poucos estudos foram encontrados acerca dos limites aceitáveis para diferentes tipos de contaminantes do mel, demonstrando a necessidade de criação de novas políticas, normas e leis com parâmetros para estes contaminantes, que garantam a qualidade e segurança no consumo deste alimento.

REFERÊNCIAS

ADRIENNE, M. **Mad honey, toxic mel in history, Archaeology**, v .48, p. 6, 1995.

ALMEIDA, C. M. V. B. **Detecção de contaminantes no mel.** (Dissertação). Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

AL-WAILI, N.; SALOM, K.; AL-GHAMDI, A.; ANSARI, Mj. Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: human health hazards. **The Scientific World Journal.** p. 9, 2012.

BARBOZA, M. M. O.; SANTOS, N. F.; SOUZA, O. V. Surto familiar de botulismo no Estado do Ceará: relato de caso. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop*., 44, 3, 400- 2. 2011 Disponível em: **<www.dx.doi.org/10.1590/S0037-86822011000300030>**. PMid:21779684.

BELAS, A. J. I. **Resíduos de medicamentos veterinários em mel.** (Dissertação). Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. 2012.

BIANCO, M. I.; LÚQUEZ, C. J. L.; FERNÁNDEZ, R. A. Linden flower (Tilia spp.) as potential vehicle of Clostridium botulinum spores in the transmission of infant botulism. **Rev. Argent. Microbiol.**, 41, 4, 232-6. PMid:20085187. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 42, de 20 de dezembro de 1999. Plano Nacional de Resíduos em produtos de origem animal.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 1999. Disponível em: < www.gov.br>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Guia de Vigilância em Saúde. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 812. 2014. Disponível em: **<www.saude.mg.gov.br>.**

CODEX ALIMENTARIUS. International Food Standards for honey, CXS 12-1981. 1981 Disponível em: **< www.fao.org>.**

CODEX ALIMENTARIUS COMISSION – CAC. Revised Codex Standard for Honey, Rev. 2. 2001. Disponível em: **< www.fao.org>.**

CÓRDOVA, G. L.; ESCOBAR, R. H.; PERREL, C. P.; CASTILLO, A. M.; CARRASCO, J. A. O.; RODRÍGUEZ, J. I. 2008. Botulismo infantil: comunicación de un caso y revisión del tema. Rev. Chil. Pediatr., 79, 4, 409-14. 2008 Disponível em: **<www.dx.doi.org/10.4067/S0370410620080004>.**

CORNARA, L.; BIAGI, M.; XIAO, J. & BURLANDO, B. Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. Front. **Pharmacol.**, 8, 412. 2017 doi: 10.3389/fphar.2017.00412.

DERMAN, Y.; KORKEALA, H.; SALO, E.; LÖNNQVIST, T.; SAXEN, H.; LINDSTRÖM, M. Infant botulism with prolonged faecal excretion of botulinum neurotoxin and Clostridium botulinum for 7 months. **Epidemiol Infect**., 142, 2, 335-9. 2014. Disponível em: **<www.dx.doi. Org/10.1017/S0950268813001258>**. PMid:23688392.

FARRIS, G. A.; FATICHENTI, F.; DEINA, P.; AGOSTINI, F. Aerobic and anaerobic sporeforming bacteria in sardinian honey. **Annali della facoltà di Agraria dell'Università di Sassari**, 32, 173 -179. 1986.

FENICIA, L.; ANNIBALLI, F. Infant botulism. **Ann Ist Super Sanita**., 45, 2, 134-46. PMid:19636165. 2009.

GÓIS, G. C.; RODRIGUES, A. E.; LIMA, C. A. B.; SILVA, L. T. Composição do mel de *Apis mellifera*: Requisitos de qualidade. **Acta Veterinária Brasília**, 7, 2, 137-147. 2013.

GOMES, S. P. M. **Caracterização e avaliação biológica de méis comerciais.** (Dissertação). Bragança: Escola Superior Agrária de Bragança. 2009.

GREENPEACE. S.O.S., as abelhas pedem socorro. 2018 Disponível em: **<www.greenpeace.org/brasil/blog/s-o-s-as-abelhas-pedem-socorro>.**

HERNÁNDEZ, M. M.; ROJAS-SOLANO, M.; GUTIERREZ-MATA, A.; HERNÁNDEZ-CON, L., Ulloa-Gutierrez, R. Infant botulism in Costa Rica: first report from Central America. **J Infect Dev Ctries**., 8, 1, 123-5. PMid:24423723. 2014.

HLADIK, M. L.; VANDEVER, M.; SMALLING, K. l. Exposição de abelhas nativas forrageando em uma paisagem agrícola aos pesticidas de uso atual. Sci. **Total Environ**, 542, 469-477. 2016.

IURLINA, M. O. & FRITZ, R. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. Int. **J. Food Microbiol**., 105, 297-304. 2005.

JALDA, S. D.; JUNCO, G. A.; ÁLVAREZ, M. M.; RODERO, G. I.; CARNEADO, R. J. Microepidemia familiar de botulismo alimentario en la Comunidad de Madrid. Rev Neurol., 63, 1, 28-32. 2006. Disponível em: **<www.dx.doi.org/10.33588/rn.6301.2016081>.** PMid:27345277.

JULIANO, J. A. F. & CARDOSO, A. M. Clostridium botulinum e suas toxinas: uma reflexão sobre os aspectos relacionados ao botulismo de origem alimentar. **Rev. Est**., 41, 3, 657-70. 2014.

KLEIN, S.; CABIROL, A.; DEVAUD, J. M.; BARRON, A.; LIHOREAU, M. Por que as abelhas são tão vulneráveis aos estressores ambientais? **Trends Ecol. Evol**., 32, 268-278. 2017.

LIEVEN, M.; CORREIA, K. R.; FLOR, T. L.; FORTUNA, J. L. Avaliação da qualidade microbiológica do mel comercializado no extremo sul da Bahia. **Revista Baiana de Saúde Pública**, 33, 4, 544-552. 2009.
LORENZ, E. Potential health effects of pesticides, **Ag Communications and Marketing**, 1-8. 2009.

MOURA, S. G. **Boas práticas apícolas e a qualidade do mel das abelhas *Apis mellifera Linnaeus***, 1758. (Tese). Piauí: Universidade Federal do Piauí. 2010.

PARRILLI, C. C. **Clostridium botulinum em alimentos** (trabalho de conclusão de curso). São Paulo (SP): Faculdades Metropolitanas Unidas. 2008.

PASUPULETI, V. R.; SAMMUGAM, L.; RAMESH, N.; GAN, Sh. **Honey, Propolis, and Royal Jelly: A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits.** 2017.

PEREIRA, F. M.; CAMARGO, R. C. R.; Lopes, M. T. R. Contaminação do mel por presença de *Clostridium botulinum*. **Teresina: Embrapa Meia-Norte**, 17.2007.

RAGAZANI, A. V. F.; SCHOKEN-ITURRINO, R. P.; GARCIA, G. R.; DELFINO, T. P. C.; POIATTI, M. L.; BERCHIELLI. S. P. Esporos de *Clostridium botulinum* em mel comercializado no Estado de São Paulo e em outros Estados brasileiros. Cienc Rural., 38, 2, 396-9. 2008 Disponível em: **<www.dx.doi.org/10.1590/S0103- 84782008000200016>.**

ROWLANDS, R. E. G.; RISTORI, C. A.; LOPES, G. I. S. L.; PAULA, A. M. R.; SAKUMA, H.; GRIGALIUNAS, R. et al. Botulism in Brazil, 2000-2008: epidemiology, clinical findings and laboratorial diagnosis. Rev Inst Med Trop., 52, 4, 183- 6.2010. Disponível em: **<www.dx.doi.org/10.1590/ S0036-46652010000400003>.** PMid:21748224.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde. Botulismo. Orientações para pacientes e familiares. Divisão de doenças de transmissão hídrica e alimentar. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde. 2002. Disponível em: **< www.cve.saude.sp.gov>.**

SAPNA, J.; NIMISHA, J. Antibiotic Residues in Honey. 2010. Disponível em: **<www.cdn.cseindia.org/userfiles/Antiboitics_Honey.pdf>.**

SEBRAE. Manual de Segurança e Qualidade para Apicultura. Brasília: SEBRAE/NA, 86. 2009. Disponível em: **<www.bibliotecas.sebrae.com.br>.**

SILVA, M. B. L.; CHAVES, J. B. P.; MESSAGE, D.; GOMES, J. C.; GONÇALVES, M. M.; OLIVEIRA, G. L. Qualidade microbiológica de méis produzidos por pequenos apicultores de méis de entrepostos registrados no serviço de inspeção federal no estado de Minas Gerais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, 19, 4, 417-420. 2008.

SNOWDON, J. A. & CLIVER, D. O. Microorganisms in honey, Review article, International **Journal of Food Microbiology**, 31, 1-26. 1996.

TYSSET, C.; & Durand, C. R. L. R. Contribuição para o Estudo da Infecção Microbiana Intestinal de Abelhas Saudáveis: Inventário da População Bacteriana por Organismos Negativos, **Departamento de Agricultura, SEA-AR, Centros de Pesquisa da Região Oriental, Filadélfia, EUA.** 1991.

UNIÃO EUROPEIA. Decreto Legislativo nº 179, de 21 de maio de 2004. Dispõe sobre a "Attuazione della direttiva 2001/110/CE concernente la produzione e la commercializzazione del miele". 2004. Disponível em: **<www.camera.it>.**

VITAL, M. F.Evolução da produção de mel na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial** ETENE 62, 4. 2019.

VUGIA, D. J.; MASE, S. R.; COLE, B.; STILES, J.; ROSENBERG J.; VELASQUEZ, L. 2009. Botulism from Drinking Pruno. Emerg Infect Dis., 15, 1, 69-71. 2009. Disponível em: **<www.dx.doi.org/10.3201/eid1501.081024>.**

WILLIAMS, G.; TROXLER, A.; RETSCHNIG, G.; ROTH, K.; YAÑEZ, O.; SHUTLER; D.; NEUMANN, P.; GAUTHIER, L. 2015. Neonicotinoid. Pesticidas Afetam Severamente As Rainhas Das Abelhas. **Sci. Rep**., 5, 14621. 2015.

ZATTI, C. A. Botulismo: conhecendo os casos brasileiros notificados entre 2007 a 2013. **Revista Contexto & Saúde**, 13, 24/25, 21-26. 2013.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

INGREDIENTES DA BIODIVERSIDADE BRASILEIRA COM POTENCIAL PARA USO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

INGREDIENTS OF BRAZILIAN BIODIVERSITY WITH POTENTIAL FOR USE IN THE DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS

VIEIRA, Julia de Moraes[1]*; PAGNUSSATT, Fernanda Arnhold[2]

[1]Especialização em Segurança e Qualidade de Alimentos/Universidade Federal do Rio Grande – FURG; [2]Escola de Química de Alimentos/FURG. *Contato: demoraes.jv@gmail.com

RESUMO

A indústria de alimentos encontra nos ingredientes obtidos a partir da biodiversidade brasileira um grande potencial de inovação e soluções para o desenvolvimento de produtos alimentícios. Ações colaborativas de instituições de pesquisa, órgãos governamentais e não governamentais, além de empresas, atuam para que a cadeia produtiva de espécies nativas se torne viável e sustentável nos aspectos ambiental, econômico e social. O objetivo desta revisão bibliográfica e documental foi identificar matérias-primas de biomas brasileiros que possuem potencial econômico e tecnológico para serem utilizadas como ingredientes. Foram identificadas nove espécies vegetais que apresentam potencial socioeconômico e tecnológico, encontradas nos biomas da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. As formas mais comuns de uso dos produtos nativos apresentados são: *in natura*, farinha e óleo. A incorporação de processos tecnológicos na obtenção de ingredientes é essencial para que o desenvolvimento de produtos seja realizado de forma a atender as demandas do mercado.

Palavras-chave: Biodiversidade, ingredientes, produtos alimentícios, saudabilidade, sustentabilidade.

ABSTRACT

The food industry finds in ingredients obtained from Brazilian biodiversity a great potential for innovation and solutions for the development of food products. Collaborative actions of research institutions, governmental and non-governmental organizations, as well as companies, work so that the production chain of native species becomes viable and sustainable in the environmental, economic and social aspects. This bibliographical and documentary review aims to identify raw materials from Brazilian biomes that have economic and technological potential to be used as ingredients. Nine plant species, found in the Amazon, Cerrado and Atlantic Forest biomes, with socioeconomic and technological potential were identified. The most common ways of using the native products presented are: in natura, flour and oil. Technological processes in obtaining ingredients are essential so that the product development meets market demands.

Keywords: Biodiversity, ingredients, food products, health, sustainability.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do mundo, estima-se que existam cerca de 1,8 milhão de espécies, 20% do total existente no planeta. Além de seu amplo território, abriga seis biomas diferentes: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa (BRASIL, 2016c). Entretanto, a utilização dessas espécies não é priorizada e está aquém de seu potencial, tendo em vista os benefícios ambientais e sociais que seu emprego em escala industrial poderia trazer à população brasileira (BRASIL, 2018).

A indústria de alimentos e bebidas é o setor que melhor aproveita a biodiversidade. Por outro lado, este fato está relacionado à menor exigência tecnológica e de infraestrutura em comparação com outros setores, como o farmacêutico. A exploração dos recursos da biodiversidade depende de várias formas de investimento, que envolvem empresas, institutos de pesquisa, órgãos governamentais e não governamentais (DINIZ et al., 2017). A falta de conhecimento em relação ao potencial nutricional, tecnológico e econômico das espécies é a principal barreira para a exploração sustentável (BRASIL, 2016a).

O objetivo deste trabalho foi identificar matérias-primas de biomas brasileiros que possuem potencial econômico e tecnológico para serem utilizadas como ingredientes no desenvolvimento de produtos alimentícios.

METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando a ferramenta Google Scholar, além de uma revisão documental de materiais publicados por empresas, instituições e órgãos governamentais definindo os critérios de busca a partir das palavras-chave: “potencial econômico” e “biodiversidade brasileira” para identificar ingredientes que apresentassem potencial de uso.

DESENVOLVIMENTO

A matéria-prima alimentar é a substância em estado bruto, que para ser utilizada como alimento, precisa sofrer algum tratamento ou transformação (BRASIL, 2003). Segundo definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os ingredientes são substâncias empregadas na fabricação de alimentos, incluindo os aditivos alimentares, que fazem parte do produto final em sua forma original ou modificada (BRASIL, 2002). Os ingredientes podem ser substâncias isoladas, misturas complexas, ingredientes inteiros (como carne, frutas e sementes), polímeros, aditivos, coadjuvantes e nano-materiais. Podem ser, ainda, derivados de materiais inorgânicos (por exemplo, minerais), fontes vegetais (como extratos) e animais (ANVISA, 2020). Dentre as categorias de ingredientes, é possível citar os aromas, edulcorantes, corantes, agentes de textura e estrutura, conservantes, antioxidantes, acidulantes, reguladores de acidez, vitaminas, minerais, frutas e vegetais, carnes e pescado, laticínios, óleos, gorduras e ovos (ITAL, 2014).

No Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, há um grande número de espécies vegetais nativas com potencial para uso como ingrediente alimentar que subsidiado pela pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) consolidam sua saudabilidade e promovem a inclusão produtiva e o aumento de renda (EMBRAPA, 2021).

Identificação de ingredientes de biomas brasileiros com potencial econômico e tecnológico

Das espécies da flora brasileira, apenas o abacaxi, amendoim, cacau, caju, goiaba, guaraná, mandioca e maracujá são domesticados e possuem cadeias de produção definidas (CORADIN; CAMILLO, 2016). Um dos maiores desafios científicos e tecnológicos, segundo a Embrapa, é prospectar na biodiversidade brasileira produtos com alto valor agregado e que possuem diferenciais para exploração no mercado. Desta forma, são necessárias bases técnicas para identificar e apresentar características nutricionais e funcionais dos ingredientes (BRASIL, 2021c). Os investimentos em pesquisas devem abranger desde a obtenção até métodos de conservação e utilização, com destaque para técnicas de manejo das espécies, visto que o volume suficiente de matéria-prima e exploração sustentável são essenciais para que a cadeia produtiva seja viável (CNI, 2016).

Alguns projetos visam contribuir com a exploração sustentável da biodiversidade por meio da garantia de viabilidade econômica, por exemplo, a Política de Garantia de Preços Mínimos para os Produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio), que visa garantir um preço mínimo de venda aos extrativistas que contribuem para a conservação dos biomas de suas regiões. Esta política é válida para 17 produtos nativos, dentre eles: açaí, babaçu, baru, buriti, cacau extrativo, castanha-do-Brasil, carnaúba, juçara, macaúba, mangaba, pequi, pinhão, pirarucu de manejo e umbu (BRASIL, 2021a).

Um dos primeiros passos para inserir ingredientes da biodiversidade brasileira no mercado e viabilizar o uso deles no desenvolvimento de produtos é identificar gargalos e oportunidades na cadeia de produção para encontrar soluções. Muitos projetos realizam este trabalho por meio de pesquisas e mapeamentos, gerando dados sobre o potencial dos ingredientes. O projeto “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: plantas para o Futuro” possui três livros publicados, de uma série de cinco, em que foram identificadas 60 espécies de plantas classificadas como alimentícias e 21 classificadas como aromáticas e que possuem potencial para o cultivo sustentável. Este projeto é do Ministério do Meio Ambiente em conjunto com outras instituições, como a Embrapa, o MAPA e a FAO, e faz parte do projeto “Biodiversidade para alimentação e nutrição” (BFN). Os materiais utilizados são referentes às regiões nordeste, centro-oeste e sul e que incluem espécies nativas como murici, jatobá e maracujá-do-Cerrado que atenderam a critérios de seleção como abundância, mercado atual e nível tecnológico de manejo e beneficiamento. Em outro estudo, publicado em 2019, desenvolvido por pesquisadores da Unifesp e que, também, faz parte

do projeto BNF, foram identificados nove frutos com alto potencial tecnológico e nutricional, dentre eles a pitanga e o jenipapo.

O projeto ArticulaFito - Cadeias de Valor em Plantas Medicinais, iniciativa do MAPA e da Fiocruz, identificou plantas para uso medicinal, cosmético e alimentício de biomas brasileiros com potencial de inserção no mercado (BRASIL, 2021b). O estudo foi iniciado com um levantamento prévio de plantas comercializadas em algumas regiões do Brasil, onde uma pré-seleção foi realizada a partir de critérios econômicos, sociais e legais, para que, posteriormente, fosse possível mapear as cadeias de valor. Neste estudo, das dezenas de plantas identificadas no levantamento inicial, foram mapeadas 26 com potencial de mercado. A semente de sucupira, o babaçu e o jambu estão entre as plantas listadas.

Em um estudo realizado pelo *The Good Food Institute* (2021), foram mapeados e identificados seis produtos do extrativismo vegetal dos biomas da Amazônia e do Cerrado com maior potencial tecnológico e econômico para se transformarem em ingredientes para a indústria. Além disso, um evento promovido pela Embrapa, dirigido ao setor agroindustrial e que tratou do tema "Alimentos dos biomas do Brasil", identificou mais oito espécies vegetais, abordando seu potencial tecnológico e a sustentabilidade ambiental e socioeconômica (BRASIL, 2016). Entre as espécies vegetais identificadas nessas pesquisas estão o baru, o cupuaçu, o cambuci e o pinhão, semente da araucária.

Outro documento que contribui para a identificação de produtos da biodiversidade brasileira que possuem potencial socioeconômico foi o mapeamento de negócios comunitários sustentáveis e que foi elaborado como parte de um projeto da organização Conexsus. Este estudo busca contribuir para o desenvolvimento desses negócios e fornecer informações sobre produtores e abrangência de mercado de alguns produtos nativos (CONEXSUS, 2021). Foram identificados, a partir dos dados, mais de 150 produtos que são de origem brasileira e possuem acesso ao mercado.

Um estudo sobre o uso econômico da biodiversidade em cinco estados do Brasil (Amazonas, Bahia, Goiás, Minas Gerais e Paraná) foi conduzido para avaliar a importância econômica e o potencial dos produtos nativos por meio de dados de valor bruto de produção, faturamento de mercado, exportação, entre outros. Foi possível identificar 15 produtos considerados com potencial de crescimento que fazem parte da biodiversidade brasileira, dentre eles o umbu e a mangaba (CNI, 2016).

A exploração de muitos desses produtos ainda é extrativista, como o caso do palmito, da castanha-do-Brasil, do buriti e do babaçu, reafirmando a necessidade de investimento tecnológico nessas cadeias produtivas. Um grande obstáculo do ponto de vista sociocultural que envolve toda essa cadeia produtiva é que a renda do produtor não necessariamente cresce com uma oferta, mesmo que regular e em maior escala durante o beneficiamento. Seria necessária a capacitação técnica das comunidades para incorporar inovações, pois mesmo

quando estas existem, não há capacidade adequada para se apropriar delas. Logo, não há um ganho real de produtividade que possibilite ampliar a distribuição e agregar valor ao produto, com destaque para o segmento dos nutracêuticos, que acaba se reduzindo a uma escala local de consumo (DINIZ et al., 2017).

No Quadro 01, foram listadas nove espécies que apareceram com grande recorrência nos materiais revisados, dando prioridade para aquelas que passaram por seleções com critérios estabelecidos pelos estudos e apresentaram potencial tecnológico e socioeconômico, segundo os autores. É evidente que, considerando a enorme diversidade de espécies brasileiras, muitas delas não foram mencionadas no quadro, mesmo apresentando potencial tecnológico e de comercialização. Dentre essas espécies não incluídas, é possível destacar a aroeira (BRASIL, 2011; 2018; CONEXSUS, 2021), a jabuticaba (BRASIL, 2011; BIAZOTTO et al., 2019; CONEXSUS, 2021), o ora-pro-nóbis (BRASIL, 2016b; CONEXSUS, 2021; JESUS et al., 2020) e a mangaba (BIAZOTTO et al., 2019; BRASIL, 2018; CNI, 2016; REIS; SCHMIELE, 2019). Optou-se, também, por não incluir espécies já domesticadas e/ou com mercado consolidado, como mandioca, cacau, caju, goiaba (CORADIN; CAMILLO, 2016), guaraná e castanha-do-pará (DINIZ, et al., 2017).

Além dos nomes popular e científico das espécies e os biomas de ocorrência, foram identificados os produtos derivados que podem ser utilizados como ingredientes e o número de publicações científicas encontradas sobre elas. Esta busca por publicações teve o objetivo de entender quais são os produtos mais pesquisados atualmente e que possuem maior base de dados científicos para serem utilizadas no desenvolvimento de produtos.

Quadro 01: Produtos nativos com potencial socioeconômico e tecnológico e o número de publicações científicas identificadas referentes às palavras-chave: "nome científico do produto" (NC) e as combinações do "nome científico" com as palavras "alimento" (AL), "ingrediente" (IN), "alimento medicinal" (AM) e "nutracêutico" (NT). Entre parênteses está a porcentagem de cada uma das combinações em relação ao todo (NC).

Nome popular e científico	Biomas	Usos como ingrediente	Número de publicações encontradas com base na palavra-chave citada				
			NC	AL	IN	AM	NT
Babaçu[cdeghil] *Attalea speciosa*	Amazônia; Cerrado; Transição Caatinga, Cerrado e Amazônia	Amêndoa: *in natura*, óleo, óleo extra virgem; Mesocarpo: farinha, "manteiga".	927	510 (55%)	76 (8,2%)	13 (1,4%)	21 (2,3%)
Baru, Cumaru[chim] *Dipteryx alata*	Cerrado; Transição Cerrado e Mata Atlântica	Polpa: *in natura*; Amêndoa: amêndoa torrada, óleo, farinha.	1.820	1.030 (57%)	221 (12%)	33 (1,8%)	120 (6,6%)
Bacuri[cdeh] *Platonia insignis*	Amazônia; Cerrado	Polpa do fruto: *in natura*; Semente: óleo; Casca: *in natura*, extratos.	824	499 (61%)	88 (11%)	19 (2,3%)	57 (6,9%)
Nome popular e científico	**Biomas**	**Usos como ingrediente**	**Número de publicações encontradas com base na palavra-chave citada**				
			NC	**AL**	**IN**	**AM**	**NT**
Buriti[cdeghjmopq] *Mauritia flexuosa*	Amazônia; Caatinga; Cerrado; Pantanal	Casca: chá; farinha. Medula do caule: fécula; Polpa do fruto: *in natura*, óleo, farinha; bactérias ácido láticas; corante natural Palmito.	4.580	2.520 (55%)	491 (11%)	55 (1,2%)	218 (4,8%)
Cambuci[bh] *Campomanesia phaea*	Mata Atlântica	Polpa: *in natura*, extratos.	291	217 (75%)	44 (15%)	7 (2,4%)	35 (12%)
Cupuaçu[fhin] *Theobroma grandiflorum*	Amazônia	Polpa e sementes: *in Natura*, extratos, desidratada (fibra); pasta Casca: fibra	2.590	1.520 (59%)	479 (19%)	29 (1,1%)	198 (7,6%)
Macaúba[abehim] *Acrocomia aculeata*	Cerrado; Mata Atlântica	Polpa e amêndoas: óleos e farelos.	2.550	1.620 (64%)	303 (12%)	40 (1,6%)	110 (4,3%)
Pequi[bcfghim] *Caryocar brasiliense*	Cerrado	Polpa: *in natura*, óleo; Amêndoa: óleo; Casca: farinha (rica em pectina).	2.990	1.850 (62%)	(406) (14%)	75 (2,5%)	213 (7,1%)
Pupunha[cgho] *Bactris gasipaes*	Amazônia	Fruto: *in natura*, farinha, óleo; bactérias ácido láticas. Palmito.	3.250	1.920 (59%)	392 (12%)	23 (0,7%)	165 (5,1%)

Fonte: Elaborada pelo autor com base em: [a]AZEVEDO JÚNIOR et al., 2018; [b]BIAZOTTO et al., 2019; BRASIL, [c]2016b; [d]2018; [e]2021b; [f]CAMPOS et al., 2016; [g]CNI, 2016; [h]CONEXSUS, 2021; [i]GFI, 2021; [j]GIATTI, 2021; [l]NETO et al.,2020; [m]REIS; SCHMIELE, 2019; [n]SILVA; PIERRE, 2021; [o]SANCHEZ et al., 2019; [p]SANDRI et al., 2017; [q]SOUZA; VIANA, 2018.

As espécies identificadas destacam-se por seu alto valor energético obtido dos óleos e gorduras dos frutos. A macaúba, o babaçu, o buriti e a pupunha são palmeiras. Da pupunha se extrai frutos e um palmito de grande importância na comercialização (CNI, 2016). O babaçu pode ser considerado uma espécie oleaginosa devido à composição lipídica de até 20% em seus subprodutos (BRASIL, 2018), podendo chegar até a 40% em suas amêndoas (LIMA et al., 2011). Da mesma forma, a macaúba é bastante explorada como fonte de óleo (32% na polpa e 57% nas amêndoas do fruto) e possui também, grande potencial como fonte de fibras, apresentando mais 50% de fibras na composição da polpa e amêndoa (LIRA et al., 2013). O pequi e o baru são árvores comuns no Cerrado brasileiro e cujos frutos possuem ácidos graxos com elevado grau de insaturação (GFI, 2021). O fruto do cambuci é o único da lista que não se destaca pelo alto teor de lipídeos, seu potencial está na concentração de 221,7 mg de compostos fenólicos totais em 100 g da fração comestível da planta (BIAZOTTO et al., 2019).

As formas mais comuns de uso dos produtos nativos apresentados são: *in natura*, farinha e óleo. Os produtos listados têm maior ocorrência na Amazônia e no Cerrado, os dois biomas que possuem a maior visibilidade em projetos que buscam aliar desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental. O cambuci, da Mata Atlântica, teve um número absoluto baixo em comparação aos outros produtos, demonstrando que pode haver uma relação entre a visibilidade que o produto possui no mercado e o âmbito de pesquisas científicas. As técnicas de manejo do cambuci ainda são baseadas em conhecimentos empíricos. O comércio, tanto da matéria-prima quanto do produto final, é em sua maioria informal e a produção não segue a legislação ou padrões de qualidade (RONCHI, 2021). Ainda, segundo Ronchi (2021), esses produtos artesanais despertam o interesse do consumidor devido à sua originalidade e valorização cultural.

O cambuci foi o produto com maior porcentagem de publicações com a palavra-chave “alimento” em relação ao total de suas referências, cerca de 75%, sendo que para os outros produtos, esta relação variou entre 55% e 63%. As espécies nativas são exploradas por outras indústrias, como a de bens de consumo e farmacêutica.

Muitas publicações tratam do potencial nutricional das espécies para a alimentação humana, focando em sua caracterização e perfil nutricional. Ocorreu uma variação de 8% a 18% quando relacionados o número total de publicações com as que mencionaram os produtos como ingredientes. O babaçu foi o que menos possui esta relação, enquanto o cupuaçu foi o mais mencionado como ingrediente, em porcentagem. Tanto a polpa quanto as sementes do cupuaçu são ricas em lipídeos e compostos fenólicos (PUGLIESE, 2013).

Enquanto a polpa do cupuaçu é amplamente utilizada na produção de alimentos, de suas sementes é extraído o óleo para a indústria farmacêutica. Costa et al. (2020) encontraram no subproduto desta extração conteúdo significativo de compostos antioxidantes (compostos fenólicos) e nutrientes como minerais e fibras, demonstrando seu potencial para a

produção e aplicação como conservante natural e alimento funcional. Um outro estudo demonstrou vantagem tecnológica e econômica na utilização do cupuaçu como substrato de bebidas probióticas, pois não necessitaria pré-tratamento térmico ou uso de conservantes na formulação, além de ser uma matriz ideal para o crescimento de bactérias que integram a formulação dessas bebidas. Outra questão abordada foi a aceitação do público, que aumentou ao ter conhecimento sobre as alegações nutricionais do produto (PEREIRA et al., 2017).

Em números absolutos observou-se maior interesse pelo buriti como ingrediente. O buriti também é utilizado na extração de óleo para indústria farmacêutica e cosmética, sendo os resíduos ricos em fibras e compostos antioxidantes e podem ser aplicados como farinhas em produtos alimentícios (RESENDE; FRANCA; OLEIVEIRA, 2019). A polpa e a casca do buriti possuem grande potencial na aplicação em produtos de confeitaria, agregando cor, atividade antioxidante e conservante por meio de sua matriz com alto teor de vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos (CARDOSO et al., 2018). Além disso, o buriti apresenta potencial para extração de óleos com funcionalidades tecnológicas de corante e ação antimicrobiana, sendo que a nanotecnologia pode estimular o uso desses aditivos pela indústria ao torná-los mais estáveis e versáteis. Nanopartículas de gelatina permitem, por exemplo, maior conservação das propriedades antimicrobianas do óleo de buriti, além de facilitar a sua dispersão em produtos aquosos (CASTRO et al., 2020). Outra utilização da nanotecnologia é a produção de nanoemulsões a partir do óleo para inclusão em bebidas, processo ainda pouco explorado pela indústria de alimentos (BOVI; PETRU; PINHO, 2017).

O pequi se destacou por apresentar, em números absolutos, maior interesse pelas suas propriedades medicinais e nutracêuticas. Essas propriedades são cada vez mais relevantes na indústria de alimentos à medida que o consumidor busca nos produtos alimentícios propriedades de fontes naturais que tragam efeito relaxante, energético, imunizador, entre outras sensações e atributos ligados ao bem-estar e à saúde (ANGUS; WESTBROOK, 2020). O óleo do pequi apresenta aproximadamente 62% de ácidos graxos insaturados (GFI, 2021). Observou-se na utilização de um método de prensagem a frio com extração com fluído supercrítico que é possível obter o óleo do pequi com mínima alteração no teor de ácidos graxos insaturados e Ômega 9 presentes no fruto não processado, reduzindo, ainda, a quantidade de solventes utilizados no processo (JOHNER; HATAMI; MEIRELES, 2018).

Uma importante propriedade do pequi é a potencial função antidiabética de sua casca. O extrato e algumas frações deste subproduto podem ser utilizados na produção de ingredientes que auxiliam no controle do diabetes tipo 2 devido a sua composição química rica em compostos capazes de reduzir a glicose plasmática (CALDEIRA, 2021). Outro potencial do pequi para uso como ingrediente é a pectina de alto grau obtida da casca a partir do método de extração por micro-ondas. Da casca do pequi também pode ser extraída a pectina de alto grau de metoxilação, obtida a partir do método de extração por micro-ondas (LEAO et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nove espécies brasileiras com potencial socioeconômico e tecnológico para aplicação na indústria de alimentos foram identificadas e pertencem aos biomas da Amazônia, Cerrado ou Mata Atlântica: *Attalea speciosa* (babaçu), *Dipteryx alata* (baru), *Platonia insignis* (bacuri), *Mauritia flexuosa* (buriti), *Campomanesia phaea* (cambuci), *Theobroma grandiflorum* (cupuaçu), *Acrocomia aculeata* (macaúba), *Caryocar brasiliense* (pequi) e *Bactris gasipaes* (pupunha).

A polpa, a casca e as sementes das espécies vegetais brasileiras possuem bom perfil nutricional e aplicabilidade em produtos, porém existem ainda muitas propriedades com grande potencial tecnológico e que precisam ser investigadas e testadas para passarem a ser opções viáveis de ingredientes

As formas mais comuns de uso dos produtos nativos apresentados são: *in natura*, farinha e óleo e a incorporação de processos tecnológicos na obtenção de ingredientes é essencial para que haja inovação no desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. (Brasil). Ministério da Saúde. **Guia de Especificações de Ingredientes Alimentares**: Guia nº 37/2020 – versão 1. Brasília: 2020. 44 p.

ANGUS, A. WESTCROOK, G. (Euromonitor International). **As 10 principais tendências globais de consumo de 2020.** 2020. 80 p.

AZEVEDO JUNIOR, W. C. Potencial da acrocomia aculeatano desenvolvimento endógeno da região de cuiabá, brasil. **Iberoamericana de Economía Ecológica**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 111, p. 52-65, fev. 2018.

BIAZOTTO, K. R.; MESQUITA, L. M. S.; NEVES, B. V.; BRAGA, A. R. C.; TANGERINA, M. M. P.; VILEGAS, W.; MERCADANTE, A. Z.; ROSSO, V. V. Brazilian biodiversity fruits: discovering bioactive compounds from underexplored sources. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 7, n. 67, p. 1860-1876, fev. 2019.

BOVI, G. G.; PETRUS, R. R.; PINHO, S. C. Feasibility of incorporating buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil nanoemulsions in isotonic sports drink. **Institute Food Science and Technology**, 52: 2201-2209. 2017. https://doi.org/10.1111/ijfs.13499.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Regulamento técnico para rotulagem de alimentos embalados.** (Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 23 set. 2002.

BRASIL. **Dispõe sobre o Manual de Procedimentos Básicos para Registro e Dispensa da Obrigatoriedade de Registro de Produtos Pertinentes à Área de Alimentos.** (Resolução nº 23, de 15 de março de 2000). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 07 fev. 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico atual ou Potencial:** Plantas para o Futuro - Região Sul. Série Biodiversidade 40. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade. Lidio coradin (Ed.); Alexandre Siminski (Ed.); Ademir Reis (Ed.). Brasília: MMA, 2011. 934 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. **Promoção de Cadeias de Valor: Relatório da Oficina de Trabalho para o Mapeamento e Análise de Cadeias de Valor de Plantas Medicinais e Fitoterápicos Palmas/TO.** Palmas: 2016a. 23 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade. Roberto Fontes Vieira (Ed.). Julcéia Camillo (Ed.). Lidio Coradin (Ed.). Brasília:MMA, 2016b. 1.160 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Brasil: **5º relatório nacional para a Convenção Sobre Diversidade Biológica** / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza (Coord.). Brasília: MMA, 2016c. 240 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: Plantas para o Futuro: Região Nordeste. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade; Lidio Coradin (Ed.). Julcéia Camillo (Ed.). Frans Germain Corneel Pareyn (Ed.). Brasília: MMA, 2018. 1.311 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. **Política de garantia de preços mínimos para produtos da sociobiodiversidade (PGPM-Bio):** Folder. 2021a. 8 p.

BRASIL. Mapa e Fiocruz identificam 26 produtos da biodiversidade com potencial de mercado. 2021b. Disponível em: <**https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-e-fiocruz-identificam-26-produtos-da-biodiversidade-com-potencial-de-mercado**>.

BRASIL. Embrapa. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação: Biodiversidade e patrimônio alimentar. 2021c. Disponível em: <**https://www.embrapa.br/alimentos-e-territorios /areas-de-atuacao/biodiversidade-e-patrimonio-alimentar**>.

CALDEIRA, A. S. P., Bioguided chemical characterization of pequi (Caryocar brasiliense) fruit peels towards an anti-diabetic activity, **Food Chemistry**, v. 345, Maio 2021. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128734.

CAMPOS, R. P.; DA SILVA, M. J. F.; DA SILVA, C. F.; FRAGOSO, M. R.; CANDIDO, C. J. Elaboração e caracterização de farinha da casca de pequi. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.

CASTRO, G. M. M. A.; PASSOS, T .S.; NASCIMENTO, S. S.; MEDEIROS, I.; ARAUJO, N. K.; MACIEL, B. L. L.; PADILHA, C. E.; RAMALHO, A. M. Z.; JUNIOR, F. C. S.; ASSIS, C. F. Gelatin nanoparticles enable water dispersibility and potentialize the antimicrobial activity of Buriti (*Mauritia flexuosa*) oil. ***BMC Biotechnol* 20,** 55 (2020). https://doi.org/10.1186/s12896-020-00649-4.

CARDOSO, F. C.; COSTA, A. P. S.; CRISPINO, A. C. S.; SILVA, A. P. C.; OLIVEIRA, J. A. R. Physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity of pulp, peel, endocarp and food paste developed with buriti pulp and waste. **Scientia Plena**, v. 16, Nov. 2020. https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.111501.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Uso econômico da biodiversidade pela indústria no Brasil**. / Confederação Nacional da Indústria. Brasília: 2016. 136 p.

CONEXSUS. Mapa de Negócios Comunitários Sustentáveis. 2021. Disponível em: <**https://desafioconexsus.org/mapa-desafio-conexsus/**>.

CORADIN, L.; CAMILLO, J. Introdução. IN: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial** – Plantas para o Futuro – Região Centro-Oeste, 1. ed. Brasília, DF: MMA. Cáp.1, p. 19-26, 2016.

COSTA, R. S.; SANTOS, O. V.; LANNES, S. C. S.; CASAZZA, B.; PEREGO, P.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CONVERTI, A.; SILVA JUNIOR, J. O. C. Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (Theobroma grandiflorum Schum.) agroindustrial by-product. **Food Science and Technology,** Abr-Jun 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/tHJtbq6yRYF3zkvYYrkHBhh/?lang=en>.

DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T.; SILVA, A. L. F.; BARRIOS, M. L. C.; LIMA, E. B. F.; Região amazônica: biodiversidade e possibilidades de transformação industrial. **Cadernos CEPEC**, [S.l.], v. 6, n. 5, maio 2017. ISSN 2238-118X.

THE GOOD FOOD INSTITUTE - GFI. Quanto vale a floresta?. 2021. Disponível em: <**https://gfi.org.br/2021/05/21/quanto-vale-a-floresta/**>.

GIATTI, O. F.; MARIOSA, P. H.; ALFAIA, S. S.; SILVA, S. C. P.; PAREIRA, H. S. Potencial socioeconômico de produtos florestais não madeireiros na reserva de desenvolvimento sustentável do Uatumã, Amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 3, 2021. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2021.229510>.

JESUS, B. B. S. PANCs - plantas alimentícias não convencionais, benefícios nutricionais, potencial econômico e resgate da cultura: uma revisão sistemática. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 17, n. 33, p. 309-322, 30 set. 2020. Centro Científico Conhecer. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2020c28>.

JOHNER, J. C. F.; HATAMI, T.; MEIRELES, M. A. A. Developing a supercritical fluid extraction method assisted by cold pressing for extraction of pequi (Caryocar brasiliense). **The Journal of SuperCritical Fluids**, v. 137, p. 34-39, julho 2018.

LEÃO, D. P.; BOTELHO, B. G.; OLIVEIRA, L. S.; FRANCA, A. S. Potential of pequi (Caryocar brasiliense Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. **LWT**, v. 87, p. 575-580, jan. 2018.

LIMA, M. G. de; NERES, H. de S.; CAVALCANTE, A. do N.; MOURA, C. V. R. de; SITTOLIN, I. M.; ARAUJO, E. C. E.; CHAVES, M. H.; MOURA, E. M. de.. **Caracterização química do óleo de babaçu (Orbignya speciosa) e obtenção de biodiesel por catálise heterogênea**. In: seminário em desenvolvimento tecnológico e inovação, 3., 2011, Teresina. [Resumos]. Teresina: UFPI, 2011.

LIRA, F. F.; MACHADO, W.; FREITAS, V.; TAKAHASHI, L. S. A.; GUIMARÃES, M. F.; LEAL, A. C. Avaliação da Composição Centesimal de Frutos de Macaúba. **Bbr - Biochemistry And Biotechnology Reports**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 17, 29 jul. 2013. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/2316-5200.2013v2n3espp17>.

PEREIRA, A. L. F.; FEITOSA, W. S. C.; ABREU, V. K. G.; LEMOS, T. O.; GOMES, W. F.; NARAIN, N.; RODRIGUES, S. Impact of fermentation conditions on the quality and sensory properties of a probiotic

cupuassu (Theobroma grandiflorum) beverage. **Food Research International**, v. 100, out. 2017.
PUGLIESE, A. G. et al. Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds**. Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 2720-2728, Fev. 2013. https://doi.org/10.1021/jf304349u.

REIS, Amanda Figueiredo; SCHMIELE, Marcio. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal Of Food Technology**, v. 22, nov. 2019. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (Mauritia flexuosa L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. **Food Chemistry**, v. 270, p. 53-60 jan. 2019.

RONCHI, H. S. Cadeia produtiva dos frutos da Campomanesia phaea (cambuci): prospecção de produtos medicinais, aromáticos e alimentícios e sua inserção no mercado. **Repositório Institucional UNESP**. 2021.

SÁNCHEZ, J.; VEGAS, C.; ZAVALETA, A. I.; ESTEVE-ZARZOSO, B. Predominance of Lactobacillus plantarum strains in peruvian Amazonian fruits. **Polish Journal of Microbiology**, v. 68, n 1, p.127-137, 2019.

SANDRI, D. O.; XISTO, A. L. R. P.; RODRIGUES, E. C.; MORAIS, E. C.; BARROS, W. M. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of buriti pulp (Mauritia flexuosa) collected in the city of diamantino – mts1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 3, p. 1-7, 7 ago. 2017.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTO - ITAL. **Brasil ingredients trends 2020** [recurso eletrônico] / Airton Vialta (Ed). Raul Amaral Rego (Ed.) – 1. ed. – Campinas: ITAL, 2014. 389 p.

SILVA, Lenice Soares da; PIERRE, Fernanda Cristina. Aplicabilidade do cupuaçu (theobroma grandiflorum (willd. ex spreng.) schum.) em produtos e subprodutos processados. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 19-31, abr. 2021.

SOUZA, N. F. S.; VIANA, D. S. F. Aspectos ecológicos e potencial econômico do buriti (Mauritia fexuosa). **Agrarian Academy,** v. 5, n. 9; p. 535-549, 2018.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE AS MEDIDAS DE CONTROLE DE AFLATOXINAS APLICADAS ÀS INDÚSTRIAS DE RAÇÕES

BIBLIOGRAPHIC SURVEY ON AFLATOXIN CONTROL MEASURES APPLIED TO FEED INDUSTRIES

GUND, Marcos Vinicius Gust[1]*; COSTA JUNIOR, Ronan Ribeiro[2]; PAGNUSSATT, Fernanda Arnhold[3]

[1]Curso de Graduação em Engenharia Agroindustrial - Agroquímica, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Campus Santo Antônio da Patrulha (FURG-SAP). *Contato: mgustgund@gmail.com
[2]Curso de Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Campus Santo Antônio da Patrulha (FURG-SAP). [3]Docente, Escola de Química e Alimentos, Curso de Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos e Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Agroindustriais, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Campus Santo Antônio da Patrulha (FURG-SAP).

RESUMO

A avicultura no Brasil teve um grande crescimento nos últimos anos, em função da sua expressiva importância econômica e social. Para abastecer esse mercado, as indústrias de rações estão buscando atender a todos os critérios relacionados com a qualidade e segurança de alimentos e um dos fatores que vem sendo discutido é em relação aos efeitos das aflatoxinas em rações para frangos de corte. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho mapear as etapas de produção de rações com maiores riscos de contaminação e assim, identificar quais medidas de controle poderiam permitir a remoção desses contaminantes nas rações para frangos de corte. O levantamento bibliográfico ocorreu a partir de pesquisas realizadas em bases de dados da literatura, usando como principais palavras-chave: cadeia avícola, micotoxinas e indústria de rações. A partir das informações adquiridas, foi possível realizar um mapeamento das etapas do processo produtivo para a obtenção de rações. Sendo assim, as etapas de obtenção da matéria-prima, processamento e expedição das rações foram identificadas como as principais causadoras da contaminação micotoxicológica. Em função disso, sugere-se a adoção e intensificação de medidas preventivas e a execução das Boas Práticas de Fabricação para resolução desse problema. Em relação às medidas corretivas, a principal técnica empregada é o uso de adsorventes sequestrantes para eliminação das toxinas na ração, quando estas são ingeridas pelo animal. Sendo assim, a adoção de medidas para prevenir a contaminação micotoxicológica é fundamental para obter produtos isentos de contaminação e seguros para os integrantes dessa cadeia produtiva.

Palavras-chave: Fungos toxigênicos, nutrição animal, indústria de rações, avicultura, segurança de alimentos.

ABSTRACT

Poultry farming in Brazil has had a great growth in recent years, due to its expressive economic and social importance. To supply this market, the feed industries are seeking to meet all criteria related to food quality and safety, and one of the factors that has been discussed is in relation to the effects of aflatoxins in broiler feed. Thus, the objective of this work was to map the stages of production of feed with greater risks of contamination and

thus identify which control measures could allow the removal of these contaminants in broiler feed. The bibliographic survey was based on research carried out in literature databases, using as main keywords: poultry chain, mycotoxins and feed industry. From the information acquired, it was possible to map the stages of the production process to obtain feed. Thus, the steps of obtaining the raw material, processing and shipping the rations were identified as the main causes of mycotoxicological contamination. As a result, it is suggested the adoption and intensification of preventive measures and the implementation of Good Manufacturing Practices to solve this problem. Regarding corrective measures, the main technique employed is the use of sequestering adsorbents to eliminate toxins in the feed, when these are ingested by the animal. Therefore, the adoption of measures to prevent mycotoxicological contamination is essential to obtain products free from contamination and safe for the members of this production chain.

Keywords: Toxigenic fungi, animal nutrition, feed industry, poultry farming, food safety.

INTRODUÇÃO

A cadeia avícola de corte no Brasil é considerada uma das principais estruturas produtivas de suprimentos no setor agroindustrial, responsável por expressivos investimentos tecnológicos, geração de empregos e capital (RECK; SCHULTZ, 2016), além do país ser um dos maiores produtores e exportadores deste alimento cárneo (ABPA, 2021). Com uma estrutura organizacional verticalizada, aumenta a oferta do produto e devido ao seu rápido ciclo produtivo, essa fonte de proteína acaba se tornando de baixo custo (RECK; SCHULTZ, 2016).

Para abastecer esse mercado, um dos principais elos da produção avícola são as indústrias de rações, cujo objetivo é desenvolver formulações que atendam aos padrões nutricionais necessários para o crescimento animal, com foco no custo mínimo (BERNARDI, 2017). Com o atual cenário de exportação, existe uma preocupação com os produtos agrícolas destinados à alimentação animal, principalmente o milho, por apresentar elevada inclusão nas formulações destinadas às aves. A qualidade deste produto influencia diretamente no desempenho do animal, apresentando ganhos ou perdas econômicas, assim como atua diretamente na qualidade das rações. Dentre as preocupações na avicultura, estão as micotoxinas, que tornam-se um dos principais temas de pesquisa, pois podem ser encontradas em alimentos agrícolas, como o caso do milho (SOBRANE FILHO, 2014).

As micotoxinas são compostos toxigênicos desenvolvidos a partir do acionamento do metabolismo secundário de fungos, sendo estes encontrados em diversas regiões do mundo e podem se desenvolver em uma grande variedade de substratos (MALLMANN, 2006). Uma das principais classes de micotoxinas estudadas são as aflatoxinas, produzidas por algumas espécies de fungos do gênero *Aspergillus* (WHO, 2002).

Devido ao evidente risco à saúde humana, as aflatoxinas possuem níveis máximos permitidos em alimentos para consumo humano, previstos na legislação brasileira, sendo a concentração máxima do somatório de aflatoxinas de 20 μgkg^{-1} (BRASIL, 2011a). Já para matérias-primas e/ou alimentos destinados aos animais, o limite máximo é de 50 μgkg^{-1} de aflatoxinas totais (AFB1+AFG1+AFB2+AFG2) (BRASIL, 1988). Na União Europeia, em alimentos destinados

como matérias-primas para produção de rações, a concentração permitida de aflatoxina B1 é de 50 μgkg^{-1} e para rações acabadas para aves é de 20 μgkg^{-1}, exceto para animais jovens (DOCE, 2006).

Em razão desse cenário, as indústrias de rações vêm buscando aprimorar o cumprimento das Boas Práticas de Fabricação (BPF), procurando por um produto acabado com composições nutricionais adequadas e isentas de contaminações. Além disso, a busca por novos métodos de detecção ou de tecnologias utilizadas para controle dessas micotoxinas vem sendo bastante estudada (BOCHIO et al., 2017).

O levantamento bibliográfico realizado neste trabalho teve como principal objetivo mapear as etapas de produção de rações e propor medidas de controle através do uso de tecnologias que permitam a remoção de aflatoxinas nas rações para frangos de corte.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através de um levantamento bibliográfico realizado entre fevereiro e junho de 2021 e trata-se de um estudo científico qualitativo na forma de revisão bibliográfica. Assim, o campo de pesquisa refere-se a Qualidade e Segurança de Alimentos, especificamente na indústria de rações para frangos de corte. Inicialmente, optou-se por pesquisar materiais disponíveis em websites de avicultura, com destaque para o material disponibilizado na Associação Brasileira de Proteína Animal, Sindirações e Embrapa Suínos e Aves. A partir desse levantamento inicial, a delimitação da pesquisa foi realizada, selecionando-se as palavras-chave: cadeia avícola, micotoxinas e indústria de rações para o aprofundamento dos tópicos necessários para a realização do trabalho. Diversos trabalhos científicos, teses, dissertações e artigos, que continham dados históricos e estatísticos do setor, além de definições e informações técnicas, foram utilizados. Os principais bancos de dados utilizados foram SciELO Brasil, Capes e Google Acadêmico. Além disso, a Biblioteca Virtual da Pearson também foi usada como fonte de pesquisa em livros.

DESENVOLVIMENTO

Um dos principais setores da cadeia produtiva de frango de corte é constituído pelas indústrias de rações. Ração é o termo utilizado a um conjunto de macroingredientes e microingredientes misturados e fornecidos aos animais como complemento ou alimentação única. Um dos maiores objetivos das indústrias fabricantes de rações é desenvolver formulações que atendam aos padrões nutricionais necessários aos animais, com um custo mínimo, permitindo obter assim, a melhor relação de custo/benefício, visto que a alimentação animal representa cerca de 70% dos custos totais de toda a cadeia avícola (BERNARDI, 2017). As etapas de produção em uma indústria de rações são: recebimento de matérias-primas, processamento e expedição, caracterizando um sistema monoestágio por estarem dispostas de forma linear.

Medidas de controle na recepção de matérias-primas

O monitoramento dos grãos recebidos é um dos pontos fundamentais para um programa de controle de micotoxinas (SANTURIO, 2000). Faz-se necessária aos fabricantes de rações a inspeção frequente dos lotes de grãos armazenados por uma equipe de colaboradores especializada, para fins de coleta e análise de amostras, decidindo assim, se o produto está conforme para o consumo (MENEGAZZO, 2008).

Como o milho é a principal matéria-prima agropecuária usada nas formulações de rações, este cereal é o que apresenta maior risco em relação à contaminação com micotoxinas. Dessa forma, a avaliação das cargas dos grãos antes de seu armazenamento deve ser criteriosa, principalmente quanto aos fatores de impurezas, presença de insetos e grãos ardidos. Os insetos têm uma contribuição importante para o desenvolvimento fúngico, pois o ataque aos grãos acaba causando uma maior exposição do endosperma amiláceo, facilitando a contaminação fúngica (SANTIN, 2005). Já os grãos ardidos, estes podem ser um indicativo da presença de micotoxinas na carga, pois são reflexos de podridões na espiga, causada por diversos fungos que podem ser toxigênicos (PINTO, 2005).

Com isso, a principal forma de monitoramento realizada pela equipe de qualidade é a classificação da carga para identificação ao enquadramento do tipo do milho, para fins de direcionamento aos silos de armazenamento quanto a sua qualidade ou até mesmo a possibilidade de reprovação da carga por apresentar não conformidades referente a percentuais elevados de grãos ardidos e impurezas. O milho pode ser classificado em diferentes tipos, conforme a Tabela 01 (BRASIL, 2011b), porém o milho tipo 1 é o mais recomendado quando se trata de micotoxinas, pois este apresenta um percentual baixo de grãos ardidos quando comparado com os demais tipos. Na maioria das agroindústrias fabricantes de rações para frango de corte no país, os grãos ardidos são permitidos em até 6%, o que se enquadraria em um lote fora do tipo e consequentemente, estes fabricantes estariam aceitando uma possível carga contaminada por fungos patogênicos, podendo acarretar inúmeros problemas em toda a cadeia avícola (PRESTES et al., 2019).

Tabela 01: Limites máximos de tolerância para tipos de milho, expressos em percentual (%).

Enquadramento	Grãos avariados		Grãos Quebrados	Matérias estranhas e impurezas	Carunchados
	Ardidos	Total			
Tipo 1	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
Fora de tipo	5,00	20,00	Maior que 5,00	Maior que 2,00	8,00

Fonte: BRASIL (2013).

Para uma classificação mais precisa, a realização de uma amostragem correta é de suma importância, pois a amostra coletada será uma porção representativa da carga de grãos. As micotoxinas não ocorrem uniformemente em todas as sementes, estas tendem a se concen-

trar em alguns pontos específicos. Se as amostragens não forem realizadas de acordo com os procedimentos apropriados, é possível que as análises classificatórias subestimem uma possível concentração real destas micotoxinas (PICHLER, 2008).

As amostras de cargas a granel devem ser coletadas em diferentes pontos, direções e profundidade, pois a influência de chuva, ventos e sol, pode alterar as características dos grãos localizados na superfície. Outro fator importante está relacionado ao transporte do lote, onde ocorre uma diferença na densidade da carga transportada, visto que as impurezas mais pesadas tendem a se acomodar no fundo do caminhão, enquanto as mais leves na parte superior. As amostras podem ser coletadas manualmente por colaboradores treinados utilizando equipamentos como caladores do tipo duplo ou por sistemas pneumáticos. A Figura 01 mostra os diferentes pontos a serem coletados, de acordo com o volume da carga a receber (CASTRO, 2014).

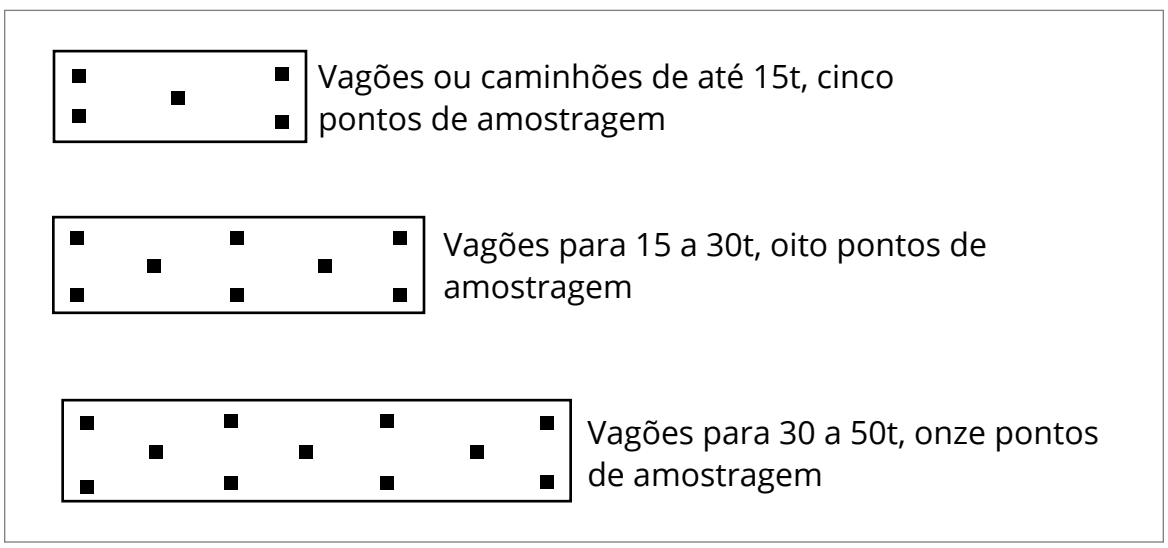


Figura 01: Amostragem de cargas a granel.

Fonte: CASTRO (2014).

Na classificação deste cereal, a umidade é outro fator de suma importância a ser avaliado, sabe-se que grãos com umidade elevada estão sujeitos ao desenvolvimento de fungos patogênicos quando armazenados. Com isso, recomenda-se umidade máxima de 14% para o recebimento deste cereal uma vez que acima desse valor, a carga é classificada como não conforme (PRESTES et al., 2019). Outra forma de evitar um possível armazenamento inadequado deste cereal devido à contaminação por micotoxinas é a utilização de sistemas de pré-limpeza e mesas densimétricas após o recebimento, pois estes sistemas permitem a separação dos grãos de baixa densidade, ardidos, carunchados, brotados e impurezas, fazendo com que apenas os grãos sadios sejam armazenados. Consequentemente, diminuem os riscos de uma possível contaminação cruzada quando em contato com outro lote de milho nos silos de armazenamento (MENEGAZZO, 2008). Na Tabela 02 estão as principais especificações físicas, química e toxicológica do milho para o controle de qualidade para utilização em indústrias de rações.

Tabela 02: Especificações físicas, química e toxicológica do milho.

MILHO	
CARACTERÍSTICA	**ESPECIFICAÇÃO**
	FÍSICA
Umidade (%)	Máx. 14,0
Matérias estranhas, impurezas e fragmentos (%)	Máx. 1,0
Quebrados (%)	Máx. 3,0
Grãos avariados ardidos (%)	Máx. 1,0
Total de avariados (ardidos, chocos, brotados, mofados, fermentados e queimados) (%)	Máx. 6,0
Carunchados (%)	Máx. 2,0
Densidade (kg/m^3)	Mín. 700
	QUÍMICA
Proteína (%)	Mín. 7,0
Fibra bruta (%)	Máx. 3,5
Extrato etéreo (%)	Mín. 3,0
Matéria mineral (%)	Máx. 2,0
	TOXICOLÓGICA
Aflatoxinas (ppb)	Máx. 20,0

Fonte: BRASIL (2013).

A análise bromatológica do milho também pode ser um indicativo de não conformidade micotoxicológica, pois a redução dos níveis de nutrientes presentes nessas matérias-primas pode indicar o início de uma degradação, visto que micro-organismos e insetos podem usar essas fontes de carbono como forma de obtenção de energia ou, até mesmo, acionar seu metabolismo secundário e produzir micotoxinas.

Medidas de controle no processamento e expedição de rações

No processamento de rações, as etapas como moagem, armazenamento de matérias primas, pós moagem, mistura e peletização são considerados pontos críticos de controle quando se trata de controle preventivo de micotoxinas. Na etapa de moagem de cereais, as matérias-primas tendem a aumentar sua umidade e temperatura devido à interação com o sistema mecânico do equipamento. Após a moagem, as matérias-primas são transportadas para os silos de armazenamento e parte destas podem se acumular nas paredes internas dos silos, havendo a formação de crosta e consequentemente proporcionando condições ideais para o desenvolvimento de fungos (SANTIN, 2006). Para o autor Klein (1999), os silos de armazenamento externos e internos devem ser totalmente esvaziados ao menos uma vez no mês, limpos e desinfetados, seguido de verificação microbiológica.

A adição de ingredientes líquidos no misturador quando não aspergidos homogeneamente podem ocasionar aderências nas paredes internas do equipamento e, assim como nos silos de armazenamento, estas incrustações acabam se tornando um ambiente propício à proliferação de fungos patogênicos (SANTIN, 2006). Outro ponto crítico do processo são as etapas pós-mistura, como a peletização e o resfriamento. Diferente do processo de moagem, a peletização é a única etapa do processo onde são elevadas intencionalmente a umidade e a temperatura para que haja a formação do pellet. Com essa elevação da temperatura e umidade, é necessário resfriar a ração peletizada antes de seu armazenamento na expedição, pois temperaturas de 10°C acima da temperatura ambiente é um indicativo de não conformidade e consequentemente a umidade estará fora do padrão de qualidade permitido. Com este cenário, é necessário que se tenha um controle no monitoramento desses pontos críticos para evitar possíveis contaminações por fungos patogênicos no equipamento (peletizadora e resfriador) e nos silos de expedição, devido à presença de não conformidades que estão relacionadas com a temperatura e umidade no processo. Além disso, amostras de retenção de matérias-primas e produto acabado podem servir para o monitoramento de micotoxinas através de análises realizadas em laboratórios terceirizados, devidamente credenciados (KLEIN, 1999; SANTIN, 2006).

Conforme a Instrução Normativa n° 4 do MAPA, de 23 de fevereiro de 2007, os setores de fabricação, assim como os equipamentos e utensílios, devem ser limpos e desinfetados com uma frequência determinada pela equipe técnica de qualidade, com a finalidade de impedir a contaminação dos produtos destinados à alimentação animal. Devem-se pesquisar pontos críticos de contaminação buscando por alternativas de descontaminação (tratamentos térmicos, uso de ácidos orgânicos, desinfetantes, etc), baseando-se em fatos e dados (BRASIL, 2007).

Método corretivo através do uso de adsorventes nas formulações

Quando a prevenção da contaminação fúngica não é eficiente durante o recebimento e processamento de rações e é identificada a presença de micotoxinas em concentrações acima do limite máximo estabelecido pela legislação no produto acabado, é necessária a realização de uma ação corretiva como a detoxificação dos compostos produzidos pelos fungos patogênicos (MALLMANN et al., 2006). Essa detoxificação pode ser realizada através de dois grupos de aditivos antimicotoxinas: adsorventes sequestrantes ou inativadores enzimáticos. O método mais utilizado na avicultura para minimizar os efeitos negativos provocados pelas micotoxinas é a utilização de adsorventes sequestrantes. Com a capacidade de se fixar na superfície das micotoxinas, os adsorventes impedem sua absorção no trato digestório e com isso, esses compostos são eliminados nas fezes das aves, tornando a ração inerte e não tóxica para os animais (LESSON; SUMMERS, 2001).

Os adsorventes são divididos em duas classes conforme sua composição química, adsorventes inorgânicos e orgânicos (BOCHIO et al., 2017). Os adsorventes inorgânicos são po-

límeros à base de silicatos e em sua grande maioria são compostos por argilas selecionadas, sendo a sepiolita, as bentonitas, as diatomitas e o aluminossilicato de sódio e cálcio (ASSCA) os mais utilizados na cadeia produtiva animal e altamente eficientes no sequestro de aflatoxinas (MALLMANN et al., 2006).

Rosa et al. (2012) relataram em seus estudos realizados em matrizes de frango de corte, a eficiência na utilização de adsorventes inorgânicos em rações. Os autores concluíram que, nos casos onde a presença de aflatoxinas ocorreu na concentração de até 0,75 $mgkg^{-1}$ de ração, por um período de oito semanas, o uso de adsorvente foi favorável na diminuição de danos na produção, mantendo o alto desempenho zootécnico, além da manutenção dos níveis sanguíneos das aves dentro da normalidade.

Em alguns casos, os adsorventes inorgânicos podem apresentar afinidades químicas com alguns nutrientes presentes nas rações, como vitaminas e minerais, e dependendo do volume incluso na formulação, estes aditivos podem acabar prejudicando a nutrição do animal. Este fator acontece pela presença de cargas negativas nos adsorventes contendo aluminossilicato de sódio e cálcio (ASSCA), sendo estes derivados das zeólitas. Estudos realizados com componentes das zeólitas foram positivos para a diminuição de níveis de aflatoxinas de 0,3 a 0,5% em frangos de corte (PHILLIPS et al., 1988; ROSA et al., 2001; PIMPUKDEE et al., 2004; DESHENG et al., 2005; MIAZZO et al., 2005). Dessa forma, deve-se levar em conta a substância inorgânica presente no adsorvente e seu volume de inclusão para a melhor escolha do adsorvente que será utilizado, a fim de não prejudicar os valores nutritivos da dieta dos animais.

Já os adsorventes orgânicos são oriundos de compostos complexos de carboidratos presentes nas paredes celulares de leveduras, vegetais fibrosos, celulose e pectina, os quais possuem funções adsortivas de certos grupos de micotoxinas presente em rações (BOCHIO et al., 2017; CASTRO, 2014). Estudos apresentados por Zhao et al. (2010), demonstraram que a adição de adsorvente contendo argila e parede celular de algas melhorou significativamente os efeitos negativos da aflatoxina B1 quantificadas na ração, na concentração de 1 $mgkg^{-1}$. Esta melhora foi em ganho no desempenho produtivo e menores danos fisiológicos, como no fígado. Em contrapartida, não houve melhora nos efeitos negativos quando a concentração de aflatoxina B1 foi de 2 $mgkg^{-1}$. Em experimentos realizados por Pizzolitto et al. (2013), a adição de 5 x 10^9 células/L de culturas de *Saccharomyces cerevisiae* na água destinada ao consumo das aves enquanto se alimentavam de ração contaminada por aflatoxinas na concentração de 1,2 ppm, demonstrou que estas leveduras geraram um efeito protetor contra lesões hepáticas, hepatomegalia, além de ótimas taxas em termos de desempenho zootécnico. Os adsorventes orgânicos possuem um ponto positivo de destaque quando comparados com os inorgânicos, pois são compostos biodegradáveis, porém, por serem desenvolvidos a partir de vegetais e leveduras, em alguns casos, podem ser fontes de contaminação por micotoxinas (CASTRO, 2014).

Os aditivos inativadores enzimáticos possuem uma atividade biológica que permite alterar a estrutura química das micotoxinas e transformá-las em metabólitos, com efeito tóxico menor ou nulo. Estes aditivos podem ser uma bactéria, levedura ou somente um extrato enzimático. Ma et al. (2012) verificaram que *Bacillus subtilis* (ANSB060) oriundos do intestino de peixes, apresentavam uma forte capacidade de detoxificar aflatoxinas. Visto isso, os autores avaliaram a qualidade de ovos e alterações bioquímicas histopatológicas do rim e fígado de aves poedeiras, quando expostas à aflatoxina B1. Eles concluem que *Bacillus subtilis* (ANSB060) teve a capacidade de inibir possíveis danos causados por aflatoxinas B1, devido aos baixos efeitos tóxicos da micotoxina nos rins e fígado, apresentando aumento da atividade de enzimas antioxidantes e melhora na síntese proteica hepática.

Atualmente, experimentos com enzimas inativadoras vêm sendo realizados para utilizá-las na detoxificação dos alimentos, porém, apesar desses estudos serem promissores a respeito da utilização dessa metodologia enzimática na degradação de aflatoxinas, mais estudos se tornam necessários para esclarecer seus mecanismos de ação e também valores ideais de inclusão dessa substância nas formulações de rações (BOCHIO et al., 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais medidas de controle de aflatoxinas estão relacionadas com o controle da qualidade das matérias-primas como controle de fornecedores, análises classificatórias de recebimento e avaliação constante de resultados laboratoriais. Além disso, o cumprimento dos protocolos de Boas Práticas de Fabricação garante uma maior qualidade sanitária e conformidade dos alimentos de acordo com os regulamentos técnicos vigentes. Destaca-se também a possibilidade de uso dos adsorventes, com destaque para os inorgânicos, a fim de cobrir possíveis falhas ocorridas no controle de qualidade das indústrias de rações.

Em virtude dos aspectos mencionados, acredita-se que cada vez mais a realização de ações preventivas e corretivas serão colocadas em práticas, com o intuito de continuar desenvolvendo alimentos seguros, buscando atender os critérios estabelecidos para a garantia da qualidade a todos os integrantes dessa cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

ABPA – **Associação Brasileira de Proteína Animal.** Relatório Anual. 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-lanca-relatorio-anual-2021>.

BERNARDI, A. **Gestão e monitoramento da qualidade das matérias-primas da indústria de rações avícolas.** 2017, 108 f. Dissertação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, 2017.

BOCHIO, V.; TAKAHASHI, S. E.; GROFF, P. M.; SCHADECK, M. M.; MAIER, G. S. **Efeitos da aflatoxina na produção avícola: Revisão.** PUBVET, v. 11, n. 8, p. 832-839, agosto, 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Instrução Normativa n° 4, de 23 de fevereiro de 2007. **Diário Oficial da União**, 01/03/2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 07, de 09 de novembro de 1988. Estabelece os padrões mínimos das diversas matérias-primas empregadas na alimentação animal. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 de novembro de 1988.

BRASIL. Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diário Oficial da União**, 22/02/2011. 2011a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, 23/12/2011. 2011b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Compêndio brasileiro de alimentação animal.** ANFAR/CBNA/SDR, 4° ed. 2013.

CASTRO, I. C. D. **Aspectos sobre as micotoxinas na produção de suínos.** Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, 46 f, 2014.

DESHENG, Q.; FAN, L.; YANHU, Y.; NIYA, Z. **Adsorption of aflatoxin B1 on montmorillonite.** Poultry Science, Oxford, v. 4, n. 6, p. 959-961, 2005.

DOCE. Regulamento (CE) nº 1881/2006 da Comissão de 19 de dezembro de 2006. **Os teores máximos de certos contaminantes presentes nos gêneros alimentícios.** 2006.

KLEIN, A. A. **Pontos Críticos do Controle de Qualidade em Fábrica de Ração — Uma Abordagem Prática.** I simpósio internacional acav embrapa sobre nutrição de aves. Concórdia, 1999.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken.** 4ª ed. Ontario: University Books, 2001. 591p.

MA, Q. G.; GAO, X.; ZHOU, T.; ZHAO, L. H.; FAN, Y.; LI, X. Y.; LEI, Y. P.; JI, C. & ZHANG, J. Y. **Protective effect of Bacillus subtilis ANSB060 on egg quality, biochemical and histopathological changes in layers exposed to aflatoxin B1**. Poultry Science, 91, 2852-2857. 2012.

MALLMANN, C. A.; DILKIN, P.; GIACOMINI, L. Z.; RAUBER, R. H. **Critérios para seleção de um bom sequestrante para micotoxinas.** In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2006, São Paulo: FACTA, p. 213-224, 2006.

MENEGAZZO, R. **Qualidade de Rações para Zootécnicos.** In. SCUSSEL et. al. Atualidades em Micotoxinas e Armazenagem Qualitativa de Grãos II. Florianópolis: ABMAG, 2008. p. 93-100.

MIAZZO, R.; PERALTA, M. F.; MAGNOLI, C.; SALVANO, M.; FERRERO, S.; CHIACCIERA, S. M.; CARVALHO, E. C.; ROSA, C. A.; DALCERO, A. **Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin.** Poultry Science, Oxford, v. 84, n. 1, p. 1-8, 2005.

PICHLER, E. **Amostragem para micotoxinas - nos importamos o suficiente?** Artigo técnico Ergomix, 2008.

PIMPUKDEE, K.; KUBENA, L. F.; BAILEY, C. A.; HUEBNER, H. J.; AFRIYIEGYAWU, E.; PHILLIPS, T. D. **Aflatoxin-induced toxicity and depletion of hepatic vitamin A in young broiler chicks: protection of chicks in the presence of low levels of NovaSil PLUS in the diet.** Poultry Science, Oxford, v. 83, n. 5, p. 737-744, 2004.

PINTO, N. F. J. de A. **Grãos ardidos em milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Circular técnica, 66).

PIZZOLITTO, R. P.; ARMANDO, M. R.; SALVANO, M. A.; DALCERO, A. M.; & ROSA, C. A. **Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* as an antiaflatoxicogenic agent in broiler feedstuffs**. Poultry Science, 92, 1655-1663. 2013.

PHILLIPS, T. D.; KUBENA, L. F.; HARVEY, R. B.; TAYLOR, D. R; HEIDELBAUGH, N. D. Hydrate sodium calcium aluminosilicate: a high affinity sorbent for aflatoxin. **Poultry Science**, Oxford, v. 67, p. 243-247, 1988.

PRESTES, L. D.; ROCHA; L. O.; NUÑEZ, K. V. M.; SILVA, N. C. C. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, nº 4, p. 559-570, 2019.

RECK, A. B.; SCHULTZ, G. **Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 54, nº 4, p. 709-728, dezembro de 2016.

ROSA, C. A. R.; MIAZZO, R.; MAGNOLI, C.; SALVANO, M.; CHIACCHIERA, S. M.; FERRERO, S.; SAENZ, M.; CARVALHO, E. C. Q.; DALCERO, A. **Evaluation of the efficacy of bentonite from the south of Argentina to ameliorate the toxic effects of aflatoxin in broilers.** Poultry Science, Oxford, v. 80, nº 2, p. 139-144, 2001.

ROSA, A. P.; UTTPATEL, R.; SANTURIO, J. M.; SCHER, A.; DUARTE, V.;SANTOs, C. B.; BOEMO, L. S.; & FORGIARINI, J. **Desempenho de frangos de corte oriundos de matrizes de corte submetidas a dietas contendo aflatoxinas e glucomanos esterificados como adsorvente.** Revista Brasileira de Zootecnia, 41**,** 347-352, 2012.

SANTIN, E. Mould growth and mycotoxin production. In: DIAZ, D. E. The Mycotoxin Blue Book. **Nottingham: Nottingham University Press**, 2005. p. 225-234.

SANTIN, E. **Implementação dos Conceitos de HACCP na fábrica de rações.** 2006.

SATURIO, J. M. **Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, v. 2, nº 1, p. 1-12, 2000.

SOBRANE FILHO, S. T. **Adsorvente de micotoxinas em dietas de frangos de corte contendo aflatoxina e fumonisina.** 58 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2014.

WHO. World Health Organization. Evaluation of certain mycotoxins in foods. **WHO Technical Report Series.** Geneva, p. 62. 2002.

ZHAO, J.; SHIRLEY, R. B.; DIBNER, J. D.; URAIZEE, F.; OFFICER, M.; KITCHELL, M.; VAZQUEZ-ANON, M.; & KNIGHT, C. D. **Comparison of hydrated sodium calcium aluminosilicate and yeast cell wall on counteracting aflatoxicosis in broiler chicks.** Poultry Science, 89, 2147-2156. 2010.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

Listeria monocytogenes EM EMBUTIDOS CÁRNEOS: UMA REVISÃO

Listeria monocytogenes IN MEAT SAUSAGES: A REVIEW

TERRA, Débora Arantes Alves[1]*; RIBEIRO, Jhenyfer Lannie de Menezes[2], MARTINS, Otávio Augusto[3]; SANTOS, Elaine Alves dos[4]; RAGHIANTE, Fernanda[5]

[1]*Tecnologia em Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG; [2]Tecnologia em Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro; [3]Doutorado/Biologia/Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP – Campus Botucatu, SP; [4]Doutorado/Tecnologia em Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG; [5]Doutorado/Medicina Veterinária//Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG / *Contato:debora.terra@estudante.iftm.edu.br

RESUMO

Embutido cárneo é um produto elaborado com carne, órgãos comestíveis, curados ou não, condimentados, cozidos ou sem nenhum processo de cozimento, defumados, dessecados ou não, tendo como envoltório tripas, ou outra membrana animal. Estes alimentos, se produzidos em condições higienenicossanitárias inadequadas podem ser contaminados por microrganismos patogênicos, dentre estes, *Listeria monocytogenes*. Este microrganismo pode formar biofilmes em instalações de processamento de alimentos e a partir daí, contaminar produtos prontos para o consumo, que não necessitam de processamento térmico prévio antes de sua ingestão, como os embutidos cárneos. Diante do exposto, o objetivo desta revisão bibliográfica é pesquisar e apresentar dados de estudos e investigações sobre a existência ou não de contaminação dos embutidos cárneos por este microrganismo, uma vez que a legislação brasileira não preconiza a pesquisa de L. monocytogenes em embutidos disponibilizados no comércio, podendo este tipo de alimento oferecer risco à saúde pública.

Palavras-chave: Microbiologia, legislação,-contaminação, produtos cárneos, surtos.

ABSTRACT

Meat sausage is a product made with meat, edible organs, cured or not, seasoned, cooked or without any cooking process, smoked, dried or not, with tripe or other animal membrane as wrapping. These foods, if produced under inadequate sanitary and hygiene conditions, can be contaminated by pathogenic microorganisms, including *Listeria monocytogenes*. This microorganism can form biofilms in food processing facilities and from there, contaminate ready-to-eat products that do not require prior thermal processing before ingestion, such as meat sausages. Given the above, the objective of this literature review is to research and present data from studies and investigations on the existence or not of contamination of meat sausages by this microorganism, since Brazilian legislation does not recommend the research of L. monocytogenes in sausages commercially available, and this type of food may pose a risk to public health.

Keywords: Microbiology, legislation, contamination, meat products, outbreaks.

INTRODUÇÃO

Produtos cárneos e derivados são elaborados totalmente ou parcialmente com carnes, gorduras, miúdos e subprodutos comestíveis, normalmente de origem bovina e suína, com ou sem adição de condimentos, especiarias e aditivos. O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) define embutidos como sendo produtos cárneos elaborados com carne, órgãos comestíveis, curados ou não, condimentados, cozidos ou sem nenhum processo de cozimento, defumados, dessecados ou não dissecados, envoltório a tripas, ou outra membrana animal (Brasil, 2020).

O *Codex Alimentarius* garante ao consumidor o direito de adquirir um alimento seguro e inócuo (Codex, 2019). A qualidade e a segurança na alimentação constituem um direito em todo o mundo, com isso, as empresas produtoras de alimentos vêm buscando assegurar a qualidade dos seus produtos e serviços já que os consumidores estão mais preocupados com a qualidade do que consomem. Diante disto, as empresas, visando garantir a inocuidade dos alimentos, buscam cada vez mais a certificação, baseada em norma de reconhecimento internacional como a ISO 22.000, lançada pela Organização Internacional de Normalização (ISO) em setembro de 2005, objetivando garantir à população a disponibilidade de alimentos seguros (ABNT, 2006.).

Os alimentos podem ser facilmente contaminados por microrganismos patogênicos, se estiverem em condições inadequadas de higiene. Dentre estes microrganismos, destaca-se a bactéria *Listeria monocytogenes*, responsável por infecções transmitidas por alimentos, principalmente naqueles prontos para a comercialização e consumo (Rodrigues et al., 2017a; Oliveira et al., 2017).

Listeria monocytogenes é um patógeno causador de uma grave doença transmitida por alimentos, a listeriose. Essa doença se manifesta em forma não invasiva e invasiva. A forma não invasiva resulta em sintomas típicos como: febre, diarreia e vômito, sendo o período de incubação em aproximadamente 20 horas após a ingestão de alimentos contaminados. Na forma invasiva a doença apresenta sintomas graves, como meningite e encefalite, possuindo taxa de mortalidade de 20 a 30% (Oxaran et al., 2017; Lima e Araújo , 2020).

Os locais de processamento de alimentos são fontes de contaminação por *L. monocytogenes*, por isso esta bactéria é considerada um grande desafio para os processos de higienização. Este microrganismo tem alta capacidade de formar biofilmes em superfícies inoxidáveis favorecendo a colonização nas instalações de processamento dos alimentos (Kocot e Olszewska, 2017). O biofilme é um agrupamento estrutural de bactérias que se aderem umas nas outras, sobre uma determinada superfície, onde conseguem resistir com maior eficiência a ambientes adversos (Miao et al., 2017). Diante dos pressupostos, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literaturas para apresentar os riscos à saúde inerentes à presença de *L. monocytogenes* em embutidos cárneos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica, incluindo buscas na literatura sobre o tema, se embasando em livros, revistas,e artigos científicos que foram obtidos a partir de plataformas e bases de dados: Scielo, ScienceDirect, Google Scholar e PubMed, utilizando como descritores: *Listeria monocytogenes*, *sausages*, *meat*, *microbiology*, *outbreaks*. Foram selecionados estudos qualitativos e revisões bibliográficas relacionadas com contaminação de embutidos cárneos por *L. monocytogenes*.

DESENVOLVIMENTO

Listeria monocytogenes

O gênero *Listeria* pertence à família *Listeriaceae,* ordem *Bacillales*, classe *Bacilli* e filo *Firmicutes* do reino *Eubacteria*. Este filo contém dezessete espécies de bactérias do gênero *Listeria* (Silva et al., 2017). *L. ivanovvi* e *L. monocytogenes* são as espécies consideradas patogênicas, sendo a primeira geralmente em animais como ovinos e bovinos e a segunda em animais e humanos (Chen et al., 2017).

L. monocytogenes, são bastonetes gram-positivos, não esporulados, anaeróbios facultativos, com 0,5 µm de diâmetro e 1 a 2 µm de comprimento, em média (Oliveira et al., 2017). Suas células podem ser vistas isoladas ou em cadeias pequenas em forma de Y ou V, se multiplicam em uma ampla faixa de temperatura (0 a 45ºC), sobrevivem ao congelamento e ao armazenamento por longos períodos (Guilherme e Esteves, 2017). Esses microrganismos toleram variações extremas de pH, temperatura, concentrações de sal e aderem-se rapidamente à superfície de equipamentos em aço inoxidável e utensílios utilizados para fabricação de alimentos, sendo capazes de se multiplicarem, formando biofilmes, favorecendo a contaminação do produto final (Maury et al., 2019; Rodrigues et al., 2017a). É uma bactéria encontrada em diferentes ambientes, como o solo, água, esgoto, vegetação, fezes de animais, alimentos, em fazendas e em instalações de processamento de alimentos (Campagnollo et al., 2018).

Listeriose

Doenças transmitidas por alimentos (DTA) ocorrem devido à ingestão de alimentos contaminados e são consideradas um grave problema de saúde pública. Produtos químicos, toxinas naturais de animais, vírus, parasitas, bactérias patogênicas e fungos toxigênicos são contaminantes envolvidos nos surtos de DTA (Barbosa et al., 2017). Quando duas ou mais pessoas contraem a mesma doença pela ingestão do mesmo alimento ou bebida contaminados, o evento é denominado surto de doença transmitida por alimentos (FDA, 2021).

A listeriose é uma DTA causada pelo consumo de alimentos contaminados por *L. monocytogenes* (Guilherme e Esteves, 2017). Os casos de listeriose levam à hospitalização e resultam em cerca de 20 a 30% de mortalidade. As principais síndromes clínicas incluem infecções

sistêmicas, infecções perinatais e aborto, além de casos de gastrenterite febril (Oliveira et al., 2019). A patogênese inicia-se após a *Listeria* entrar por via oral no organismo hospedeiro, invadindo a mucosa intestinal. Após atingir a corrente sanguínea, a célula bacteriana é fagocitada por macrófagos e após a lise do fagossomo, ela é liberada no citoplasma da célula do hospedeiro, multiplicando-se rapidamente. A dose de infectividade é desconhecida, portanto acredita-se que varia conforme a cepa e a susceptibilidade do indivíduo acometido (Araújo e Lima, 2020).

A listeriose tem uma baixa taxa de incidência e é relatada quase exclusivamente em países industrializados (os dados de Ásia, de África e da América do Sul são escassos). Estima-se que 1.600 pessoas contraem listeriose a cada ano e cerca de 260 vão a óbito. A infecção tem maior probabilidade de adoecer mulheres grávidas e seus recém-nascidos, adultos com 65 anos ou mais e pessoas com sistema imunológico debilitado (CDC, 2021a).

Os produtos cárneos são frequentemente identificados como responsáveis por surtos e casos de listeriose (Chaves et al., 2020). *L. monocytogenes* é um microrganismo geralmente transmitido quando o alimento é processado, preparado, embalado, transportado ou armazenado em ambientes contaminados com a bactéria. A contaminação dos ambientes pode ocorrer via matérias-primas, água, solo e ar. Animais de estimação também podem espalhar a bactéria no ambiente doméstico se ingerirem alimentos contaminados com *L. monocytogenes* (FDA, 2019).

Um surto de listeriose foi relatado nos EUA, em janeiro de 2021, pela ingestão de embutidos cárneos. 12 pessoas infectadas com *L. monocytogenes* foram identificadas na Flórida, Louisiana, Massachusetts e Nova York. Todas as 12 pessoas foram hospitalizadas e uma morte foi relatada na Flórida. Em entrevistas com as 11 pessoas doentes, todos relataram comer embutidos cárneos como salame, mortadela e presunto adquiridos fatiados, pré-embalados disponíveis em balcões de delicatessen nos vários locais (CDC, 2021b).

Em 2019, outro surto de listeriose foi relatado nos EUA. Neste, a cepa de *L. monocytogenes* foi isolada em embutidos fatiados em diversas localidades. Dez pessoas infectadas foram relatadas em 4 estados.Todas foram hospitalizadas e 1 morte foi relatada em Michigan (CDC, 2019).

***Listeria monocytogenes* e embutidos cárneos**

Listeria monocytogenes é uma bactéria muito resistente, sendo capaz de sobreviver a altas concentrações de sal e até mesmo sob refrigeração (Azenha e Silva, 2021). Vários autores têm empreendido esforços na investigação da frequência ou ocorrência de *L. monocytogenes* em alimentos já há alguns anos, particularmente para carnes e produtos cárneos, alimentos que podem apresentar altas taxas de isolamento do microrganismo. No intuito de verificar a ocorrência de *L. monocytogenes* em produtos cárneos, Lima et al. (2003) analisaram 106 amostras de cinco tipos diferentes de linguiças (de carne suína, de carne de frango, tipo calabresa,

mista e tipo toscana). A presença de *Listeria* spp., foi detectada em 62 amostras (58,5%) e a de *L. monocytogenes* em 11 (10,4%). A linguiça de frango foi o alimento onde foi observada a maior ocorrência deste microrganismo (18,2%) nesse estudo.

Em outro estudo, Andrade et al. (2019) avaliaram presuntos fatiados comercializados em supermercados em Recife, PE e detectaram *L. monocytogenes* em 25% (10/40) das amostras avaliadas. O presunto é um embutido comumente consumido cru, sem sofrer nenhum tipo de processamento térmico antes de sua ingestão, o que pode trazer riscos à saúde do consumidor. Resultados similares foram identificados por Pessoa et al. (2020) analisando salames tipo italiano fatiados e embalados à vácuo, de três principais marcas brasileiras e encontrou *L. monocytogenes* em 13,64% das amostras analisadas.

O estudo de Théverot et al. (2005) investigou a ocorrência de *Listeria monocytogenes* em fábricas de processamento de embutidos secos em superfícies antes e durante o processamento. Nesta pesquisa foram avaliadas 1.029 amostras, sendo que 15% estavam positivas para a bactéria antes do início da produção, e 47,3% durante a produção, demonstrando que *L. monocytogenes* pode contaminar as equipamentos e superfícies levando à formação de biofilmes, representando uma fonte de contaminação para os produtos.

Diagnóstico

As características favoráveis apresentadas ao desenvolvimento do patógeno *L. monocytogenes* em produtos de origem animal prontos para o consumo são o pH > 4,4, atividade de água (Aa) superior a 0,92, concentração de NaCl inferior a 10%, com o critério adotado para o monitoramento deste patógeno sendo ausência do mesmo em 25 g da amostra (Rodrigues et al., 2017b).

Métodos oficiais são reconhecidos como métodos analíticos de controle de referência, a maioria destes são clássicos de cultura onde se utilizam caldos seletivos ou ágar de crescimento (Benetti et al., 2013). Esses métodos se baseiam em consensos internacionais de livre acesso, onde se relatam a composição dos meios de cultura e as técnicas a fim de torná-las viáveis. De forma geral, estas metodologias são trabalhosas, demandando grandes quantidades de meios de cultura e tempo para a execução e obtenção das análises de dados (Nyachuba e Donnelly, 2007).

Um dos métodos utilizado para detectar *Listeria* é a técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) que possui grande destaque no avanço da microbiologia, na rápida identificação de patógenos bacterianos, possibilitando a detecção pela busca de sequências de gene alvo. Umas das técnicas moleculares utilizada para a detecção dessa bactérias em alimentos é o PCR quantitativo (qPCR), onde as principais vantagens são: elevada sensibilidade e especificidade e excelente eficiência na detecção ciclo a ciclo, sendo possível verificar a genética entre amostras, desde o início da fase exponencial de amplificação, onde não há saturação (Chuang et al., 2012; Nascimento et al., 2010). Os métodos baseados em DNA, no entanto, não são ca-

pazes de diferenciar DNA de células viáveis e não viáveis em amostras de alimentos, podendo levar a uma superestimação e falsos positivos (Elizaquível et al., 2012; Wagner et al., 2015).

Regulamentação

Algumas regulamentações no Brasil visam o controle da contaminação de *L. monocytogenes* em alimentos. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa número 9, de 8 de abril de 2009, instituindo procedimentos de controle de *L. monocytogenes* em produtos de origem animal prontos para consumo (Brasil, 2009).

A RDC 331/2019 e a IN 60/2019, que entraram em vigor em 26 de Dezembro de 2020, estabelecem os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação e ainda, estabelecem critérios a serem seguidos para conclusões e interpretações de resultados das análises microbiológicas de alimentos. Porém, esses documentos não apresentam parâmetros para a presença de *L. monocytogenes* em produtos cárneos cozidos inteiros ou em cortes, defumados ou não, embutidos ou não, cozidos, curados ou não, defumados ou não, dessecados ou não, refrigerados ou não, como por exemplo, mortadela, salsicha, presunto, fiambre, morcelas, patês, galantines, e embutidos crus como linguiças frescais (Brasil, 2019a; 2019b).

Para os EUA, por exemplo, a legislação define como ilegal produtos contaminados com a presença de *L. monocytogenes*, já na União Europeia propôs um limite de 100 UFC/mL nos alimentos considerados de baixo risco (UE, 2005; Fsanz, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obrigatoriedade de notificações dos casos ocorridos de doenças ocasionadas pela ingestão de alimentos contaminados por *Listeria monocytogenes* aos órgãos oficiais se faz necessária, no intuito de se obter dados que justifiquem a obrigatoriedade em legislação da pesquisa deste microrganismo em embutidos cárneos comercializados a varejo, fatiados ou não.

A falta de diretrizes, regulamentações e legislações sobre esse patógeno em embutidos cárneos para venda nacional e a subnotificação da doença dificultam a verificação da presença de *L. monocytogenes* em embutidos cárneos, podendo acarretar prejuízo à saúde do consumidor, caracterizando um alerta importante para a saúde pública. Como sugestão diante do aqui exposto, fica a revisão por parte dos órgãos competentes das legislações vigentes, acrescentando a pesquisa de *Listeria monocytogenes* em embutidos cárneos.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 22000: **Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos – Requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos.** Rio de Janeiro, 2006 .Disponível em: https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1550. Acesso em: 15 jun. 2021.

ANDRADE, J. M.; MOURA F. M. L.; SILVA T. M. S. S; MEDEIROS. E. S. *Listeria monocytogenes* in ham sliced in supermarkets in Recife city, Pernambuco State. **Arquivos do Instituto de Biologia**, v. 86, p. 1-4, 2019.

AZENHA, N. R. M.; SILVA, M. V. M. Contaminação por *L. monocytogenes* em queijo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 2556-2565 abr./jun. 2021.

BARBOSA, T. A.; SOUZA, Y. J. B. de; SILVA, I. C. R; ORSI, D. O. F. D. C. Avaliação microbiológica de couve minimamente processada comercializada em supermercados de Brasília, DF. **Higiene Alimentar**, v. 31, n. 270/271, p. 97-101, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 9, de 8 de abril de 2009. Procedimentos de controle da *Listeria monocytogenes* em produtos de origem animal prontos para o consumo. **Diário Oficial da União**, Seção 1, Brasília, DF, 09 de abril de 2009.

BRASIL. Instrução Normativa n° 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Edição: 249, Seção: 1, Página: 133, de 26 de dezembro de 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. Resolução -RDC n° 331, de 23 de dezembro de 2019. Padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação**. Diário Oficial da União**, Edição 249, Seção 1, p. 96, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2019b.

BRASIL. Decreto n° 10.468 de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei n° 7.889 de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Edição 159, Seção 1, p. 5, Brasília, DF, 19 de agosto de 2020.

CAMPAGNOLLO, F. B.; GONZALES-BARRON, U.; CADAVEZ, V. A.; SANT'ANA, A. S; SCHAFFNER, D. W. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in traditional Minas cheeses: The cases of artisanal semi-hard and fresh soft cheeses. **Food Control**, v. 92, p. 370-379, 2018.

CDC. Centers of Disease Control and Prevention. 2019. **Outbreak of *Listeria*** Infections Linked to Deli-Sliced Meats and Cheeses. Disponível em: https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/deliproducts-04-19/index.html. Acesso em: 16 jun. 2021.

CDC. Centers of Disease Control and Prevention. 2021a. ***Listeria*. Listeriosis**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/listeria/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CDC. Centers of Disease Control and Prevention. 2021b. Outbreak of ***Listeria*** Infections Linked to Deli Meats. Disponível em: <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/delimeat-10-20/index.html>. Acesso em: 16 jun. 2021.

CHAVES, A. P.; ZEFERINO, R. C. F.; OLIVEIRA, G. P.; ZAMBIAZI, E. T.; ENDERLE, M. C.; KEMPKA, A. P.; MORON, L. S. Atividade antimicrobiana do urucum, ácido fosfórico e Biomax D® contra *Listeria monocytogenes* em salsicha. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 90084-90096, 2020.

CHEN, J. Q.; REGAN, P.; LAKSANALAMAI, P.; HEALEY, S.; HU, Z. Prevalence and methodologies for detection, characterization and subtyping of *Listeria monocytogenes* and *L. ivanovii* in foods and environmental sources. **In Food Science and Human Wellness**, v. 6, n. 3, p. 97-120, 2017.

CHUANG, P. S.; MENG-I.; CHENG; SHIAO, J. C. Identification of tuna species by a real-time polymerase chain reaction technique. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1055-1061, 2012.

CODEX ALIMENTARIUS. **Codex Alimentarius**. 2019. Disponível: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en>. Acesso em: 30 set. 2019.

ELIZAQUÍVEL, P.; SÁNCHEZ, G.; AZNAR, R. Application of propidium monoazide quantitative

PCR for selective detection of live *Escherichia coli* O157:H7 in vegetables after inactivation by essential oils, **International Journal of Food Microbiology**. n. 159, p. 115-121, 2012.

FDA. Food and Drugs Administration.2019. ***Listeria* (Listeriosis)**. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/foodborne-pathogens/listeria-listeriosis>. Acesso em: 16 jun. 2021.

FDA. Food and Drugs Administration.2021. Outbreaks of Foodborne Illness. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/recalls-outbreaks-emergencies/outbreaks-foodborne-illness>. Acesso em: 16 jun. 2021.

FSANZ (**Food Standards Australia New Zealand**) Criteria for *Listeria monocytogenes* Microbiological Limits for Foods. p. 09-14, 2014.

KOCOT, A. M.; OLSZEWSKA, M. A. Biofilm formation and microscopic analysis of biofilms formed by *Listeria monocytogenes* in a food processing context. **Food Science and Technology**, v. 84, p. 47-57, 2017.

GUILHERME, D. L.; ESTEVES, D. C. Doenças transmitidas por alimentos e água. **Conexão Eletrônica**, v. 14, p. 390-401, 2017.

LIMA, A. T. F.; ROSSINI, E. M. M.; POMPERMAYER, D. M. C. **Incidência de *Listeria* sp. e *Listeria monocytogenes* em produtos cárneos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 22, Florianópolis, 2003. Resumos... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2003.

LIMA, I. C. B.; ARAÚJO, L. R. S. A importância da *Listeria monocytogenes* na indústria alimentícia. Araújo, L. R. Sa. **Fundamentos e atualidades em tecnologia e inspeção de alimentos**. Fortaleza: Editora In Vivo, 2020. 131p.

MAURY, M. M.; BRACQ-DIEYE, H.; HUANG, L., VALES, G.; LAVIDA, M.; THOUVENOT, P.; DISSON, O.; LECLERCQ, A.; BRISSE, S.; LECUIT, M. Hypervirulent *Listeria monocytogenes* clones' adaption to mammalian gut accounts for their association with dairy products. **Nature Communications**, v. 10 n. 2488, p. 1-12, 2019.

MIAO, J.; LIANG, Y.; CHEN, L.; WANG, W.; WANG, J;LI, B.; LI, L.;CHEN, D.; XU, Z. Formation and development of *Staphylococcus* biofilm: with focus on food safety. **Journal of Food Safety**, v. 37, n. 4, p. e12358, 2017.

NASCIMENTO, S.; SUAREZ, E. R.; PINHAL, M. A. S. Tecnologia de PCR e RT-PCR em tempo real e suas aplicações na área médica. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 67, p. 7-19. 2010.

NYACHUBA, D. G.; DONNELLY, C. W. Comparison of 3M Petrifilm environmental *Listeria* plates against standard enrichment methods for the detection of *Listeria monocytogenes* of epidemiological significance from environmental surfaces. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 346-54, 2007.

OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN C. H.; LEE, S. H. I.; GONÇALVES, B. L; BARANCELLI, G. V. Pathogenic bacteria in cheese, their implications for human health and prevention strategies. In: **Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease**. San Diego, CA: Academic Press, p. 61-75, 2017.

PESSOA, C. A. S. de S.; ARAGÃO, B. B.; COSTA, C. A.; SANTOS, H. C. S.; SILVA, M. G. V.; MOURA, A. P. B. L. Ocorrência de *Listeria* spp. em salame tipo Italiano comercializados em supermercados do bairro de Casa Amarela, Recife - PE**. Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 14, n. 4, p. 341-345, 2020.

RODRIGUES, M. X.; SILVA, N. C. C.; TREVILIN, J. H.; CRUZADO, M. M. B.; MUI, T. S.; DUARTE, F. R. S.; CASTILHO, C. J. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; PORTO, N. Molecular characterization and antibiotic resistance of *Staphylococcus* spp. isolated from cheese processing plants. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 5167-5175, 2017a.

RODRIGUES, C. S.; SÁ, C. V. G. C. de; MELO, C. B. Anoverview of *Listeria monocytogenes* contamination in ready to eat meat, dairy and fishery foods. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017b.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. 5ª.ed. São Paulo: Blucher, 2017. 560p.

THÉVENOT, D.; DELIGNETTE-MULLER, M. L.; CHRISTIEANS, S.; VERNOZY-ROZAND, C. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in 13 dried sausage processing plants and their products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 102, p. 85-94, 2005.

UE. **Commission regulation (ec) no 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs.** Off. J. Eur. Union L338, 2005. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32005R2073>. Acesso em: 13 jun. 2021.

OXARAN, V.; LEE, S. H. L.; CHAUL, L. T.; CORASSIN, C. H.; BARANCELLI, G. V.; ALVES, V. F.; OLIVEIRA, C. A. F.; GRAM, L.; MARTINS, E. C. P. *Listeria monocytogenes* incidence changes and diversity in some Brazilian dairy industries and retail products. **Food Microbiology**, v. 68, p.16-23, 2017.

WAGNER, A. O.; PRAEG N.; REITSCHULER, C.; ILLMER, P. Effect of DNA extraction procedure, repeated extraction and ethidium monoazide (EMA)/propidium monoazide (PMA) treatment on overall DNA yield and impact on microbial fingerprints for bacteria, fungi and archaea in a reference soil. **Applied Soil Ecology**, v. 93, p. 56-64, 2015.

2021 WICTA
16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

MEIOS DE CULTURA ALTERNATIVOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

ALTERNATIVE MEDIA OF CULTURE: A LITERATURE REVIEW

SANTOS, Francielle Penha dos[1]; MAGALHÃES, Diogo Corrêa Moreira Maimone de[1]; CASTRO, Leticia Cardoso de[1]; CRUZ, Carlos Henrique da Silva[1]; NASCIMENTO, Janaína dos Santos[1]; RAMOS, Gustavo Luis de Paiva Anciens[2]*

[1]Laboratório de Microbiologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil; [2]Departamento de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil
*Contato: janaina.nascimento@ifrj.edu.br

RESUMO

Os meios de culturas convencionais geralmente possuem alto custo, devido às suas formulações. Assim, vários estudos buscam desenvolver e avaliar a eficácia de meios de cultura alternativos e de baixo custo, utilizando, na maioria das vezes, matérias-primas naturais e de fácil acesso. O presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão de literatura, observando as mais variadas formulações de meios de cultura a base de produtos de origem vegetal para crescimento de micro-organismos e para a produção de compostos microbianos de interesse industrial. Na maioria das formulações reportadas foram utilizados substratos vegetais como soja, alguns tipos de feijão, milho e arroz, além de resíduos agroalimentares. Em geral, quando comparados aos meios convencionais, os meios de cultura alternativos, em sua grande maioria, apresentam resultados satisfatórios em termos de eficiência do crescimento microbiano e de custo de produção.

Palavras-chave: Meios de cultura alternativos, baixo custo, formulações, resíduos alimentares.

ABSTRACT

Conventional culture media are generally expensive due to their formulations. Thus, several studies seek to develop and evaluate the effectiveness of alternative and low-cost culture media, using, in most cases, natural and easily accessible raw materials. This study aimed to carry out a literature review, observing the most varied formulations of culture media based on products of plant origin for the growth of microorganisms and for the production of microbial compounds of industrial interest. In most of the reported formulations, vegetable substrates such as soy, some types of beans, corn, and rice were used, in addition to agro-food residues. In general, when compared to conventional media, alternative culture media, for the most part, present satisfactory results in terms of microbial growth efficiency and production cost.

Keywords: Alternative culture media, low cost, formulations, food residues.

INTRODUÇÃO

Os meios de cultura utilizados nos laboratórios fornecem aos micro-organismos os nutrientes necessários para o seu crescimento. De modo geral, há muitas opções de matérias-primas para a confecção desses meios, que podem ser empregados apenas para o crescimento microbiano, ou ainda, para outras finalidades, como é o caso dos meios seletivos e diferenciais e dos meios empregados para produção de compostos microbianos (Rouf et al., 2017).

Em países em desenvolvimento, o alto custo dos meios de cultura pode constituir um obstáculo para a execução de aulas práticas de microbiologia ou pesquisa científica em instituições com poucos recursos financeiros (Uthayasooriyan et al., 2016; Jadhav*et al*., 2018; Cruz *et al.*, 2020). Com isso, alguns estudos apontam que o uso de vegetais pode ser vantajoso para a formulação de meios de cultura alternativos (não comerciais), uma vez que estes substratos são fontes de diversos nutrientes, dentre os quais, proteínas, que são essenciais para o crescimento dos micro-organismos (Ravimannan & Pathmanathan, 2016).

Nesta revisão, são apresentados estudos sobre meios de culturas alternativos, formulados com produtos de origem vegetal, descritos na literatura nos últimos anos. Com este trabalho, objetiva-se fornecer as bases científicas e estimular a elaboração e o uso desses meios de cultura em instituições de ensino e pesquisa com limitações financeiras para a aquisição de meios de cultura convencionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desta revisão, foi realizado um levantamento de produções científicas disponíveis no banco de dados do Google Acadêmico e do Periódico Capes, utilizando-se palavras-chaves como “meios de cultura alternativos”, “baixo custo”, “soja”, “vegetais”, “resíduos alimentares”, “crescimento microbiano”, “bactérias”, “fungos”, “microalgas” e suas respectivas traduções para a língua inglesa, tanto de forma isolada quanto com diferentes combinações entre elas.

Foram selecionados artigos publicados e trabalhos apresentados em anais de eventos científicos, em português e em inglês, entre os anos de 2015 a 2020, contendo informações sobre a elaboração e eficácia do uso de meios de cultura alternativos, utilizando alimentos de origem vegetal em sua composição.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os micro-organismos dependem de condições favoráveis para o seu crescimento, tais como temperatura e nutrientes adequados. Neste último caso, as propriedades de alguns vegetais, quando usados nas formulações dos meios de cultura, podem fornecer o necessário para a nutrição microbiana. A Tabela 01 apresenta um compilado de alimentos ou resíduos de alimentos utilizados na composição dos meios de cultura alternativos por diferentes autores ao redor do mundo.

Além de oferecer um alto valor nutricional, a soja tem um importante papel na economia do Brasil, pois todos os anos são exportadas milhões de toneladas de soja para vários países do mundo (Cattelan & Dall'Agnol, 2018). Sem dúvidas, a soja é um dos alimentos mais versáteis quando se trata do uso para a composição de meios de cultura. Diversos meios comerciais têm a soja como principal fonte de nutrientes em sua composição. Dessa forma, seu uso para os meios de cultura alternativos também tem sido bastante estudado.

Nosso grupo publicou um estudo onde a proteína de soja texturizada (PST), facilmente adquirida em mercados, foi utilizada, em concentrações de 0,5% a 10%, para o preparo de meios de cultura alternativos. Trinta e oito bactérias, dentre elas importantes patógenos e deteriorantes relacionados a alimentos como *Bacillus cereus, Micrococcus luteus, Escherichia colli, Hafnia alvei* e *Serratia marcescens,* foram inoculados em meios contendo diferentes concentrações de PST. Foi verificado que a concentração de 7,5% permitiu o crescimento de 100% das bactérias testadas. O meio também apresentou um custo de produção de aproximadamente 86% menor que o caldo triptona de soja e 68% menor do que o ágar triptona de soja. O trabalho demonstrou, portanto, que um meio de cultura de fácil elaboração, baixo custo e boa eficiência é viável (Cruz et al., 2020).

Em um trabalho realizado no Sri Lanka, visando avaliar o crescimento de estirpes das leveduras *Saccharomyces* sp. e *Schizosaccharomyce*s sp., Ravimannan & Pathmanathan (2016) elaboraram um meio de cultura à base de farinha se soja. Os autores relataram que o meio alternativo de farinha de soja foi mais eficiente para o crescimento de leveduras do que o meio de cultura convencional. Além disso, os autores descrevem como outra vantagem o fato de que a farinha de soja é facilmente obtida pela moagem de soja e é cerca de 50 vezes mais barata do que o meio comercial contendo peptona e extrato de levedura (Ravimannan & Pathmanathan, 2016).

Tabela 01: Alimentos ou resíduos de alimentos de origem vegetal utilizados na composição de diferentes meios de cultura alternativo.

Alimentos ou resíduos de alimentos utilizados	Finalidade	Referências
Proteína de soja texturizada	Cultivo de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas isoladas de alimentos	Cruz et al. (2020)
Resíduo de polpa de manga	Produção de celulose bacteriana por *Komagataeibacter xylinus*	García-Sánchez et al. (2020)
Biocomposto de frutas e vegetais descartados	Cultivo de microalgas	Medeiros et al. (2020)
Feijão branco, fava, feijão-mungo, ervilha, grão-de-bico, feijão fradinho e lentilha	Produção de prodigiosina por *Serratia marcescens*	Mohammed et al. (2020)
Arroz, feijão-caupi, lentilha, ervilha, grão-de-bico, proteína de soja, feijão-mungo	Cultivo de diferentes bactérias e fungos	Shareef et al. (2019)
Sementes e cascas de baqueta vegetal, casca de laranja, casca de batata, caule de couve-flor e caule de feno-grego	Cultivo de diferentes bactérias	Jadhav et al. (2018)
Macaxeira, batata-doce (de casca roxa e de casca branca), cará-roxo e cará branco	Produção de biomassa do fungo *Pleurotus eryngii*	Andrade (2017)
Líquor de maceração de milho	Produção de celulose por *Gluconacetobacter hansenii.*	Costa et al. (2017)
Hidrolisado de proteína de soja	Cultivo de *Pichia kudriavzevii L9* (agente de controle da podridão pós-colheita de frutas)	Alves et al. (2016)
Farinha de soja	Cultivo de leveduras	Ravimannan & Pathmanathan (2016)
Resíduos de compostagem de frutas e vegetais, resíduos de cana-de-açúcar e vinhaça	Produção de biomassa de microalgas	Calixto et al. (2016)
Melaço de cana, milhocina, águas russas (subproduto da extração do azeite)	Produção de lipase por *Candida rugosa*	Freitas et al., 2016
Pó de casca de cebola, de casca de milho e de casca de alho	Cultivo de diferentes bactérias e fungos	Berde & Berde (2015)
Melaço de soja enriquecido com carbonato de cálcio	Desenvolvimento das seguintes bactérias lácteas	Caldeirão et al. (2015)

Caldeirão e colaboradores (2015) avaliaram o crescimento de bactérias lácticas em um meio de cultura composto à base de melaço de soja. O melaço foi obtido através de farinha de soja desengordurada e lavada com uma solução hidroalcoólica. Após esse processo, o solvente foi evaporado e os sólidos concentrados formaram o melaço. O estudo brasileiro apontou que todas as bactérias lácticas testadas foram capazes de crescer no meio de melaço de soja, porém, as estirpes *Bifidobacterium lactis* Bb-12 e *Lactobacillus helveticus* LH-13 foram os micro-organismos que mais se desenvolveram neste meio, apresentando contagens superiores a 10^8 UFC/ml (Caldeirão et al., 2015).

Farinha de soja natural e processada, além de arroz, grão de bico e milho também foram utilizados, separadamente, como base para meios alternativos por autores do Sri Lanka, que testaram diferentes micro-organismos e compararam seu crescimento tanto nos meios formulados quanto nos meios comerciais ágar nutriente, para as bactérias, e PDA (*potato dextrose agar*), para os fungos. Os resultados obtidos revelaram que os meios formulados permitiram o crescimento dos micro-organismos testados, tornando possível a utilização de matérias-primas baratas e de fácil aquisição como arroz, grão de bico, milho e soja na composição de meios alternativos para estudos bacteriológicos e micológicos (Uthayasooriyan et al., 2016).

Além da soja, outros vegetais têm sido utilizados na composição de meios de cultura. Em um estudo realizado no Iraque, por Shareef (2009), proteína vegetal natural proveniente de diferentes grãos moídos (arroz, lentilha, ervilha, grão-de-bico, soja, feijão-caupi e feijão-mungo) foi utilizada para formulação de meios alternativos. A autora relata que, com exceção do meio preparado com arroz, todos os demais meios se mostraram eficazes para o crescimento dos micro-organismos testados, que incluíram bactérias e fungos comumente associados a alimentos (*Staphylococcus aureus, E. coli, B. cereus, Pseudomonas aeruginosa, Penicillium sp.* e *Aspergillus sp.).* Dados os resultados satisfatórios, o autor afirma que os meios alternativos elaborados poderiam facilmente substituir os meios convencionais (Shareef, 2019).

Já nas Filipinas, Gabunia *et al*. (2019) avaliaram a utilização de extrato de milho como meio de cultura para *S. aureus e E. coli*. Os resultados revelaram que o meio alternativo formulado pelos autores apresentou os mesmos resultados que o ágar nutriente comercial.

Andrade (2017) descreve a formulação de meios de cultura alternativos para a produção de biomassa do cogumelo comestível *Pleurotus eryngii*. Os meios foram desenvolvidos por fermentação submersa usando-se a infusão do cozimento de substratos vegetais amazônicos, como macaxeira, batata-doce de casca roxa, cará-roxo e cará branco, na concentração de 20% (v/v) e com a adição de 2% de glicose. A autora relata que todas as preparações resultaram em boa produção de biomassa, com destaque para aqueles formulados à base de batata-doce de casca roxa e o cará-branco.

Caules de vegetais e cascas de frutas são geralmente descartados ou usados em compostagem. No entanto, esses resíduos possuem um alto valor nutricional, já que frutas e vegetais possuem uma quantidade considerável de amido e de proteínas, e o seu uso poderia reduzir consideravelmente o custo de produção dos meios de cultura (Jadhav et al., 2018). Um estudo realizado na Índia por Berde & Berde (2015) utilizou resto de vegetais como meio de cultura alternativo. Pó de casca de cebola, de casca de milho e de casca de alho foram utilizados juntos em um meio de cultura, denominado GCO (*garlic corn onion*). Bactérias como *Bacillus* sp., *Sarcina* sp., *P. aeruginosa* e os fungos *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus niger*e *Trichoderma viridae* foram utilizados para avaliar a eficiência do meio CGO. Segundo os autores, o crescimento dos diferentes micro-organismos

testados nesse meio foi comparável ao de meios comerciais, sugerindo que esse meio de cultura economicamente vantajoso possa ser utilizado em laboratórios e até mesmo em nível industrial, para obtenção de produtos obtidos a partir do crescimento fúngico.

Em outro estudo indiano, também visando o uso de resíduos vegetais e de frutas como matéria-prima para composição de meios alternativos, Jadhav et al. (2018) analisaram o crescimento de *E. coli, Serratia sp.* e *Pseudomonas sp.* em nove diferentes formulações contendo concentrações variadas de sementes e cascas de baqueta vegetal, casca de laranja, casca de batata, caule de couve-flor e caule de feno-grego. Os resultados mostraram que todas as formulações permitiram o crescimento das bactérias testadas. Foi relatado também pelos autores que o crescimento bacteriano em três das nove formulações foi maior do que o apresentado em caldo nutriente comercial.

Meios alternativos também podem ser utilizados para o cultivo de microalgas, visando a produção de biomassa tanto para a alimentação humana quanto para a aquicultura. Pesquisadores brasileiros avaliaram o potencial de crescimento e produção de biomassa de quatro espécies de microalgas em diferentes meios alternativos compostos por resíduos de frutas e vegetais que sobram de mercados de distribuição, resíduos de cana-de-açúcar e vinhaça. Os resultados obtidos mostraram que o meio composto por resíduos de frutas e vegetais foi promissor para o cultivo das microalgas, que apresentaram produtividade superior às observadas quando cultivadas nos meios controle (Calixto et al., 2016).

Alguns trabalhos também destacam a utilização de meios de cultura alternativos para a obtenção de produtos microbianos, como por exemplo, a celulose. Apesar das celuloses serem mais comumente produzidas por plantas, algumas bactérias dos gêneros G*luconacetobacter*, *Sarcina* e *Komagataeibacter*, dentre outras, também podem produzir esse polímero. Apesar do grande valor agregado com importantes aplicações na indústria, o custo de produção da celulose bacteriana é muito elevado (Costa et al., 2017; García et al., 2020). No estudo realizado por Costa et al. (2017), aqui no Brasil, meios alternativos formulados com resíduos da indústria de alimentos como melaço de cana-de-açúcar e licor de maceração de milho foram utilizados para verificar sua eficiência na produção de celulose por uma estirpe de *Gluconacetobacter hansenii*. O meio alternativo contendo melaço de cana não resultou em resultados positivos, porém, o meio com licor de maceração do milho foi o que proporcionou o maior rendimento em termos de massa seca e hidratada de celulose bacteriana, tendo uma eficiência de cerca de 73% daquela obtida com o meio comercial utilizado para este fim.

Recentemente, um estudo mexicano investigou o potencial de utilização do resíduo de polpa de manga como meio de cultura alternativo para a produção de celulose pela bactéria *Komagataeibacter xylinus*. A estrutura química e a degradação térmica da celulose bacteriana produzida a partir do resíduo de polpa de manga foram semelhantes àquelas obtidas com açúcares puros. Com isso, os autores afirmam que a produção de celulose nesse meio alter-

nativo é viável e obtém um alto rendimento. Além disso, do ponto de vista da sustentabilidade, esse processo aproveita um resíduo agroalimentar gerado em diversos países e contribui para a redução dos custos de produção da celulose bacteriana (García et al., 2020).

Lipases, por sua vez, são um grupo de enzimas capazes de catalisar a hidrólise da ligação éster de triacilgliceróis, gerando ácidos graxos livres e glicerol. Essas enzimas microbianas são muito utilizadas nas aplicações industriais nas áreas de alimentos, síntese orgânica e farmacêutica. A produção de lipases microbianas em meios alternativos também já foi citada na literatura, em um trabalho realizado em Portugal. Neste trabalho, visando à produção de lipases a partir da levedura *Candida rugosa*, os autores utilizaram meios de cultura alternativos compostos por uma combinação de diferentes concentrações de melaço de cana, milhocina e águas russas (subproduto da extração do azeite). Foi observado que o meio contendo melaço, milhocina e águas russas nas concentrações de 1%, 0,4% e 0,1%, respectivamente, foi o que propiciou a produção de lipases, sugerindo que esses resíduos podem ser empregados para a produção dessas enzimas, reduzindo substancialmente os custos com meios de cultura (Freitas et al., 2016).

Mohammed e colaboradores (2020) utilizaram misturas de leguminosas para a composição de um meio que estimulasse pigmentos de prodigiosina em *Serratia marcescens*. O meio foi preparado a partir do pó de sete leguminosas diferentes: feijão branco, fava, feijão -mungo, ervilha, grão-de-bico, feijão fradinho e lentilha. As formas sólidas e líquidas do meio de cultura alternativo mostraram estimulação da produção do pigmento após incubação de 25-28°C por 24h. Os autores também testaram as sete leguminosas individualmente a fim de verificar a produção do pigmento, no entanto, observaram a diminuição da produção da prodigiosina, com as colônias ficando com coloração vermelho claro. O meio preparado com a combinação de leguminosas se mostrou, portanto, de fácil preparo e armazenamento. Além disso, apresentou alta eficácia na estimulação da produção de pigmentos de *S. marcescens*, com a vantagem de que seus constituintes estão disponíveis por um baixo custo.

CONCLUSÕES

O levantamento bibliográfico comprovou a possibilidade de elaboração de meios de cultura eficazes e de baixo custo, muitos deles usando alimentos ou suas partes não aproveitadas para o consumo humano, tornando seu uso acessível a instituições que não dispõem de recursos suficientes para a aquisição de meios de cultura comerciais.

Além de auxiliar na acessibilidade ao conhecimento, os trabalhos analisados contribuem para a sustentabilidade, do ponto de vista do aproveitamento de resíduos alimentares. A maioria dos estudos aponta a eficácia dos meios de culturas alternativos, indicando que estes têm aplicabilidades semelhantes e, em alguns casos, desempenho superior quando comparados aos meios de cultura tradicionais.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. D. S.; TAVARES, P. D. S.; LIMA, J. D. S.; DUARTE, N., & GAVA, C. Hidrolisado de proteína de soja em meio de cultivo para a produção de agente de controle biológico. In: **Anais da Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016.

ANDRADE, C. P. **Meios de cultura alternativos para a produção de biomassa de Pleurotus eryngii**. Trabalho de Conclusão de Curso. Manaus: Universidade do Estado do Amazonas, 2017.

AVERSARI, M. N. (2018). Cultivo de microalgas em meio alternativo e de baixo custo, enriquecido com resíduos de compostagem. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5 (11), p. 969-985., 2018.

BERDE, C. V.; BERDE, V. B. Vegetable waste as alternative microbiological media for laboratory and industry**. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4(5), p. 1488-1494, 2015.

CALDEIRÃO, L.; BOSSO, A.; TOMAL, A. A. B.; BUSANELLO, M.; SPINOSA, W. A. avaliação do desenvolvimento de bactérias lácticas em melaço de soja. **Blucher Biochemistry Proceedings (V Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia)**, v. 1(2), p. 369-369, 2015.

CALIXTO, C. D.; DA SILVA SANTANA, J. K.; DE LIRA, E. B.; SASSI, P. G. P.; ROSENHAIM, R.; COSTA-SASSI, C. F.; CONCEIÇÃO, M. M.; SASSI, R. Biochemical compositions and fatty acid profiles in four species of microalgae cultivated on household sewage and agro-industrial residues. **Bioresource Technology**, v. 221, p. 438-446, 2016.

CATTELAN A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 25(1), p. D102, 2018.

CRUZ, C. H. S.; SANTOS, J. B.; SANTOS, F. P.; SILVA, G. M. M.; CUZ, E. F. N.; RAMOS, G. L. P. A.; NASCIMENTO, J. S. Texturized soy protein as an alternative low-cost media for bacteria cultivation. **Bacterial Empire**, v. 3, n. 4, p. 74-76, 2020.

FREITAS, M.; GUDIÑA, E. J.; SILVÉRIO, S. C.; RODRIGUES, L. R.; GONÇALVES, L. R. B. Produção de lipase a partir de *Candida rugosa* NRRL Y-95 utilizando meio de cultura contendo resíduos agroindustriais. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2016. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/44520/1/document_46604_1.pdf>.

GARCÍA-SÁNCHEZ, M. E.; ROBLEDO-ORTIZ, J. R.; JIMÉNEZ-PALOMAR, I.; GONZÁLEZ-REYNOSO, O.; GONZÁLEZ-GARCÍA, Y. Production of bacterial cellulose by Komagataeibacter xylinus using mango waste as alternative culture medium. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 19(2), p. 851-865, 2020.

GABUNIA, K.; DESLATE, H. M.; GARCIA, J. Effectiveness of Corn Husk Extract as an Alternative Culture Media for the growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Research Publication**, v. 39, p. 2, p 1-3, 2019.

JADHAV, P.; SONNE, M.; KADAM, A.; PATIL, S.; DAHIGAONKAR, K.; OBEROI, J. K. Formulation of cost effective alternative bacterial culture media using fruit and vegetables waste. **International Journal of Current Research and Review**, v, 10(2), 6-15, 2018.

MEDEIROS, V. P. B.; PIMENTEL, T. C.; VARANDAS, R. C. R.; DOS SANTOS, S. A.; DE SOUZA PEDROSA, G. T.; COSTA-SASSI, C. F.; CONCEIÇÃO, M. M.; & MAGNANI, M. Exploiting the use of agro-industrial residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture medium. **Food Research International**, v. 137, p. 109722, 2020.

MOHAMMED, B. B.; SHATTI, Z. O.; JASIM, E. I.; DARI, W. A.; ALFRAJI, N. Local culture medium from the legumes mixture as a novel media for the growth and stimulation of prodigiosin pigment which production from *Serratia marcescens* that isolated environmentally. **Plant Archives**, v. 20(1), p. 991-1000, 2020.

RAVIMANNAN, S. P.; PATHMANATHAN, S. Soy flour as alternative culture media for yeasts. Global **Journal of Science Frontier Research**, v. 16(3), p. 75-78, 2016.

ROUF, A.; KANOJIA, V.; NAIK, H. R.; NASEER, B.; QADRI, T. An overview of microbial cell culture. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry,** v. 6(6), p. 1923-192, 2017.

SHAREEF, S. A. Formulation of Alternative Culture Media from Natural Plant Protein Sources for

Cultvation of different Bacteria and Fungi. **Zanco Journal of Pure and Applied Sciences***,* v. 31(4*)*, p. 61-69, 2019.

UTHAYASOORIYAN, M.; PATHMANATHAN, S.; RAVIMANNAN, N.; SATHYARUBAN, S. Formulation of alternative culture media for bacterial and fungal growth. **Der Pharmacia Lettre**, v. *8*(1), p. 431-436, 2016.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

METAIS TÓXICOS EM PRODUTOS LÁCTEOS: ASPECTOS REGULATÓRIOS E PERIGOS TOXICOLÓGICOS AO CONSUMIDOR

TOXIC METALS IN DAIRY PRODUCTS: REGULATORY ASPECTS AND TOXICOLOGICAL HAZARDS TO THE CONSUMER

ROCHA, Luciana da Silva[1]*, QUITÉRIO, Simone Loreno[1]; CRUZ. Adriano Gomes[1]

Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). *Contato: lucianadasilvarocha@gmail.com

RESUMO

Leite e derivados são importantes constituintes de uma alimentação adequada e saudável, sendo frequentemente consumidos por crianças e idosos, ambos integrantes do grupo de risco para doenças transmitidas por alimentos. Nessa matriz alimentar também podem ser encontrados metais tóxicos em diferentes formas químicas orgânicas, inorgânicas ou elementares, todas sem nenhuma função fisiológica benéfica ou essencial a organismos humanos. Dentro do grupo dos contaminantes inorgânicos, encontram-se o mercúrio, o cádmio, o chumbo e o arsênio (Hg, Cd, Pb, e As), que produzem efeitos adversos mesmo em quantidades traço, sendo alguns de caráter cumulativos e de lenta eliminação. Diante dessa relação, esta revisão tem como objetivo dar uma visão geral sobre aspectos regulatórios que envolvem metais tóxicos em produtos lácteos e sobre os perigos toxicológicos ao consumidor.

Palavras-chave: Metais tóxicos, contaminantes inorgânicos, produtos lácteos, perigos toxicológicos à saúde.

ABSTRACT

Milk and dairy products are important constituents of an adequate and healthy diet. Children and elderly, that have the highest risk of acquiring foodborne disease, oftenly consume these products. Under these group of food, one could find toxic metals in organic, inorganic and elemental forms, all of them with no essential physiological function to human organisms. Inside the group of inorganic contaminants, by its turn, one could identify mercury, cadmium, lead and arsenic (Hg, Cd, Pb, and As), which are capable of producing adverse effects even in lowest amounts, some of which are cumulative and slow to eliminate. Given this relation, this review aims to provide an overview of regulatory aspects involving toxic metals in dairy products and the toxicological hazards to the consumer.

Keywords: Toxic metals, inorganic contaminants, dairy products, toxicological health hazards.

INTRODUÇÃO

Leite e derivados são importantes constituintes de uma alimentação adequada e saudável. São alimentos com indicação para serem consumidos frequentemente na primeira refeição do dia ou como ingrediente de inúmeras preparações culinárias consumidas ao longo do dia (BRASIL, 2014). Também são ricos em minerais essenciais que são requisitados em geral pelo organismo em pequenas quantidades, no entanto desempenham funções relevantes tais como: no equilíbrio-osmótico, na contração muscular, como cofatores, no equilíbrio ácido-base, em funções estruturais entre outros. Nessa mesma matriz alimentar também podem ser encontrados elementos, que em geral são metais em diferentes formas químicas orgânicas, inorgânicas ou elementares, os quais não possuem nenhuma função fisiológica benéfica ou essencial ao organismo. Esses elementos Hg, Cd, Pb, e As produzem efeitos adversos mesmo em quantidades traço, e alguns são cumulativos e de lenta eliminação. O Codex Alimentarius (2020) (Codex) conceitua que "contaminantes são substâncias não adicionadas intencionalmente aos alimentos" e podem surgir durante alguma etapa do processamento dos alimentos ou através do meio ambiente em que estão relacionados. Comitês específicos do Codex Alimentarius são responsáveis por estabelecer os limites máximos (LM) da maioria desses contaminantes. É importante esclarecer que muitos deles estão presentes naturalmente no ambiente, logo não seria possível estabelecer limite igual a zero, por isso estão presentes muitas vezes de forma não intencional (CODEX ALIMENTARIUS, 2012). Diante disso, os especialistas trabalham com o estabelecimento de níveis bem reduzidos, toleráveis e seguros.

Diferentes medidas são propostas pelo Codex para garantir alimentos com níveis aceitáveis / toleráveis de contaminantes, tais como: "eliminação ou controle da fonte de contaminação; avaliação do processamento dos alimentos; identificação e separação dos alimentos inadequados ao consumo humano" (CODEX ALIMENTARIUS, 2012). Especificamente, os contaminantes inorgânicos (Hg, Cd, Pb, e As) são metais, que acabam sendo confundidos pelo organismo como "falsos" minerais essenciais.

Paiva e colaboradores (2019) conceituam que o leite de qualidade é um produto "com sabor e odor agradáveis, alto valor nutricional, baixa contaminação microbiana e ausência de bactérias nocivas para a saúde humana, livre de adulterantes, de sedimentos, de substâncias tóxicas ou de outros contaminantes químicos". Este conceito nos remete ao entendimento que este alimento deve nutrir, ter qualidade e ser seguro. Chandrakar e colaboradores (2018) abordam a contaminação química no leite indiano, e destacam a preocupação do consumo feito principalmente por crianças e idosos que fazem parte do grupo de risco. Diante dessa relação, esta revisão tem como objetivo dar uma visão geral sobre aspectos regulatórios que envolvem metais tóxicos em produtos lácteos e sobre os perigos toxicológicos ao consumidor.

METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando as palavras-chaves: metais tóxicos, contaminantes inorgânicos, produtos lácteos, perigos toxicológicos à saúde, em inglês e português, na base de dados do Periódicos Capes, *Science Direct*, *Wiley, Springer* e Google Acadêmico. Buscas diretas em sites de organismos nacionais e internacionais como Codex Alimentarius, FAO, WHO, ANVISA, MAPA acessando relatórios e legislações.

DESENVOLVIMENTO

Na cadeia de produção dos lácteos, Arisseto-Bragotto e Spizzo (2018) relacionam contaminantes intencionais e não intencionais, como sendo "substâncias potencialmente tóxicas de origem natural (micotoxinas), ambiental (metais, dioxinas, bifenilas policloradas), formadas durante o processamento, adicionadas com finalidades específicas (aditivos, adulterantes), provenientes da embalagem, bem como os resíduos de substâncias utilizadas na produção animal (medicamentos veterinários) e agrícola (agrotóxicos)". Esses químicos podem ser adicionados intencionalmente para fins tecnológicos (por exemplo, aditivos alimentares) ou não intencionalmente, estando presentes no próprio ar ambiente, água e solo (WHO, 2020a).

Aspectos Regulatórios

O Codex, criado em conjunto com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), é uma ferramenta fundamental para os que atuam nos diferentes elos da cadeia produtiva com o intuito de ofertar aos consumidores alimentos seguros e de qualidade (MARTINELLI, 2003). A comissão do Codex possui 3 comitês de assessoramento científico com especialistas (consultorias especializadas) ligados a FAO e OMS, que são: o *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA), responsável pelas áreas de aditivos, resíduos de drogas veterinárias, contaminantes e toxinas nos alimentos; o *Joint Meeting on Pesticides Residues* (JMPR) estuda os resíduos de pesticidas em alimentos e no meio ambiente, avaliando dados sobre metabolismo, níveis máximos de resíduos e padrões de uso; o J*oint Expert Committee on Microbiological Risk Assessment* (JEMRA) o qual realiza uma avaliação do risco microbiológico na combinação patógeno e produto (FAO, 2019) (MARTINELLI, 2003). Os estudos realizados pelos comitês JECFA e o JMPR servem de base para a confecção das legislações nacionais dos países membros, e abrangem determinação dos limites máximos tolerados (LMT), aspectos toxicológicos, estudos sobre exposições crônicas e agudas e avaliação da exposição em humanos (ARISSETO-BRAGOTTO & SPISSO, 2019).

Na 38º Sessão do Comitê do Codex sobre aditivos alimentares e contaminantes, o JECFA estabeleceu níveis máximos de ingestão mensais, semanais e diários toleráveis e seguros, e também, definiu uma lista com os níveis de contaminantes em alimentos. A Tabela 01 destaca a Ingestão Semanal Tolerável Provisória (*Provisional Tolerable Weekly Intake* - PTWI) e a Ingestão

Mensal Tolerável Provisória (*Provisional Tolerable Monthly Intake* - PTMI) dos contaminantes inorgânicos estabelecidos pelo JECFA (JECFA, 2011) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011).

Tabela 01: Ingestão Tolerável dos Contaminantes Inorgânicos.

Contaminante	Parâmetro	Valor (μg kg^{-1} pc*)	Avaliação
Hg (inorgânico)	PTWI	4	JECFA (2010)
Metilmercúrio	PTWI	1,6	JECFA (2006)
Pb	PTWI Retirada	-	JECFA (2010)
Cd	PTMI	25	JECFA (2010)
As	PTWI Retirada	-	JECFA (2011)

*pc = peso corpóreo

Para As e Pb foram retirados os limites de PTWI, logo, até o momento não existem doses seguras de consumo. Para Hg inorgânico, metilmercúrio e Cd são estabelecidos limites de ingestão sem risco apreciável à saúde.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é a responsável pela regulamentação do emprego de aditivos e no controle dos contaminantes em alimentos. Os valores de referência adotados são norteados pelos estudos das avaliações de segurança de uso feitas pelas comissões específicas do Codex. A ANVISA também realiza o gerenciamento dos riscos, com base em medidas de Boas Práticas para prevenir o contaminante no alimento, determinando LM e níveis de ingestão tolerável, fazendo a comunicação de risco, criando programas de monitoramento e realizando as ações de fiscalização. Na atividade de gerenciamento do risco é determinado que as Vigilâncias Municipais em conjunto com os Laboratórios Centrais de Saúde Pública (LACEN) de cada estado façam a coleta para realização da análise de aditivos e contaminantes através do Programa Nacional de Monitoramento de Aditivos e Contaminantes em Alimentos (PROMAC)[1], que tem o "objetivo de revisar os LM, avaliar o uso de aditivos e sugerir medidas de gerenciamento de riscos" nos alimentos expostos ao consumo humano (GGALI, 2008).

Recentemente, a ANVISA revisou os limites máximos de contaminantes em alimentos revogando a RDC nº 42/2013 e em seu lugar entraram em vigor a RDC Nº 487, de 26 de março de 2021 e a Instrução Normativa (IN) nº 88, de 26 de março de 2021, que trata dos LMT dos metais, micotoxinas e outros contaminantes em seus anexos. Essa revisão aconteceu em função dos novos dados sobre a ocorrência de contaminantes comercializados no país e também a partir de atualizações das Diretrizes do Codex Alimentarius e outras referências internacionais, como União Europeia e *Food and Drug Administration* (FDA)[2]. Na Tabela 02 estão descritos os LM para contaminantes inorgânicos estabelecidos pela IN 88/2021 – anexo 1 na matriz leite e derivados. Nota-se que para o elemento Hg não foi definido LM, isso reforça que ainda são necessários estudos que destaquem a importância deste contaminante em lácteos. O LM do

1 Assunto tratado pela Gerência de Ações de Ciência e Tecnologia de Alimentos.
2 Assunto tratado na Agenda Regulatória da ANVISA 2017- 2020.

Hg foi definido apenas para a categoria de pescados (peixes, peixes predadores, crustáceos, moluscos bivalves e cefalópodes).

Tabela 02: LMT de metais (mg kg^{-1}) no Brasil em leite e derivados no Brasil definidos na IN 88/2021.

Categorias	As Total	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg total ***	Sn ****
Leite fluído e produtos lácteos[a]	0,05	0,02	0,05	-	-	-	-
Sorvete de Leite ou creme	0,10	0,10	0,05	-	-	-	-
Leite condensado e doce de leite	0,10	0,20	0,10	10*	-	-	-
Creme de leite	0,10	0,10	0,20	-	-	-	-
Queijos	0,50	0,40	0,50	10**	-	-	-

[a]sem adição, sem diluir e nem concentrar; *apenas para doce de leite; **apenas para queijos de média e baixa umidade; ***(apenas para peixes, peixes predadores, moluscos – bivalves e cefalópodes e crustáceos); ****apenas para alimentos enlatados.

A **análise de risco** é a ferramenta indicada para se determinar os limites de contaminação em cada alimento e o potencial tóxico em relação ao indivíduo ou população (BRASIL, 2019a). Os resultados dessa análise apoiam as autoridades sanitárias em suas decisões e no gerenciamento. A lista de contaminantes determinada pela ANVISA se baseia em listas internacionais, no entanto é de extrema importância que estudos internos reconheçam e estabeleçam os principais contaminantes presentes aqui no Brasil.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) tem uma ferramenta de gerenciamento de risco que é o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes – (PNCRC/Animal), que tem por objetivo “promover a segurança química dos alimentos de origem animal produzidos no Brasil” (MAPA, 2020). Anualmente, são publicados em IN o plano de amostragem e os respectivos limites de referência para toda a cadeia de produtos de origem animal. A partir de 2017 foi incluído no PNCR a pesquisa dos contaminantes inorgânicos no leite (As, Cd e Pb). Os resultados não conformes do PNCR realizado no ano de 2018 e 2019 em bovinos abatidos expressaram que 1,54% em 2018 e 0,49% em 2019 das amostras apresentaram não conformidade e valores superiores ao limite de referência de 1000 μg kg^{-1} do composto Cd (BRASIL, 2018) (BRASIL, 2019b). Outros contaminantes inorgânicos (As e Cd) não foram encontrados nos rins nem na musculatura (Hg) na categoria bovino abatido no ano de 2018 e 2019. No leite foram pesquisados As, Cd e Pb em 160 amostras em 2018 e em 165 amostras em 2019, em ambas a conformidade foi de 100%. Os contaminantes químicos encontrados em leite foram resíduos de drogas veterinárias tanto em 2018 quanto em 2019. Uma abordagem moderna considera que a garantia da segurança dos alimentos deve ser iniciada com medidas de prevenção de riscos na cadeia primária. O crescente consumo por proteína animal faz com que aumente os cuidados em relação à segurança dos alimentos ofertados aos animais (CODEX ALIMENTARIUS, 2020b). Dados do PNCR no período de 2012 a 2016, destacam como causas mais frequentes de violações, a presença de metais tóxicos Cd,

Pb e As, em amostras de bovinos abatidos, suínos e aves de corte[3].

Perigos toxicológicos ao consumidor

A contaminação por metais na cadeia dos lácteos ocorre principalmente pela exposição dos animais de produção a água, pastagens, ração e suplementos minerais de baixa qualidade (ARISSETO-BRAGOTTO & SPISSO, 2019). Nesse contexto, a natureza da embalagem empregada também pode interferir na contaminação dos alimentos, na medida em que ocorre migração desses metais tóxicos (THOMPSON & DARWISH, 2019). Os metais em geral não se degradam facilmente, o que intensifica negativamente sua persistência no meio ambiente. Alguns efeitos como bioacumulação ao longo da cadeia alimentar e biomagnificação nos indivíduos que consumiram esse contaminante podem ocorrer.

a. Mercúrio

Bille e colaboradores (2020) afirmaram que houve um aumento significativo do Hg que alcança o meio ambiente através da ação humana. As diferentes formas químicas do Hg: elementar ou metálico (Hg^0), sais inorgânicos de Hg_2^{+2} (mercuroso) e Hg^{+2} (mercúrico) estão presentes no ciclo biogeoquímico do Hg, envolvendo processos no solo, na água e no ar atmosférico (ESTRELA & ROHLFS, 2011). O Hg metálico depositado no sedimento de lagoas, tanto por acidentes quanto uso de algicidas por exemplo, são convertidos em metilmercúrio, o mais tóxico dos compostos mercuriais (SHIBAMOTO & BJELDANES, 2014).

Shibamoto e Bjeldanes (2014) compararam níveis de Hg em produtos de origem vegetal e à base de carne nos Estados Unidos, nestes últimos a concentração foi menor. No entanto, também ressaltam que o metilmercúrio é o que apresenta maior concentração em produtos à base de pescados. Esses achados corroboram com o argumento construído por Arisseto -Bragotto e Spizzo (2019), de que a contaminação no leite pode ser oriunda de parte do alimento concentrado (ração) à base de farinha de peixe marinho ofertado ao gado.

A exposição ao metilmercúrio se dá principalmente por meio da dieta, em especial através do consumo de pescado (WHO, 2008). A ingestão de Hg orgânico (metilmercúrio) está associada a efeitos no sistema nervoso e no sistema reprodutor, esta substância atravessa facilmente a barreira placentária e hematoencefálica, sendo bem preocupante em gestantes (HERNANDEZ et al., 2017).

Custódio e colaboradores (2020) avaliaram o Hg total em peixes comerciais e estimaram o consumo de metilmercúrio em diferentes regiões do Brasil, constatando que nas regiões Norte e Nordeste em função do hábito alimentar, os valores da PTWI estipulados pelo Codex, foram ultrapassados. Apesar dos níveis totais de Hg encontrados em pescado estarem dentro dos limites estabelecidos nas legislações nacionais e internacionais, Custódio e colaboradores

3 Dados extraídos da Apresentação da Auditoria Fiscal Federal Agropecuária Fernanda Marcussi Tucci sobre Metais Tóxicos Controles Oficiais do Ministério da Agricultura.

(2020) apontam que há risco de neurotoxicidade visto que, os hábitos alimentares em algumas regiões são distintos. Isso demonstra a importância em se determinar a ingestão tolerável dos contaminantes em função do tipo de alimento, dieta e hábito alimentar das pessoas daquela região.

b. Arsênio

O As é um elemento abundante na crosta terrestre e nas águas subterrâneas de vários países incluindo Argentina, Bangladesh, Chile, China, Índia, México e Estados Unidos (WHO, 2018). No ambiente, suas espécies inorgânicas (mais tóxicas) podem se combinar com oxigênio, cloro e enxofre, enquanto que as orgânicas (menos tóxicas) podem estar combinadas com carbono e hidrogênio (ATSDR, 2011). O As inorgânico está na lista de contaminantes e toxinas que devem ser avaliados com prioridade pelo JECFA (CODEX ALIMENTARIUS, 2019). As pessoas acabam sendo expostas principalmente, através do consumo de alimentos que foram irrigados com água contaminada, usando a água no preparo dos alimentos, ou através da própria ingestão e higiene (WHO, 2018). Os principais alimentos que podem conter As são: peixes, frutos do mar, carnes, aves, laticínios e cereais (WHO, 2018). No entanto, deve-se considerar que alguns alimentos podem conter maior concentração de As orgânico, por isso a importância da definição de LM e análises químicas que façam a especiação e considerem o LM para o As inorgânico. De forma antropogênica, industrialmente, usa-se As na fundição de metais (em ligas), combustão de combustíveis fósseis (especialmente carvão), em mineração, no processamento de vidro, pigmentos, conservantes de madeira e historicamente em alguns agrotóxicos (WHO, 2019a). A exposição ao As ocorre principalmente através da ingestão de alimentos e água contaminados (SHIBAMOTO & BJELDANES, 2014)**.** A toxicidade está relacionada sobretudo na inativação de enzimas responsáveis pela síntese e reparo do DNA. Além disso, a substância é um carcinógeno reconhecido que pode afetar diversos órgãos. Em Bangladesh, foi relatado o maior surto por intoxicação de As inorgânico encontrado naturalmente em água subterrânea usada para beber, o qual acometeu mais de 57 milhões de pessoas (SMITH et al. ,2000). Nesta população ocorreram diversos casos de câncer de pulmão, bexiga e pele, além de sintomas de pigmentação da pele, hepatomegalia e anemia (SMITH et al. ,2000).

c. Chumbo

Dentre os metais tóxicos que existem na crosta terrestre o Pb é o que se encontra de forma mais abundante (ARISSETO-BROGOTTO; SPISSO, 2019). A exposição humana acabou sendo intensificada devido ao uso de Pb, no processo de octanagem da gasolina, tintas, estruturas residências e instalações industriais (EPA, 2020). No meio ambiente o Pb se combina a outros elementos, também existindo na forma orgânica (mais tóxica) e inorgânica (menos tóxica) (ARISSETO-BROGOTTO; SPISSO, 2019). Em uma revisão sistemática realizada por Vasconcelos Neto e colaboradores (2019), foram encontrados no Brasil níveis mais elevados de

Pb em alimentos infantis, vegetais, carnes e derivados. Particularmente, as crianças são mais vulneráveis, a absorção do Pb, ocorrendo de forma mais intensa do que em adultos, por esse motivo a contaminação neste grupo é bem preocupante e causa sérios danos neurológicos, que envolvem distúrbios na aprendizagem, redução do quociente de inteligência (QI) e mudanças comportamentais (EPA, 2020) (WHO, 2020b) (WHO, 2019b). Em adultos, danos a longo prazo estão relacionados a aumento da pressão arterial e doenças renais (WHO, 2019b).

d. Cádmio

Naturalmente, o cádmio é encontrado em níveis baixos no meio ambiente, no entanto a ação antropogênica intensificou sua presença. Um fator que agrava seu potencial é seu tempo de meia vida, em geral acima de 10 anos (WHO, 2020c) (WHO, 2010). A exposição humana se dá principalmente, através do consumo de alimentos, tais como: moluscos e crustáceos (facilmente acumulam esse elemento), vegetais, cereais e raízes (WHO, 2020c). A substância apresenta baixa absorção oral, no entanto é eficientemente retida em órgãos como rins e fígado (ARISSETO-BRAGOTTO & SPISSO, 2019). Shibamoto & Bjeldanes (2014) destacam que o grau de absorção do Cd em seres humanos sofre influência quando junto de cálcio e de algumas proteínas. Além disso, foi visto que sua absorção com leite é 20 vezes maior do que quando tomado sem leite.

De forma geral, todos esses contaminantes inorgânicos mencionados acima, podem gerar sintomas agudos ou doenças a longo prazo incluindo alguns cânceres (WHO, 2020d). Tudo vai depender da toxicidade do composto, dos níveis em que estão presentes, da via de exposição e dos hábitos alimentares (ARISSETO-BRAGOTTO & SPISSO, 2019) (THOMPSON & DARWISH, 2019). Além disso, é importante considerar as diferentes formas químicas dos metais (especiação) e sua toxicidade. Por exemplo, o As inorgânico até o momento é mais tóxico ao organismo humano, do que as formas orgânicas. Nesse contexto, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (International Agency for Research on Cancer – IARC) classifica o As inorgânico e o Cd no grupo 1, ou seja, há evidências suficientes dos seus potenciais carcinogênicos em humanos. A Tabela 03 apresenta os contaminantes e a classificação dos grupos potencialmente cancerígenos para os humanos determinada pela IARC (IARC & WHO, 2012).

Tabela 03: Contaminantes e a classificação dos grupos potencialmente cancerígenos para os humanos determinada pela IARC.

Contaminante	Grupo	Descrição
As (inorgânico) e Cd	1	Carcinógeno humano
Pb (inorgânico)	2A	Provável carcinógeno humano
Metilmercúrio	2B	Possível carcinógeno humano
As (orgânico), Pb (orgânico) e Hg (inorgânico)	3	Não classificado

A Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR)[4] e a US EPA (...) publicaram uma **Lista Nacional de Prioridades em 2019**, não com as substâncias mais tóxicas, mas sim com as substâncias que são ameaça potencial à saúde humana. Nessa determinação foi levado em consideração a toxicidade, frequência e potencial local de exposição humana a cada elemento. As, Pb, Hg e Cd, estão entre as 10 primeiras substâncias da lista, ocupando respectivamente as seguintes posições: primeiro, segundo, terceiro e sétimo lugares (ATSDR, 2020). Esses são os elementos de maior importância toxicológica.

A disseminação ubíqua desses metais tóxicos no ambiente desencadeia inúmeras consequências negativas à saúde humana, portanto, é necessário se identificar o contaminante, alimento envolvido e área geográfica. Na Tabela 04 é destacado exemplos de estudos que relacionam a presença de contaminantes inorgânicos em leite e derivados lácteos, encontrados em alguns países.

Tabela 04: Estudos que destacam a presença de contaminantes inorgânicos encontrados em produtos lácteos em alguns países.

Contaminantes inorgânicos	Alimentos	País	Referências
Pb	Leite e derivados entre outras categorias alimentares	Brasil	(VASCONCELOS NETO et al., 2019)
	Leite cru	Brasil	(DE OLIVEIRA et al., 2017)
As, Cd, Pb e Hg	Leite e derivados (coalhada seca, ricota, leite em pó e queijo)	Índia	(SINGH et al., 2020)
Pb e As	Leite cru	Turquia	(SIMSEK et al., 2000)

Chandrakar e colaboradores (2018) destacam que a pesquisa de contaminantes em lácteos é um "indicador indireto" importante para se avaliar o "grau de poluição do meio ambiente" onde ocorreu a produção de leite. Através do nível de contaminantes encontrado pode-se inferir a segurança e qualidade desses alimentos (ZIARATI at al., 2018). Singh e colaboradores (2020) ressaltam que a contaminação antropogênica intensifica a presença dos metais tóxicos como Cd e Pb no solo, os quais contaminam a forragem que serve de alimento para o gado. Além disso, também relatam que fertilizantes fosfatados contém Cd como principal impureza. Os utensílios e equipamentos utilizados, por sua vez, no transporte e processamento do leite também podem acabar sendo fontes de metais tóxicos (CHANDRAKAR et al., 2018).

Das 15 amostras de leite cru analisadas no Brasil, por De Oliveira e colaboradores (2017), apenas 1 das amostras estava acima do LM estabelecido pela ANVISA (BRASIL, 2013). Os autores avaliaram que a propriedade estava localizada longe da estrada e de indústrias, portanto as possíveis fontes de contaminação seriam oriundas da alimentação animal com o uso de suplementos alimentares de baixa qualidade.

4 Agência norte americana responsável por ajudar na prevenção e ou redução dos resíduos perigosos a saúde humana. Acessado em: https://www.atsdr.cdc.gov/faq.html "About ATSDR" revisado em 27 de maio de 2020.

Para o contaminante Hg ainda faltam mais estudos relacionando sua contaminação em lácteos, no entanto, é sabido que a adição de farinha de peixe em rações animais, bem como, alguns agrotóxicos utilizados em cultivos e locais onde haja mineração, poluição por Hg, rejeitos industriais e urbanos podem ser fontes importantes de contaminação dos alimentos (SINGH et al., 2020). Ziarati e colaboradores (2018) comentam que em geral, em lácteos os LM de Hg não são ultrapassados, em função da eliminação desse contaminante não ocorrer prioritariamente por via mamária. São necessários mais estudos para entender como a glândula mamária poderia funcionar como um "filtro" dessa substância.

Simsek e colaboradores (2000) analisaram 75 amostras de leite cru próximas a áreas industriais/rodovias e em áreas rurais mais afastadas dessas condições. O intuito foi avaliar o efeito da poluição ambiental com ênfase nos metais tóxicos no leite cru. Efetivamente, as amostras das regiões industriais apresentaram uma correlação positiva para os contaminantes As e Pb estando acima dos LM locais (SIMSEK et al., 2000). Portanto, é importante considerar que a produção primária esteja afastada de áreas industriais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os contaminantes inorgânicos são elementos de preocupação uma vez que a exposição aos alimentos pode ser difícil de se evitar. Em razão disso, para a proteção da saúde humana e garantia da segurança alimentar devem ser realizados mais estudos sobre contaminantes inorgânicos em produtos lácteos no Brasil. Tendo em vista a relevância desse alimento para uma grande parcela da população, e principalmente os que integram o grupo de risco, se faz necessário identificar áreas contaminadas, realizar gerenciamento de risco, detectar contaminantes por meio de análises, estabelecer LMT, determinar a ingestão tolerável e entender quais seriam as medidas de prevenção/controle possíveis de serem adotadas.

REFERÊNCIAS

ARISSETO-BROGOTTO, A. P. & SPISSO, B. F. **Toxicologia aplicada ao processamento de leite e derivados**. In: Microbiologia, higiene e controle de qualidade no processamento de leites e derivados. 1 ed ed. p. 1-33. Rio de janeiro: Elsevier Editora ltda, 2019.

ATSDR. **Substance priority list** | atsdr. 2020. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/>. Acesso em: 8 ago. 2020.

ATSDR. **Toxic substances Arsenic**. 2011. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=3>. Acesso em: 11 jun. 2020.

BILLE, L., CROVATO, S., MANFRIN, A., DALLA POZZA, M., TOSON, M., FRANZAGO, E., PINTO, A., MASCARELLO, G., MUZZOLON, O., TOSI, F., NEGRONI, G., CAPPI, G., OBREGON, P., RAVAROTTO, L. & BINATO, G. **Mercury contents in commercial billfish species of the western central atlantic: assessing the potential risks to human health of billfish consumption.** Food control, v. 110, n. October 2019, p. 107002, 2020.

BRASIL. Anvisa. **Edital de chamamento nº 3, de 8 de abril de 2019a** brasil. Diário oficial da união, , 2019a. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=10/04/2019&jorna l=530&pagina=109>.

BRASIL. Mapa. **Resultados do plano nacional de controle de resíduos e contaminantes - PNCR** 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-econtaminantes/resultadospncrc2018.pdf>. Acesso em: 8 maio. 2020.

BRASIL. Mapa. **Resultados do plano nacional de controle de resíduos e contaminantes-PNCRC** 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-denacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/resultados-pncrc-2019-versaofinal-para-o-sitio.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira.** Secretaria de atenção à saúde. Departamento de atenção básica. Brasília: 2014. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_ 2ed.pdf>.

CHANDRAKAR, C., KUMAR JAISWAL, S., CHATURVEDANI, A. K., SAHU, S. S., IKA, MONIKA & WASIST, U. **A review on heavy metal residues in indian milk and their impact on human health. International journal of current microbiology and applied sciences**, v. 7, n. 05, p. 1260-1268, 2018.

CODEX ALIMENTARIUS. **Animal feed** | Codex alimentarius FAO-WHO. Disponível em: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/animalfeed/en/>. Acesso em: 22 ago. 2020b.

CODEX ALIMENTARIUS. **Annex I priority list of contaminants and naturally occurring toxicants for evaluation by jecfa contaminants and naturally occurring toxicants background and question(s) to be answered.** Rome Disponível em: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committeedetail/en/?committee=cccfe>. Acesso em: 12 ago. 2020.

CODEX ALIMENTARIUS. **Code of practice concerning source directed measures to reduce contamination of food with chemicals.** In: Prevention and reduction of food and feed contamination. Fao who ed. Roma: fao e who, 2012. P. 1-178.

CODEX ALIMENTARIUS. **Contaminants**. Disponível em: <http://www.fao.org/faowho-codexalimentarius/thematic-areas/contaminants/en/>. Acesso em: 6 jul. 2020a.

CUSTÓDIO, F. B. ANDRADE, A. M. G. F., GUIDI, L. R., LEAL, C. A. G. & GLORIA, M. B. A. (2020). **Total mercury in commercial fishes and estimation of brazilian dietary exposure to methylmercury**. Journal of trace elements in medicine and biology, v. 62, n. April, 2020.

DE OLIVEIRA, T. M., AUGUSTO PERES, J., LURDES FELSNER, M. & CRISTIANE JUSTI, K. **Direct determination of pb in raw milk by graphite furnace atomic absorption spectrometry (gf aas) with electrothermal atomization sampling from slurries.** Food chemistry, v. 229, p. 721-725, 2017.

EPA. **Learn about lead** | lead | US EPA. Disponível em: <https://www.epa.gov/lead/learn-about-lead>. Acesso em: 13 jul. 2020.

ESTRELA, M. A. A. & ROHLFS, D. B. **Mercúrio: implicações para a saúde e o meio ambiente.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2011.

FAO. **The future of food contents - there is no food security without food safety.** Food and agriculture organization of the United Nations, p. 28, 2019.

GGALI. **Relatório anual** – ano: Gerência Geral De Alimentos – GGALI Anvisa. 2008.

HERNANDEZ, E. M. M., RODRIGUES, R. M. R. & TORRES, T. M. **Manual de toxicologia clínica: orientações para assistência e vigilância das intoxicações agudas**. Secretaria ed. São Paulo.

IARC; WHO. **Arsenic, metals, fibres, and dusts volume 100 c a review of human carcinogens**. Lyon: international agency for research on cancer, 2012. V. 100.

JAFFEE, S., HENSON, S., UNNEVEHR, L., GRACE, D. & CASSOU, E. **The safe food imperative**. Washington. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30568/9781464813450.pdf?sequence=6&isallowed=y>. Acesso em: 7 jun. 2020.

JECFA. joint fao/who food standards. **Programme codex committee on contaminants in foods fifth session: working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in the gsctff (prepared by japan and the netherlands).** Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/tempref/codex/meetings/cccf/cccf5/cf05_inf.pdf>. Acesso em: 5 maio. 2020.

MAPA. **Plano de nacional de controle de resíduos e contaminantes PNCRC** / ANIMAL — português 2020.

Martinelli, M. A. **Proyecto regional de cooperación técnica para la formación em economia y politicas agrarias y de desarrolo rural em América Latina** - fodepal.m(unicamp, ed.) O codex alimentarius e a inocuidade de alimentos. Anais. Campinas: 2003.

PAIVA, C. A. V., OLIVEIRA, V. M. & PAIVA E BRITO, M. A. V. Embrapa. Módulo 1: **conceitos e parâmetros de qualidade do leite**. In: leite, c. E. (ed.). Produção de leite de qualidade. Embrapa ga ed. Juiz de fora: MG: 2019, 2019. P. 37.

SHIBAMOTO, T. & BJELDANES, L. F. **Introdução à toxicologia dos alimentos**. 2 ed. Elsevier editora ltda, 2014.

SIMSEK, O., GÜLTEKIN, R., ÖKSÜZ, O. & KURULTAY, S. **The effect of environmental pollution on the heavy metal content of raw milk. Nahrung** - food, v. 44, n. 5, p. 360-363, 2000.

SINGH, M., RANVIR, S., SHARMA, R., GANDHI, K. & MANN, B. **Assessment of contamination of milk and milk products with heavy metals**. Indian journal of dairy science, v. 72, n. 06, p. 608-615, 2020.

SMITH, A. H., LINGAS, E. O. & RAHMAN, M. **Contamination of drinking water by arsenic in bangladesh : a public health emergency** . Bulletin of the world health organization 78 : contamination of drinking-water by arsenic in bangladesh : a public health emergency. World health organization. Bulletin of the world health organization, v. 78, n. August 2016, p. 1093-1103, 2000.

THOMPSON, L. A. & DARWISH, W. S. **Environmental chemical contaminants in food: review of a global problem**. Journal of toxicology, v. 2019.

VASCONCELOS NETO, M. C. SILVA, T. B. C., ARAÚJO, V. E. & SOUZA, S. V. C. **Lead contamination in food consumed and produced in brazil: systematic review and meta-analysis**. Food research international, v. 126, p. 1-15, 1 dez. 2019.

WHO. (). **Preventing disease through healthy environments exposure to arsenic: a major public health concern**. Geneva. 2019. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329482/who-ced-phe-epe-19.4.1eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 12 ago. 2020.

WHO. **Arsenic**. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/factsheets/detail/arsenic>. Acesso em: 12 jul. 2020.

WHO. **Assessing chemical risks**. Disponível em: <https://www.who.int/activities/assessing-chemical-risks-in-food>. Acesso em: 7 nov. 2020a.

WHO. **Exposure to cadmium: a major public health concernpreventing disease through healthy environments. 2010.** Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>.

WHO. **Food safety.** Disponível em: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/food-safety>. Acesso em: 7 maio. 2020d.

WHO. **Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure**. Geneva. 2008 Disponível em: <https://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf>.

WHO. **Lead poisoning and health**. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>. Acesso em: 13 set. 2020.

WHO. **Who | cadmium.** Disponível em: <https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/en/>. Acesso em: 14 nov. 2020c.

WHO. **Who | lead**. Disponível em: <https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/en/>. Acesso em: 13 set. 2020b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Safety evaluation of certain contaminants** in food: arsenic (addendum)world health organization technical report series: 63. 2011. Disponível em: < http://www.fao.org/3/at881e/at881e.pdf >.

ZIARATI, P., SHIRKHAN, F. & MOSTAFIDI, M. **An overview of the heavy metal contamination in milk and dairy products**. Acta scientific pharmaceutical sciences, v. 2, n. June, p. 8-21, 2018.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

MICOTOXINAS E SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

MYCOTOXINS AND FOOD SAFETY

AGUIAR, Danillo da Silva[1]*; OLIVEIRA, Marília de Freitas[2]; RAGHIANTE, Fernanda[3]

[1]Biotecnologia/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG
*Contato: danillo10_Aguiar@hotmail.com. [2]Doutorado/Medicina Veterinária/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG

RESUMO

As micotoxinas são compostos químicos estáveis produzidos por fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Alternaria*. A ingestão de micotoxinas pode causar efeitos tóxicos agudos e crônicos em animais e humanos. As micotoxinas mais importantes no contexto da segurança dos alimentos são as aflatoxinas, ocratoxina, zearalenona, fumonisinas e deoxynivalenol. As micotoxinas podem ser encontradas em grãos, cereais, produtos cárneos e laticínios. A utilização de cereais contaminados com micotoxinas na produção de ração animal causa sérios riscos aos animais e perdas na produção. Para seres humanos, a intoxicação por micotoxinas está relacionada à ingestão de alimentos contaminados. A indústria de alimentos utiliza de algumas técnicas para controlar a contaminação por fungos e micotoxinas a partir de leis que estabelecem limites de detecção desses compostos nos alimentos. As micotoxinas apresentam risco para a saúde humana e dos animais, por isso, estabelecer medidas de controle e níveis toleráveis de detecção desses contaminantes é de extrema importância para a indústria de alimentos e para a prevenção de riscos à saúde pública.

Palavras-chave: Microbiologia, toxinas, contaminação, saúde pública.

ABSTRACT

Mycotoxins are stable chemical compounds produced by fungi of the genera Aspergillus, Fusarium, Penicillium and Alternaria. Ingestion of mycotoxins can cause acute and chronic toxic effects in animals and humans. The most important mycotoxins in the context of food safety are aflatoxins, ochratoxin, zearalenone, fumonisins and deoxynivalenol. Mycotoxins can be found in grains, cereals, meat and dairy products. The use of mycotoxin-contaminated cereals in the production of animal feed causes serious risks to animals and production losses. For humans, mycotoxin poisoning is related to ingestion of contaminated food. The food industry uses some techniques to control contamination by fungi and mycotoxins based on laws that establish detection limits for these compounds in food. Mycotoxins present a risk to human and animal health, therefore, establishing control measures and tolerable levels of detection of these contaminants is extremely important for the food industry and for the prevention of risks to public health.

Keywords: Microbiology, toxins, contamination, public health.

INTRODUÇÃO

Micotoxinas são metabólitos secundários de fungos. Apesar de serem compostos tóxicos, nem todas as moléculas produzidas pelo metabolismo secundário de fungos apresentam toxicidade (Ráduly, 2020). As principais micotoxinas com efeitos tóxicos após a ingestão são as aflatoxinas, zearalenona, tricotecenos, fumonisinas e ocratoxinas. As micotoxinas causam diferentes enfermidades dependendo do microrganismo produtor, a dose ingerida, a idade e saúde nutricional do indivíduo (Nleya et al., 2018). A intoxicação por micotoxinas pode ocorrer pela ingestão de grãos, cereais, frutas, laticínios, água e produtos cárneos contaminados (Mhlongo et al., 2019; Rodrigues et al., 2019).

Os fungos são utilizados pelo homem de forma terapêutica, na alimentação, na panificação, na brasagem e outros processos alimentícios. Entretanto, o aparecimento de espécies de fungos produtoras de micotoxinas em alimentos é um problema importante, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (Taniwaki et al., 2019; Ráduly et al., 2020). Micotoxinas são frequentemente encontradas em grãos e cereais como trigo, milho, amendoim e arroz. Ainda, contaminações por micotoxinas foram identificadas em frutas, legumes, água potável, cerveja, vinho, produtos cárneos e laticínios (Abrunhosa et al., 2016; Paterson et al., 2018; Grajewski et al., 2019).

Para evitar a contaminação dos alimentos por micotoxinas, limites de detecção são estabelecidos por leis. A fim de se garantir a inocuidade dos alimentos são utilizados métodos de controle como manejo e armazenamento ideal de grãos, cereais, frutas, laticínios, presuntos, o uso de compostos biofungicidas, microrganismos bioabsorventes e outros (Rodriguez e Nunez, 2020).

Dessa maneira, o artigo tem como objetivo mostrar as principais micotoxinas tóxicas ao homem presentes na indústria de alimentos, bem como medidas de controle e legislação para determinação dos níveis toleráveis garantindo a segurança dos alimentos.

METODOLOGIA

Para a elaboração dessa revisão bibliográfica foram consultados artigos disponíveis nas bases de dados SciELO, periódicos CAPES, PubMed, Science Direct e Google Acadêmico. Foram selecionadas publicações sobre os riscos da presença de micotoxinas nos diversos tipos de alimentos e as possíveis fontes de contaminação. A fim de direcionar a busca por artigos, adotaram-se os indexadores: fungos, microbiologia, micotoxinas, alimentos, contaminação, *food safety*.

DESENVOLVIMENTO

Micotoxinas

Micotoxinas são compostos químicos produzidos pelo metabolismo secundário de fungos e mofos. Esses compostos são frequentemente encontrados em alimentos como contaminantes, podendo causar efeitos tóxicos ao consumidor. Os cinco grupos descritos de micotoxinas que podem contaminar os alimentos são deoxynivalenol, zearalenona, ocratoxina, fumonisina e aflatoxina (Tola e Kebede, 2016). Existem mais de 300 micotoxinas caracterizadas e, dentre elas, as aflatoxinas (AFs) são consideradas as mais tóxicas ao homem (Alshannaq e Yu, 2017).

Diversos microrganismos são capazes de produzir micotoxinas. Uma espécie produtora de micotoxina pode ter como produto de seu metabolismo diferentes tipos de micotoxinas (Turner, 2009). As micotoxinas são produzidas geralmente por espécies pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Altermaria* (Anfossi et al., 2016). Alguns fatores influenciam a produção de micotoxinas pelo microrganismo como a espécie, a composição do substrato em que se encontra, a dinâmica de crescimento do fungo, aeração, conteúdo de água e temperatura do meio (Ashik, 2015).

As aflatoxinas são micotoxinas produzidas por fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* e podem ser encontradas no solo, em grãos, castanhas, produtos lácteos, chás, temperos, cacau e rações animais. Existem diferentes tipos de aflatoxinas e as encontradas em alimentos de origem vegetal são as aflatoxinas B1, B2, G1 e G2. Enquanto os tipos M1 e M2 são encontrados em alimentos de origem animal. As aflatoxinas são as micotoxinas que mais causam preocupação devido à sua alta hepatotoxicidade e potencial carcinogênico (Negash, 2018).

Ocratoxinas são micotoxinas produzidas por espécies de *Aspergillus,* como *A. ochraceus* e *A. niger* e de *Penicillium*, como *P. verrucosum*. As formas mais estudadas e encontradas são as ocratoxinas A, B e C. As OTA, OTB e OTC diferem entre si pela presença de cloro ou grupamento éster etílico na molécula. OTA é considerada a forma mais relevante de ocratoxina, por ser comumente encontrada em alimentos, rações animais, cereais, café, cacau, uvas, vinho, soja, condimentos, cerveja e outros (Haighton et al., 2012; Streit et al., 2012). OTA pode causar extensas perdas econômicas, pois está relacionada a dano severo ao rim em aves e suínos, além de causar fibrose em humanos (Heussner e Bingle, 2015).

A patulina (PAT) é uma micotoxina produzida por mais de 60 espécies de fungos como *Penicillium expansum*, *P. crustosum*, *P. patulum* e *A. clavatus*. A patulina pode ser encontrada em maçã, pera, laranja, legumes e produtos derivados de frutas (Zhong et al., 2018; Vidal et al., 2019). Apesar de a PAT ser classificada como não carcinogênica pertencente ao grupo 3 pelo IARC (International Agency for Research on Cancer), a exposição crônica à patulina está relacionada a efeitos neurotóxicos, imunotóxicos, genotóxicos e teratogênicos (IARC, 2019; Boon *et al.*, 2009)

Por outro lado, a fumonisina é classificada como grupo 2B pela IARC, sendo considerada possivelmente carcinogênica ao ser humano (IARC, 2019). As fumonisinas são produzidas por diversas espécies, como *Fusarium moniliforme*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium anthophilum* (Marin et al., 2004). Pelo menos 15 formas de fumonisinas já foram descritas e caracterizadas em A, B, C e P. A fumonisina mais encontrada e estudada é a fumonisina B1 (FB_1), em que concentrações da micotoxina podem ser encontradas em milho, arroz, sorgo, trigo e rações (Beg et al., 2006).

Zearalenona (ZEA) é um produto do metabolismo secundário de fungos pertencentes ao gênero *Fusarium*. A ZEA é um composto químico estável e não sofre degradação a altas temperaturas (Kong et al., 2013). A ZEA passa pelo processo de bioacumulação e, assim, pode causar prejuízos aos animais e aos seres humanos (Wang, 2019). Devido à semelhança à estrutura molecular do estrógeno, a ZEA é classificada como xenoestrógeno, causando desequilíbrio hormonal e doenças do sistema reprodutivo (Kowalska et al., 2016; Rogowska et al., 2019).

A ingestão de micotoxinas pode ter efeitos agudos e crônicos. Os efeitos agudos são aqueles que ocorrem rapidamente após a ingestão, enquanto os efeitos crônicos aparecem após longos períodos de ingestão frequente da micotoxina (Ostry et al., 2017). As micotoxinas T-2 são responsáveis por causar irritação na pele, náusea, câimbras e vômito (Li et al., 2011; Adhikari et al., 2017). As aflatoxinas são classificadas como grupo 1 pela IARC, com evidências em relação a carcinogenicidade, genotoxicidade e ao aparecimento de carcinoma hepatocelular (Gursoy-Yuzugullu et al., 2011; IARC, 2019; Zhang et al., 2017). A ingestão aguda de deoxynivalenol (DON) pode causar vômito, anorexia, dor abdominal, diarreia, desnutrição, dor de cabeça e confusão mental. E a exposição prolongada a DON está associada a alteração no funcionamento do intestino, dos sistemas imune, endócrino e nervoso (Maresca, 2013). As fumonisinas podem causar defeitos de formação no tubo neural de recém nascidos e apresenta diversos efeitos em testes animais como lesão cerebral, edema pulmonar e câncer (Summerell e Leslie, 2011).

Micotoxinas em vegetais e derivados

Os *commodities* agrícolas são frequentemente contaminados por micotoxinas. A contaminação pode ser explicada pelas condições de armazenamento dos grãos, clima quente e úmido, caracterizando proliferações mais frequentes em países de clima tropical (Zain, 2011). Entretanto, com o aquecimento global e a mudança nas dinâmicas climáticas do mundo, contaminação por espécies toxigênicas de *Aspergillus* tem sido observada em países localizados no hemisfério norte (Battilani et al., 2016; Udovicki et al., 2018).

A contaminação de grãos por fungos do gênero *Alternaria* e *Fusarium* geralmente acontece no campo durante o amadurecimento dos grãos e antes da colheita. Por outro lado, a contaminação durante a colheita com multiplicação durante o armazenamento acontece predominantemente por fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* (Mannaa e Kim, 2017).

O arroz é o principal alimento de um terço da população mundial. Dessa maneira, é importante conhecer e controlar as formas de contaminação da cultura e dos grãos a fim de diminuir as perdas de produtividade. 143 espécies de fungos foram isoladas de arroz, porém as espécies mais frequentemente encontradas nos grãos são as pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* (Ferre, 2016). A presença de aflatoxinas no arroz é relativamente alta e já foi descrita em países da Ásia, África, América e Europa. Os níveis de AFB1 foram determinados em diversos países com os maiores valores na Malásia, Nigéria, Suécia e Espanha (Bonnet et al., 2013; Ali, 2019), Foi detectado DON em amostras de arroz na Coreia, UK e Brasil (Edwards et al., 2011; Lee et al., 2011; Almeida et al., 2012). Ainda, altos níveis de OTA foram encontrados em grãos de arroz da Nigéria, Vietnam (Makun et al., 2011).

Outra cultura de grande importância para a dieta humana é o trigo. Além do consumo humano do farelo de trigo e derivados, o cereal também é utilizado para a nutrição animal. Nesse contexto, a presença de micotoxinas pode ser prejudicial ao homem e outras espécies. A micotoxina mais frequentemente encontrada em trigo e derivados de trigo é a DON (Cheli et al., 2017). Aflatoxinas foram identificadas em trigo para ração bovina no Uruguai (Del Palacio et al., 2016). É interessante ressaltar que as etapas do processamento do trigo podem levar a diminuição dos níveis de OTA, ZEA e DON, mas AFB1 se mostra estável em relação às modificações aplicadas nos grãos de trigo (Welke et al., 2014; Schaarschmidt e Fauhl-Hassek, 2018).

Além do arroz e do trigo, o milho apresenta grande relevância para a economia e nutrição mundiais. Ele é bastante utilizado na alimentação humana, forragem e na obtenção de produtos processados (Chulze, 2010). As principais fontes de contaminação por micotoxinas na cultura de milho são *Aspergillus flavus*, *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* e *F. graminearum*. Dessa maneira, é relatada a presença em milho de aflatoxinas, fumonisinas, tricotecenos e zearalenona em países como Etiópia, Brasil, Estados Unidos e Itália (Oliveira et al., 2015; Chauhan et al., 2016, Gott et al., 2018). A utilização de milho contaminado com micotoxinas para produção de rações pode ter efeitos tóxicos aos animais, causando perdas econômicas devido a diminuição na produção e reprodução animal (Pitt e Miller, 2017).

As perdas econômicas devido à presença de micotoxinas também atingem outros mercados como na produção de vinho e sucos com frutas infectadas, na brassagem feita com cevada contaminada, e outros produtos de origem vegetal como farelo de aveia (Piacentini et al., 2015; Dachery et al., 2016; Welke, 2019).

Micotoxinas em produtos cárneos

As micotoxinas podem adentrar à cadeia de consumo humano através de carnes e produtos cárneos industrializados através de contaminação direta, como adição de temperos e especiarias contendo fungos, ou indireta através de animais alimentados com ração e/ou grãos contaminados (Da Rocha et al., 2014).

A contaminação indireta se dá quando há a contaminação de grãos, como trigo e milho,

ou rações por fungos toxigênicos. Alguns fatores podem facilitar o crescimento de fungos em rações, como o mau estado de conservação e acomodação que facilitam a deterioração pela umidade, por exemplo. Esta contaminação pode ser transmitida por diversos fatores capazes de transportar esporos destes microrganismos, como insetos, parasitas e águas de chuva (Richard e Payne, 2003).

Em carnes suínas, o acúmulo de micotoxinas pode se dar pela capacidade destas em resistir a processos de decomposição e catabolismo do sistema digestivo dos animais (Udomkun et al., 2017). Foi detectada a presença de OTA na corrente sanguínea e em diferentes partes de porcos, como tecido adiposo, rins, fígado e músculos. Ainda foi demonstrada a presença desta micotoxina em produtos derivados de carne suína, como em presuntos de diferentes origens e modos de fabricação distintos e em salames (Persi, 2014).

A contaminação em presuntos pode ocorrer de forma direta, uma vez que devido a adição de sal e o controle de pH e temperatura do processo de fabricação do presunto inibem o crescimento de bactérias, podendo beneficiar o estabelecimento e proliferação de bolores produtores de micotoxinas, ou indireta, pois a OTA pode estar presente em grãos e rações da alimentação animal (Bertuzzi et al., 2013; Rodriguez et al., 2014; Lippolis et al., 2016). Em salames, a OTA pode ocorrer também através de contaminação indireta pela alimentação do animal ou de forma direta devido a presença de fungos nas camadas externas da carcaça suína (Iacumin et al., 2011).

Em carnes de frango foram encontrados níveis inseguros de aflatoxinas, ocratoxina A e zearalenona em partes do fígado (Iqbal, 2014). Foram encontradas micotoxinas em 71 de 90 amostras de frango analisadas por Markov et al. (2013), sendo OTA a predominante. Na salsicha de frango foram encontrados altos níveis de OTA (7,83µg/Kg) e AF B_1 (7,83µg/Kg).
Sendo assim, observamos que não só é importante o cuidado com o produto para alimentação humana, mas também são necessários processos rigorosos quanto a alimentação e bem estar do animal, para garantirmos não só sua saúde, mas também a inocuidade e segurança dos alimentos.

Micotoxinas em laticínios

A contaminação de ração animal com micotoxinas pode levar a exposição do homem a esses compostos tóxicos através da ingestão de leite, carne e ovos (Alshannaq e Yu, 2017). Tratamentos como pasteurização e ultra alta temperatura não são eficientes na inativação de algumas dessas toxinas, devido à termoestabilidade (Daou et al., 2020). Assim, crianças tem maior chance de ingestão de micotoxinas através de leite, uma vez que é o principal alimento da dieta infantil (Raiola et al., 2015).

Para evitar a exposição humana às micotoxinas através do consumo de leite, grupos de pesquisa fazem análises frequentes para detectar essas toxinas nos produtos. Análise do conteúdo de AFM1 na Itália e Croácia mostrou que o leite não apresentou níveis maiores que

os permitidos para a micotoxina (Bilandzic et al., 2015; De Roma et al., 2017). Entretanto, altos valores foram detectados na Sérvia em leite cru, leite pasteurizado e a maior concentração de AFM1 foi observada para o leite em pó (Tomasevic et al., 2015). Além do leite de vaca, leite de outras espécies como cabra e ovelha também foram caracterizados com presença de AFM1 (Bahrami et al., 2016). Além da presença em leite de animais diversos, outros tipos de micotoxinas também podem ser detectados em leite e produtos lácteos. Ocratoxina, fumonisina e zearalenona na Espanha, Itália e China (González-Osnaya et al., 2008; Gazzotti et al., 2009; Huang et al., 2014).

A contaminação de grãos e cereais por fungos produtores de micotoxinas causa contaminações em toda a cadeia produtiva. A transmissão desses compostos ao leite pelos animais pode ocasionar na produção de queijos, iogurtes e fórmulas infantis com presença de micotoxinas. Um estudo de um ano detectou aflatoxina M1 em queijo italiano assim como a mesma toxina foi identificada em iogurte e queijo na Turquia (Anfossi et al., 2012). Outras micotoxinas como OTA e patulina também foram encontradas em queijos meia-cura caseiros em níveis maiores que os permitidos pela legislação (Pattono et al., 2013).

Medidas de controle de contaminação

É recomendado pelo *Codex Alimentarius* medidas de prevenção para se evitar a presença de micotoxinas em grãos destinados para a nutrição animal e/ou para a fabricação de rações. Além disto, más técnicas de manipulação pós-colheita podem acarretar um ambiente mais propício para o crescimento e disseminação de fungos (FAO, 2009).

Instalações bem concebidas com arejamento, controle de temperatura, circulação de ar e umidade adequadas, além de controle ao acesso de roedores e aves, reduzem o número de micotoxinas em alimentos (Okuma et al., 2018).

Podem ser utilizadas algumas substâncias para a inativação de micotoxinas em cereais, como a amônia. Ela se mostrou eficaz na inativação de aflatoxina, ocratoxina A, citrinina, ácido penicílico e zearalenona. O uso do óleo essencial de *Ocimum sanctum* Linn, o manjericão, demonstrou eficiência como antagonista à ação do *Fusarium graminearum* e a consequente produção de zearalenona (Kalagatur, 2015).

O uso de alguns microrganismos como ferramentas de biocontrole foi evidenciado para o combate de fungos produtores de micotoxinas em campo. *Azotobacter nigricans* demonstrou eficiência na inibição de *Fusarium spp.* produtores de tricoteceno em milho, sorgo e trigo (Nagaraja, 2016). A associação de *Bacillus spp.*, *Trichoderma asperellum* e *Pseudomonas putida* com plantas de milho demonstrou eficácia na supressão de *Aspergillus flavus* e *Fusarium verticillioides*, diminuindo os níveis de aflatoxinas e fumonisinas nas sementes colhidas e gerando ganho de produtividade da plantação (Aiyaz, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As micotoxinas são produzidas por fungos e apresentam perigos ao ser humano. A ingestão de micotoxinas tem efeitos tóxicos a curto e longo prazo. Por isso, a rotina da indústria de alimentos deve colocar em prática medidas de controle de contaminação de micotoxinas e dos fungos que as produzem. Existem diversas metodologias de detecção de micotoxinas, para que seja possível fazer seu rastreamento em produtos alimentícios. Dessa maneira, o acompanhamento dos níveis de micotoxinas em alimentos é possível, permitindo a aplicação de medidas de controle, além da busca por melhorias no processo para garantir a inocuidade dos alimentos.

REFERÊNCIAS

ABRUNHOSA, L.; MORALES, H.; SOARES, C.; CALADO, T.; ANA SOFIA VILA-CHÃ, A. S.; PEREIRA, M.; VENÂNCIO, A. A Review of Mycotoxins in Food and Feed Products in Portugal and Estimation of Probable Daily Intakes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, p. 249-265, 2016. https://doi.org/10.1080/10408398.2012.720619.

ADHIKARI, M.; NEGI, B.; KAUSHIK, N.; ADHIKARI, A.; AL-KHEDHAIRY, A. A.; KAUSHIK, N. K.; CHOI, E.H. T-2 Mycotoxin: Toxicological Effects and Decontamination Strategies. **Oncotarget**, v. 8, n. 20, p. 33933-33952, 2017. https://doi.org/10.18632/oncotarget.15422.

AIYAZ, M.; DIVAKARA, S. T.; NAYAKA, S. C. Application of beneficial rhizospheric microbes for the mitigation of seed-borne mycotoxigenic fungal infection and mycotoxins in maize. **Biocontrol Science and Technology**, v. 25, n. 10, p. 1105-1119, 2015. https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1020760.

ALI, N. Aflatoxins in rice: Worldwide occurrence and public health perspectives. **Toxicology Reports**, v. 6, p. 1188-1197, 2019. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.11.007.

ALMEIDA, M.I.; ALMEIDA, N.G.; CARVALHO, K.L.; GONÇALVES, G.A.A.; SILVA, C.N.; SANTOS, E.A.; GARCIA, J.C.; VARGAS, E.A. Co-occurrence of aflatoxins B1, B2, G1 and G2, ochratoxin A, zearalenone, deoxynivalenol, and citreoviridin in rice in Brazil. **Food Additive Contamination**: Part A, v. 29, n. 4, p. 694-703, 2012. https://doi.org/10.1080/19440049.2011.651750.

ALSHANNAQ, A.; YU, JH. Occurrence, Toxicity, and Analysis of Major Mycotoxins in Food. **International Journal of Environment Research and Public Health**, v. 14, n. 6, p. 632, 2017. https://doi.org/10.3390/ijerph14060632.

ANFOSSI, L.; BAGGIANI, C.; GIOVANNOLI, C.; D'ARCO, G.; PASSINI C.; GIRAUDI, G. Occurrence of aflatoxin M1 in Italian cheese: Results of a survey conducted in 2010 and correlation with manufacturing, production season, milking animals, and maturation of cheese, **Food Control**, v. 25, p. 125-130, 2012. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.10.027.

ANFOSSI, L.; GIOVANNOLI, C.; BAGGIANI, C. Mycotoxin detection. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 37, p. 120-126, 2016. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.11.005.

ASHIK, S. Natural Occurrence of Mycotoxins in Food and Feed: Pakistan Perspective. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, p. 159-175, 2015. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12122.

BAHRAMI, R.; ZHAHBAZI, Y.; NIKOUSEFAT, Z. Aflatoxin M1 in milk and traditional dairy products from west part of Iran: Occurrence and seasonal variation with an emphasis on risk assessment of human exposure, **Food Control**, v, 62, p. 250-256, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.039.

BATTILANI, P.; TOSCANO, P.; VAN DER FELS-KLEX, H. J.; MORETTI, A.; LEGGIERI, M. L.; BRERA, C.; RORTAIS, A.; GOUMPERIS, T.; ROBINSON, T. Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change, **Scientific Reports**, v. 6, 2016. https://doi.org/10.1038/srep24328.

BEG, M. U.; AL-MUTAIRI, M.; BEG, K. R.; AL-MAZEEDI, H. M.; ALI, L. N.; SAEED, T. Mycotoxins in poultry feed in Kuwait. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology** , v. 50, n. 4, p. 594–602, 2006. https://doi.org/10.1007/s00244-005-2094-0.

BILANDZIC, N.; VARENINA, I.; KOLANIVIC, B. S.; BOZIC, D.; DOKIC, M.; SEDAK, M., TANKOVIC, S.; POTOCNJAK, D.; CVETNIC, Z. Monitoring of aflatoxin M1 in raw milk during four seasons in Croatia, **Food Control**, v. 54, p. 331-337, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.015.

BOON, P. E.; RUPRICH, J.; PETERSON, A.; MOUSSAVIAN, S.; DEBEGNACH, F.; VAN KLAVEREN, J. D. Harmonisation of food consumption data format for dietary exposure assessments of chemicals analysed in raw agricultural commodities. **Food Chem. Toxicol.**, v. 47, n. 12, p. 2883-2889, 2009. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.08.003.

BONNET, E. S.; CARVAJAL, M.; RAMÍREZ, I. M.; URUETA, P. C.; ESLAVA, J. C.; ARROYO, S. G.; VARA, J. M. M. Aflatoxin (B 1, B 2, G 1, and G 2) contamination in rice of Mexico and Spain, from local sources or imported: aflatoxins in rice of Mexico and Spain, From Local Sources or Imported. **Journal of Food Science.**, v. 78, n. 11, p. 1822-1829, 2013. https://doi.org/10.1111/1750-3841.12291.

CHAUHAN, N. M.; WASHE, A. P.; MINOTA, T. Fungal infection and aflatoxin contamination in maize collected from Gedeo zone, Ethiopia. **Springerplus**, v. 5, n. 1, p. 753, 2016. https://doi.org/10.1186/s40064-016-2485-x.

CHELI, F.; PINOTTI, L.; NOVACCO, M.; OTTOBONI, M.; TRETOLA, M.; DELL'ORTO, V. Mycotoxins in Wheat and Mitigation Measures. Mycotoxins in Wheat and Mitigation Measures. **IntechOpen**, 2017. https://doi.org/10.5772/67240.

CHULZE, S. N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives and Contaminants**, v. 27, n. 5, p. 651-657, 2010. https://doi.org/10.1080/19440040903573032.

DACHERY, B.; MANFROI, V.; BERLEZE, K. J.; WELKE, J. E. Occurrence of ochratoxin A in grapes, juices and wines and risk assessment related to this mycotoxin exposure. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 176-183, 2016. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141711.

DAOU, R.; AFIF, C.; JOUBRANE, K.; KHABBAZ, L.R.; MAROUN, R.; ISMAIL, A.; EL KHOURY, A. Occurrence of aflatoxin M1 in raw, pasteurized, UHT cows' milk, and dairy products in Lebanon. **Food Control**, v. 111, 107055, 2020. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107055.

DA ROCHA, M. E.; FREIRE, F. C. O. F.; MAIA, F. E. F.; GUEDES, M. I. F.; RONDINA, D. Mycotoxins and their effects on human and animal health. **Food Control**, v. 36, n. 1, p. 159-165, 2014. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.021.

DEL PALACIO, A.; BETTUCCI, L.; PAN, D. *Fusarium* and *Aspergillus* mycotoxins contaminating wheat silage for dairy cattle feeding in Uruguay. **Brazilian Journal of Food Microbiology.**, v. 47, n. 4, 2016. https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.06.004.

DE ROMA, A.; ROSSINI, C.; RITIENE, A.; GALLO, P.; ESPOSITO, M. A survey on the Aflatoxin M1 occurrence and seasonal variation in buffalo and cow milk from Southern Italy. **Food Control**, v. 81, p. 30-33, 2017. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.034.

EDWARDS, S. G.; DICKIN, E. T.; MACDONALD, S.; BUTTLER, D.; HAZEL, C. M.; PATEL, S.; SCUDAMORE, K. A. Distribution of *Fusarium* mycotoxins in UK wheat mill fractions. **Food Additive Contamination: Part A**, v. 28, n. 12, p. 1694-1704, 2011. https://doi.org/10.1080/19440049.2011.605770.

FAO/OMS. Codex Alimentarius: Producción de Alimentos de Origen Animal. 1 ed, Roma, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i1111s/i1111s.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2021.

FERRE, F. S. Worlwide occurrence of mycotoxins in rice. **Food Control**, v. 62, p. 291-298, 2016. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.051.

GAZZOTTI, T.; LUGOBONI, B.; ZIRONI, E.; BARBAROSSA, A.; SERRAINO, A.; PAGLIUCA, G. Determination of fumonisin B1 in bovine milk by LC–MS/MS. **Food Control**, v. 20, n. 12, p. 1171-1174, 2009. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.02.009.

GONZÁLEZ-OSNAYA, L.; SORIANO, J. M.; MOLTÓ, J. C.; MAÑES, J. Simple liquid chromatography assay for analyzing ochratoxin A in bovine milk. **Food Chemistry**, v. 108, p. 272-276, 2008. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.013.

GOTT, P.; HENDEL, E.; MENDOZA, S.; HOFSTETTER-SCHAHS, U.; MURUGESAN, G. PSXIV-31 Mycotoxin Occurrence in the 2017 US Corn Crop., **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 3, p. 41, 2018. https://doi.org/10.1093/jas/sky404.092.

GRAJEWSKI, J.; KOSICKI, R.; TWARUZEK, M.; BLAJET-KOSICHA, A. Occurrence and Risk Assessment of Mycotoxins through Polish Beer Consumption. **Toxins**, v. 11, n. 5, p. 254, 2019. https://doi.org/10.3390/toxins11050254.

GURSOY-YUZUGULLU, O.; YUZUGULLU, H.; YILMAZ, M.; OZTURK, M. Aflatoxin genotoxicity is associated with a defective DNA damage response bypassing p53 activation. **Liver International,** v. 31, n. 4, p. 561-571, 2011. https://doi.org/10.1111/j.1478-3231.2011.02474.x.

HAIGHTON, L. A.; LYNCH, B. S.; MAGNUSON, B. A.; NESTMANN, E. R. A reassessment of risk associated with dietary intake of ochratoxin A based on a lifetime exposure model. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 42, n. 2, p. 147-168, 2012. https://doi.org/10.3109/10408444.2011.636342.

HEUSSNER, A. H.; BINGLE, L. E. H. Comparative Ochratoxin Toxicity: A Review of the Available Data. **Toxins**, v. 7, p. 4253-4282, 2015. https://doi.org/10.3390/toxins7104253.

HUANG, L. C.; ZHENG, N.; ZHENG, B. Q.; CHENG, J. B.; HAN, R. W.; XU, X. M.; LI, S. L.; WANG, J. Q. Simultaneous determination of aflatoxin M1, ochratoxin A, zearalenone and α-zearalenol in milk by UHPLC–MS/MS. **Food Chemistry**, v. 146, p. 242-249, 2014. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.047.

IACUMIN, L.; MILESI, S.; PIRANI, S.; COMI, G.; CHIESA, L. M. Ochratoxigenic mold and ochratoxin a in fermented sausages from different areas in northern italy: occurrence, reduction or prevention with ozonated air. **Journal of Food Safety**, v. 31, n. 4, p. 538-545, 2011. https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2011.00332.x.

IARC, 2019. **Agents Classified by the International Agency of Research on Cancer Monographs**. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/09/List_of_Classifications.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

IQBAL, S. Z.; NISAR, S.; ASI, M. R.; JINAP, S. Natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in chicken meat and eggs. **Food Control**, v. 43, p. 98-103, 2014. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.046.

KALAGATUR, N. K.; MUDILI, V.; SIDDAIAH, C.; GUPTA, C. K.; NATARAJAN, G.; SREEPATHI, M. H.; VARDHAN, B. H.; PUTCHA, V. L. R Antagonistic activity of Ocimum sanctum L. essential oil on growth and zearalenone production by Fusarium graminearum in maize grains. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 892, 2015. https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00892.

KONG, W. J.; SHEN, H. H.; ZHANG, X. F.; YANG, X. L.; QIU, F.; OU0YANG, Z.; YANG, M. H. Analysis of zearalenone and alpha-zearalenol in 100 foods and medicinal plants determined by HPLC-FLD and positive confirmation by LC-MS-MS. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 7, p. 1584-1590, 2013. https://doi.org/10.1002/jsfa.5926.

KOWALSKA, K.; HABROWSKA-GORCZYNSKA, D. E.; PIASTOWSKA-CIESIELSKA, A. W. Zearalenone as an endocrine disruptor in humans, **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 48, p. 141-149, 2016. https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.10.015.

LEE, T.; LEE, S-H.; LEE, S-H.; SHIN, J. Y.; YUN, J-C.; LEE, Y-W.; RYU, J-G. Occurrence of *Fusarium* mycotoxins in rice and its milling by-products in Korea. **Journal of Food Protection**, v. 74, n. 7, p. 1169-1174, 2011. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-564.

LI, Y.; WANG, Z.; BEIER, R. C.; SHEN, J.; SMET, D. D.; SAEGER, S. D.; ZHANG, S. T-2 Toxin, a Trichothecene Mycotoxin: Review of Toxicity, Metabolism, and Analytical Methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 8, p. 3441-3453, 2011. https://doi.org/10.1021/jf200767q.

LIPPOLIS, V.; FERRARA, M.; CERVELLIERI, S.; DAMASCELLI, A.; EPIFANI, F.; PASCALE, M.; PERRONE, G. Rapid prediction of ochratoxin A-producing strains of Penicillium on dry-cured meat by MOS -based electronic nose. **International Journal Of Food Microbiology**, v. 218, p. 71-77, 2016. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.11.011.

MANNAA, M.; KIM, K. D. Influence of Temperature and Water Activity on Deleterious Fungi and Mycotoxin Production during Grain Storage. **Mycobiology**, v. 45, n. 4, p. 240-254, 2017. https://doi.org/10.5941/MYCO.2017.45.4.240.

MAKUN, H. A.; DUTTON, M. F.; NJOBEH, P. B.; MWANZA, M.; KABIRU, A. Y. Natural multi-occurrence of mycotoxins in rice from Niger State, Nigeria. **Mycotoxin Research.**, v. 27, n. 2, p. 97-104, 2011. https://doi.org/10.1007/s12550-010-0080-5.

MARKOV, K.; PLEADIN, J.; BEVARDI, M.; VAHCIC, N.; SOKOLIC-MIHALAK, D.; FRECE, J. Natural occurrence of aflatoxin B1, ochratoxin A and citrinin in Croatian fermented meat products. **Food Control**, v. 34, n. 2, p. 312-317, 2013. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.05.002.

MARESCA, M. From the gut to the brain: journey and pathophysiological effects of the food-associated trichothecene mycotoxin deoxynivalenol. **Toxins**, n. 5, v. 4, p. 784-820, 2013. https://doi.org/10.3390/toxins5040784.

MARIN, S.; MAGAN, N.; RAMOS, A. J.; SANCHIS, V. Fumonisin-Producing Strains of Fusarium: A Review of Their Ecophysiology**. Journal of Food Protection**, v. 67, n. 8, p. 1792-1805, 2004.https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.8.1792.

MHLONGO, N. T.; TEKERE, M.; SIBANDA, T. Public health implications of mycotoxigenic fungi in treated water. **Journal of Water and Health**, v. 17,

n. 4, p. 517-531, 2019. https://doi.org/10.2166/wh.2019.122**.**

NAGARAJA, H.; CHENNAPPA, G.; RAKESH, S.; NAIK, M. K.; AMARESH, Y. S.; SREENIVASA, M. Y. Antifungal activity of Azotobacter nigricans against trichothecene-producing Fusarium species associated with cereals. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 4, p. 1197-1204, 2016. http://doi.org/10.1007/s10068-016-0190-8.

NEGASH, D. A review of aflatoxin: occurrence, prevention, and gaps in both food and feed safety. **Journal of Nutricion Health & Food Engineering.**, v. 8, n. 2, p. 190-197, 2018. https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00268.

NLEYA, N.; ADETUNJI, M. C.; MWANZA, M. Current Status of Mycotoxin Contamination of Food Commodities in Zimbabwe. **Toxins**, v. 10, n. 5, 2018. https://doi.org/10.3390/toxins10050089.

OKUMA, T. A.; HUYNH, T. P.; HELLBERG, R. S. Use of enzyme-linked immunosorbent assay to screen for aflatoxins, ochratoxin A, and deoxynivalenol in dry pet foods. **Mycotoxin Research**, v. 34, n. 1, p. 69-75, 2018. http://doi.org//10.1007/s12550-017-0300-3.

OLIVEIRA, M. S.; DIEL, A. C. L.; RAUBER, R. H.; FONTOURA, F. P.; MALLMANN, A.; DILKIN, P.; MALLMANN, C. A. Free and hidden fumonisins in Brazilian raw maize samples. **Food Control**, v. 53, p. 217-221, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.038.

OSTRY, V.; MALIR, F.; TOMAN, J.; GROSSE, Y. Mycotoxins as human carcinogens-the IARC Monographs classification. **Mycotoxin Research**, v. 33, n. 1 p. 65-73, 2017. https://doi.org/10.1007/s12550-016-0265-7.

PATERSON, R. R. M.; VENÂNCIO, A.; LIMA, N.; GUILLOUX-BÉNATIER, M.; ROUSSEAUX, S. Predominant mycotoxins, mycotoxigenic fungi and climate change related to wine. **Food Research International**, v. 103, p. 478-491, 2018. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.080.

PATTONO, D.; GROSSO, A.; STOCCO, P. P.; PAZZI, M.; ZEPPA, G. Survey of the presence of patulin and ochratoxin A in traditional semi hard cheeses. **Food Control**, v. 33, n. 1, p. 54-57, 2013. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.019.

PERSI, N.; PLEADIN, J.; KOVACEVIC, D.; SCORTICHINI, G.; MILONE, S. Ochratoxin A in raw materials and cooked meat products made from OTA-treated pigs. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 203-210, 2014. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.005.

PIACENTINI, K. C.; SAVI, G. D.; OLIVO, G.; SCUSSEL, V. M. Quality and occurrence of deoxynivalenol and fumonisins in craft beer. **Food Control**, v. 50, p. 925-929, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.038.

PITT, J. I.; MILLER, J. D. A concise history of mycotoxin research. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 65, n. 33, p. 7021-7033, 2017. https://doi.org/ 10.1021/acs.jafc.6b04494.

RÁDULY, Z.; SZABÓ, L.; MADAR, A.; PÓCSI, I.; CSERNOCH, L. Toxicological and Medical Aspects of Aspergillus-Derived Mycotoxins Entering the Feed and Food Chain. **Front Microbiology**, v. 10, 2020.https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02908.

RAIOLA, A.; TENORE, G. C.; MANYES, L.; MECA, G.; RITIENI, A. Risk Analysis of Main Mycotoxins Occurring in Food for Children: An Overview. **Food and Chemical Toxicology**, v. 84, p. 169-180, 2015. https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.08.023.

RICHARD, J. L.; PAYNE, G. A. Mycotoxins: risks in plant, animal, and human systems Council for Agricultural Science and Technology Task Force report No. 139. **Ames, Iowa, USA**, 2003.

RODRIGUES, P.; SILVA, D.; COSTA, P.; ABRUNHOSA, L.; VENÂNCIO, A.; TEIXEIRA, A. Mycobiota and mycotoxins in Portuguese pork, goat and sheep dry-cured hams. **Mycotoxin Res**, v. 35, p. 405-412, 2019. https://doi.org/10.1007/s12550-019-00374-8.

RODRIGUEZ, A.; MEDINA, A.; CÓRDOBA, J. J.; MAGAN, N. The influence of salt (NaCl) on ochratoxin A biosynthetic genes, growth and ochratoxin A production by three strains of Penicillium nordicum on a dry-cured ham-based medium. **International Journal of Food Microbiology**, v. 178, p. 113-119, 2014. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.03.007.

RODRIGUEZ, M.; NUNEZ, F. Novel Approaches to Minimizing Mycotoxin Contamination. **Toxins**,1 v. 12, n. 4, 2020. https://doi.org/10.3390/toxins12040216.

SCHAARSCHMIDT, S.; FAUHL-HASSEK, C. The Fate of Mycotoxins During the Processing of Wheat for Human Consumption. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 3, 2018. https//doi.org/10.1111/1541-4337.12338.

STREIT, E.; SCHATZMAYR, G.; TASSIS, P.; TZIKA, E.; MARIN, D.; TARANU, I.; TABUC, C.; NICOLAU, A.; APRODU, I.; PUEL, O.; OSWALD, I. P. Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed-focus on Europe. **Toxins**, v. 4, n. 10, p. 788-809, 2012. https://doi.org/10.3390/toxins4100788.

SUMMERELL, B. A.; LESLIE, J. F. Fifty years of Fusarium: how could nine species have ever been enough? **Fungal Diversity**, v. 50, p. 135-144, 2011. https://doi.org/10.1007/s13225-011-0132-y.

TANIWAKI, M. H.; PITT, J. I.; COPETTI, M. V.; TEIXEIRA, A. A.; IAMANAKA, B. T. Understanding Mycotoxin Contamination Across the Food Chain in Brazil: Challenges and Opportunities. **Toxins**, v. 11, n. 7, p. 411, 2019. https://doi.org/10.3390/toxins11070411.

TOLA, M.; KEBEDE, B. Occurrence, importance and control of mycotoxins: A review. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, 2016. https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1191103.

TOMASEVIC, I.; PETROVIC, J.; JOVETIC, M.; RAICEVIC, S.; MILOJEVIC, M.; MIOCINOVIC, J. Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in milk and milk products in Serbia. **Food Control**, v. 56, p. 64-70, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.017.

TURNER, N. W.; SUBRAHMANYAM, S.; PILETSKY, S. A. Analytical methods for determination of mycotoxins: a review. **Analytical Chimica Acta**, v. 632, n. 2, p. 168-180, 2009. https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.11.010.

UDOMKUN, P.; WIREDU, A. N.; NAGLE, M.; MÜLLER, J., VANLAUWE, B.; BANDYOPADHYAY, R. Innovative technologies to manage aflatoxins in foods and feeds and the profitability of application–A review. **Food Control**, v. 76, p. 127-138, 2017. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.01.008.

UDOVICKI, B.; AUDENAERT, K.; DE SAEGER, S.; RAJKOVIC, A. Overview on the Mycotoxins incidence in serbia in the period 2004-2016. **Toxins**, v. 10, n. 7, p. 279, 2018. https://doi.org/10.3390/toxins10070279.

VIDAL, A.; OUHIBI, S.; GHALI, R.; HEDHILI, A.; DE SAEGER, S.; DE BOEVRE, M. The mycotoxin patulin: An updated short review on occurrence, toxicity and analytical challenges. **Food and Chemical Toxicology**, v. 129, p. 249-256, 2019. https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.048.

WELKE, J. E. Fungal and mycotoxin problems in grape juice and wine industries. **Current Opinion in Food Science**, v. 29, p. 7-13, 2019. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.06.009.

WELKE, J. E.; VERAS, F. F.; DACHERY, B.; BOL, E. K., SENGER, D. Fate of Zearalenone, Ochratoxin A and Aflatoxin B1 Present in Wheat Flour Used for Bread Production. **Blucher Food Science Proceedings**, v. 1 n. 1, 2014. https://doi.org/10.5151/foodsci-microal-096.

ZAIN, M. E. Impact of mycotoxins on humans and animals. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 15, n. 2, p. 129-144, 2011. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.006.

ZHANG, W.; HE, H.; ZANG, M.; WU, Q.; ZHAO, H.; LU, L-L.; MA, P.; ZHENG, H.; WANG, N.; ZHANG, Y.; HE, S.; CHEN, X.; WU, Z.; WANG, X.; CAI, J.; LIU, Z.; SUN, Z.; ZENG, Y-X.; QU, C.; JIAO, Y. Genetic Features of Aflatoxin-Associated Hepatocellular Carcinoma. **Gastroenterology**, v. 153, n. 1, p. 249-262, 2017. https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.03.024.

ZHONG, L.; CARERE, J.; LU, Z.; LU, F.; ZHOU, T. Patulin in apples and apple-based food products: the burdens and the mitigation strategies. **Toxins**, v. 10, n. 11, p. 475, 2018. https://doi.org/10.3390/toxins10110475.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

NOVA GERAÇÃO DE PROBIÓTICOS: BENEFÍCIOS À SAÚDE E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS

NEXT-GENERATION PROBIOTICS: HEALTH BENEFITS AND FOOD APPLICATIONS

CARMO, Matheus R. S.[1]*; BALTHAZAR, Celso F.[2]; ESMERINO, Erick A.[2]; GUIMARÃES, Jonas T.[2]; PIMENTEL, Tatiana C.[3]; CRUZ, Adriano G.[1]

[1]Departamento de Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ); [2]Faculdade de Veterinária/Universidade Federal Fluminense (UFF); [3]Campus Paranavaí/Instituto Federal do Paraná (IFPR)

*Contato: matheus.rsdc@gmail.com

RESUMO

Existem muitos estudos voltados ao descobrimento de novos micro-organismos probióticos com potenciais benefícios à saúde humana e aplicações tecnológicas em alimentos. As bactérias ácido lácticas foram largamente estudadas como probióticos em função de suas características benéficas à saúde humana e favoráveis à produção de alimentos fermentados. Atualmente, há um grande interesse na pesquisa de novos micro-organismos benéficos à saúde humana com o objetivo de ampliar o espectro de probióticos. Esses micro-organismos são chamados de próxima geração de probióticos e consistem principalmente em cepas dos gêneros *Bacteroides*, *Clostridium*, *Faecalibacterium* e *Akkermansia*. Entretanto, existem grandes desafios no estudo desses micro-organismos como probióticos. Esses desafios consistem no entendimento de sua eficácia e segurança para consumo, assim como sua utilização no desenvolvimento de novos produtos alimentícios. A próxima geração de probióticos representa um tema de grande relevância para a ciência e tecnologia de alimentos e traz novos desafios para serem enfrentados.

Palavras-chave: Probióticos, alimentos, saúde, microbiota.

ABSTRACT

There are many studies aimed at discovering new probiotic microorganisms with potential benefits to human health and technological applications in food. Lactic acid bacteria have been widely studied as probiotics due to their beneficial characteristics to human health and favorable to the production of fermented foods. Currently, there is great interest in researching new microorganisms beneficial to human health with the aim of expanding the probiotics spectrum. These microorganisms are called next-generation probiotics and mainly consist of strains of the *Bacteroides*, *Clostridium*, *Faecalibacterium* and *Akkermansia genus*. However, there are major challenges in studying these microorganisms as probiotics. These challenges consist of understanding its efficacy and safety for consumption, as well as its use in the development of new food products. The next-generation probiotics represents a topic of great relevance to food science and technology and brings new challenges to be faced.

Keywords: Probiotics, foods, health, microbiota.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um crescente número de estudos direcionados ao descobrimento de novos micro-organismos com potencial probiótico na modulação da microbiota intestinal e promoção de benefícios à saúde humana. Os probióticos são definidos como "micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefício à saúde do hospedeiro" (Hill et al., 2014). Os micro-organismos aprovados e comercializados como probióticos atualmente são, em sua maioria, pertencentes ao grupo das bactérias ácido lácticas (BAL), representadas principalmente pelo gênero lactobacilos. As BAL habitam naturalmente o trato gastrointestinal e genital de animais e podem também ser isoladas de alimentos fermentados. Devido ao consumo histórico desses alimentos fermentados tradicionais, as bactérias ácido lácticas foram largamente estudadas ao longo dos anos até que de fato pudessem ser reconhecidas como seguras para o consumo humano. No entanto, outros gêneros e espécies de bactérias que naturalmente habitam o intestino humano podem constituir uma próxima geração de probióticos (conhecidos como NGP – do inglês next-generation probiotics) com uma série de possíveis benefícios (Fernández-Murga & Sanz, 2016).

Os micro-organismos atualmente estudados como próxima geração de probióticos podem representar gêneros e espécies que nunca antes foram utilizados pela indústria de alimentos. Atualmente, os principais candidatos que estão sendo estudados nesse novo escopo de probióticos incluem cepas dos gêneros *Bacteroides*, *Clostridium*, *Faecalibacterium* e *Akkermansia.* Embora o interesse em ampliar o espectro de micro-organismos probióticos seja muito relevante, grandes desafios para a ciência e para a indústria são gerados. As principais questões referentes à próxima geração de probióticos são representadas por sua eficácia e segurança, assim como os aspectos tecnológicos sobre a utilização desses micro-organismos no processamento de alimentos. A grande maioria desses micro-organismos apresentam características metabólicas que as tornam difíceis de serem usadas no desenvolvimento de novos produtos, principalmente na produção de alimentos em larga escala (O'toole et al., 2017; Saarela, 2019).

METODOLOGIA

Foi realizada uma busca bibliográfica nas bases de dados CAPES e Science Direct em 2021, selecionando artigos que estudam a utilização de gêneros de bactérias como nova geração de probióticos, seus potenciais terapêuticos e uso como nutracêuticos e em alimentos funcionais. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave para realização da busca: "probiotic", "next generation", "health", "microbiota", "food", "functional food", "Bacteroides", "Clostridium", "Faecalibacterium" e "Akkermansia". Os artigos utilizados na presente revisão foram publicados entre os anos de 2013 e 2021 para obedecer o critério prévio de seleção de trabalhos recentes.

DESENVOLVIMENTO

Principais micro-organismos estudados como próxima geração de probióticos

O Quadro 1 apresenta os principais micro-organismos estudados atualmente como próxima geração de probióticos e alguns dos potenciais benefícios encontrados.

Quadro 01: Micro-organismos estudados atualmente como próxima geração de probióticos e alguns dos possíveis benefícios à saúde humana encontrados.

Micro-organismo	Efeito
Akkermansia muciniphila	• Adesão em células epiteliais intestinais, utilização de mucinas como substrato e melhora da integridade da barreira epitelial. • Tratamento com prebiótico (oligofrutose) restaura a abundância de *A. muciniphila* e melhora os parâmetros metabólicos de camundongos obesos.
Bacteroides fragilis	• Atividade anticâncer e imunomoduladora. • Regula células caliciformes, promovendo melhora da barreira intestinal prejudicada causada por antibióticos.
Clostridium butyricum	• Tratamento complementar com *C. butyricum* promoveu melhora nos "scores" de pacientes com transtorno depressivo. • *C. butyricum* exerce efeitos benéficos na alteração cognitiva e na apoptose em camundongos diabéticos com isquemia cerebral.
Eubacterium hallii	• A administração diária melhora a sensibilidade à insulina e o balanço energético em camundongos obesos. *E. hallii* utiliza **carboidratos simples** e produz AG de cadeia curta como butirato.
Faecalibacterium prausnitzii	• Estudos demonstraram redução significativa de *F. prausnitzii* nas doenças inflamatórias intestinais, diabetes, câncer colorretal e psoríase.

Fonte: (Everard et al., 2013; Ferreira-Halder et al., 2017; Miyaoka et al., 2018; Reunanen et al., 2015; Sun et al., 2019; Sun et al., 2016; Udayappan et al., 2016).

Micro-organismos da próxima geração de probióticos e seus potenciais benefícios à saúde humana

Akkermansia muciniphila

Akkermansia muciniphila é uma bactéria anaeróbia estrita, gram-negativa, de formato oval e não apresenta motilidade. Uma das características mais importantes da *A. muciniphila* é a sua capacidade de utilizar as mucinas intestinais, glicoproteínas da camada de muco do epitélio, como única fonte de carbono e nitrogênio (Derrien et al., 2004). Foi possível observar que a *A. muciniphila* habita o trato gastrointestinal (TGI) de mais de 90% dos indivíduos adultos analisados e constitui cerca de 1 a 4% da microbiota fecal desses indivíduos (Collado et al., 2007).

Apesar da *A. muciniphila* ter sido isolada há mais de uma década, houve um recente crescimento nos estudos dessa bactéria devido à sua associação com a saúde de animais e humanos. Níveis reduzidos de *A. muciniphila* foram observados em pacientes com doenças inflamatórias intestinais e distúrbios metabólicos, o que sugere que esse micro-organismo possa apresentar propriedades anti-inflamatórias importantes (Derrien et al., 2017). Mais es-

pecificamente, a *A. muciniphila* tem sido relacionada à saúde intestinal e melhora do estado metabólico de indivíduos que apresentam obesidade e diabetes tipo 2. Esses efeitos benéficos têm sido explicados pela capacidade da *A. muciniphila* de promover a melhora da barreira intestinal prejudicada induzida por dieta rica em gordura (Everard et al., 2013).

No estudo *in vitro* conduzido por Reunanen et al. (2015) constatou-se que a *A. muciniphila* foi capaz de aderir-se ao epitélio intestinal e aumentar a integridade da monocamada das linhagens celulares Caco-2 e HT-29 (células de cólon humano), fortalecendo o conceito de que esse micro-organismo pode promover a melhora da barreira intestinal. Além disso, esse estudo também observou que a *A. muciniphila* necessita de concentração 100 vezes maior comparada a *Escherichia coli* para apresentar atividade pró-inflamatória no epitélio, sugerindo que a bactéria possa ser segura em humanos.

Bacteroides spp.

Por volta de 20 a 80% dos micro-organismos presentes na microbiota intestinal de adultos saudáveis corresponde ao filo *Bacteroidetes*, sendo o gênero *Bacteroides* o grupo mais abundante. Esse gênero de bactéria pode apresentar concentrações de 10^9 a 10^{11} UFC por grama de fezes. Os bacteroides são micro-organismos anaeróbios obrigatórios e não formam esporos, não apresentam motilidade, possuem forma de bastonete e pontas arredondadas. A maioria das células é resistente a 20% dos sais biliares e é altamente favorecida na presença de muco colônico (Tan et al., 2019).

A cepa *B. xylanisolvens* DSM 23964 foi aprovada como cultura iniciadora em produtos lácteos fermentados sob o Regulamento de Novos Alimentos nº 258/97 da Comissão Europeia, tornando-se a primeira cepa do gênero *Bacteroides* autorizada como ingrediente alimentar. Entretanto, a cepa pode apenas ser utilizada como cultura iniciadora em produto pasteurizado e, portanto, tornando-se uma cultura inativada no produto final (Brodmann et al., 2017). A cepa *B. fragilis* ATCC25285 é considerada um promissor probiótico de próxima geração em função da sua capacidade em atenuar a inflamação induzida por patógenos e melhorar o quadro do espectro autista. Outra cepa promissora é a *B. fragilis* ZY312, capaz de atenuar a infecção por *Vibrio parahaemolyticus* e a diarreia induzida por antibióticos. No entanto, o fato de que algumas cepas de *B. fragilis* são capazes de induzir diarreia em animais e humanos, levanta uma discussão de que as características benéficas e de segurança do gênero *Bacteroides* são dependentes da cepa (Tan et al., 2020).

No trabalho de Zhang et al. (2018), os autores utilizaram a cepa *B. fragilis* ZY-312 no tratamento de diarreia iatrogênica induzida por antibióticos em modelo de ratos. O tratamento oral com a cepa ZY-312 melhorou os sintomas da diarreia associada a antibióticos (DAA), aumentando a abundância da microbiota comensal específica. Além disso, os autores observaram uma restauração da função da barreira intestinal e regeneração dos enterócitos nos ratos tratados. Esse estudo demonstrou um potencial terapêutico no uso do *B. fragilis* não-

toxicogênico na DAA em função de sua característica moduladora da microbiota e promoção da melhora da barreira gastrointestinal.

Clostridium butyricum

O *Clostridium butyricum* é um bacilo Gram-positivo, formador de esporo e anaeróbio obrigatório, sendo um micro-organismo muito sensível à presença de oxigênio. O micro-organismo recebe esse nome em função de sua capacidade de produzir grandes quantidades de ácido butírico. Seu primeiro isolamento aconteceu em 1880 por Prazmowski e desde então uma série de novas cepas tem sido descrita. *C. butyricum* pode ser encontrado em uma grande variedade de ambientes, tanto no intestino de animais quanto em alimentos como vegetais, leite e queijos (Cassir et al., 2016). A principal característica que tornou essa espécie de *Clostridium* interessante para a pesquisa em probióticos é a sua capacidade de fermentação de carboidratos não digeríveis, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (principalmente ácido butírico) que, por sua vez, são um grande alicerce para a proliferação de enterócitos e possuem um papel importante na manutenção da saúde colônica (Hamer et al., 2008).

Nos últimos anos, alguns estudos utilizando cepas de *C. butyricum* buscaram encontrar evidências que relacionem sua administração com a prevenção e/ou tratamento de algumas doenças. No estudo de Sun et al. (2016), observaram que a administração de *C. butyricum* em camundongos diabéticos submetidos a 30 minutos de oclusão bilateral das artérias carótidas comuns, foi capaz de modular a microbiota, além de atenuar a isquemia e reperfusão cerebral induzida e inibição da apoptose neuronal dos camundongos, sugerindo uma possível função terapêutica na lesão cerebral. Já na prevenção e tratamento do câncer, foi constatado que o *C. butyricum* é capaz de inibir significativamente o desenvolvimento de tumor intestinal induzido por dieta rica em gordura em camundongos, além disso, as células tumorais intestinais tratadas com a bactéria exibem proliferação reduzida e aumento da apoptose (Chen et al., 2020). Por fim, o tratamento com a cepa *C. butyricum* MIYAIRI 588 em combinação com antidepressivos proporcionou melhora significativa na depressão de pacientes que apresentam transtorno depressivo. Esses dados preliminares sugerem que a administração de *C. butyricum* é eficaz e bem tolerado no tratamento da depressão (Miyaoka et al., 2018).

Eubacterium hallii

E. halli é uma bactéria anaeróbia, Gram positiva, catalase negativa, pertencente à família *Lachnospiraceae* do filo Firmicutes. Pode estar presente em amostras fecais tanto de murinos quanto de humanos (Duncan et al., 2004). *E. hallii* é uma espécie que possui a capacidade de produzir butirato através da fermentação de carboidratos. O que a torna especial quando comparada a outros gêneros de bactérias de origem intestinal é a sua habilidade de produzir butirato utilizando tanto lactato quanto acetato como substrato de seu metabolismo (Louis et al., 2009). *E. hallii* tem sido descrita como uma espécie-chave dentro da cadeia trófica intesti-

nal com o potencial de impactar fortemente o equilíbrio metabólico, bem como a microbiota intestinal pela formação de diferentes ácidos graxos de cadeia curta a partir de polissacarídeos de origem dietética ou do próprio hospedeiro (Engels et al., 2016). Constatou-se que a administração oral diária de *E. hallii* em camundongos obesos e diabéticos melhora a sensibilidade à insulina e aumenta o metabolismo energético. Além disso, a administração de doses crescentes de *E. hallii* não afetou o peso corporal ou a ingestão de alimentos dos camundongos tratados, indicando a bactéria pode ser uma nova cepa probiótica segura e eficaz para melhorar a sensibilidade à insulina no tratamento da obesidade e do diabetes (Udayappan et al., 2016). As bifidobactérias presentes naturalmente na microbiota intestinal e no leite materno são capazes de fermentar carboidratos complexos, produzindo monossacarídeos que, por sua vez, podem ser utilizados pela *E. hallii* para a produção final de ácidos graxos de cadeia curta (Bunesova et al., 2018). Essa interação entre bifidobactérias e *E. hallii* sugere uma importante e benéfica simbiose para o hospedeiro.

Faecalibacterium prausnitzii

F. prausnitzii é uma bactéria anaeróbia, não formadora de esporo, gram-negativa e produtora de butirato. É uma das espécies mais comuns do filo firmicutes presentes em humanos, representando cerca de 8% da microbiota colônica total e desempenhando função importante na saúde intestinal (Heinken et al., 2014). Os benefícios da *F. prausnitzii* têm sido associados principalmente ao butirato produzido pela fermentação de carboidratos e incluem resposta imunomoduladora no hospedeiro, melhora da integridade da barreira intestinal e propriedades anti-inflamatórias (Saarela, 2019).

A administração de *F. prausnitzii* em camundongos com colite ulcerativa, uma doença inflamatória intestinal, foi capaz de atenuar os danos da barreira intestinal, além de promover uma ação anti-inflamatória desempenhada pela resposta imunomoduladora induzida pela interação da bactéria com os enterócitos dos camundongos (Carlsson et al., 2013). Em outro estudo, os metabólitos de *F. prausnitzii* exerceram efeitos anti-inflamatórios significativos na colite colorretal em modelo de ratos, atenuando as lesões teciduais causadas pela inflamação (Zhang et al., 2014). Esses efeitos anti-inflamatórios observados nos estudos com *F. prausnitzii*, permitem acender futuras investigações sobre o uso terapêutico dessa cepa em doenças inflamatórias intestinais.

Apesar de ser uma bactéria extremamente sensível ao oxigênio, o que a torna desafiadora para se trabalhar em laboratório ou na indústria, a *F. prausnitzii* possui a capacidade de utilizar uma série de carboidratos como substrato de seu metabolismo. Entre esses carboidratos estão os polissacarídeos prebióticos inulina e pectina (Heinken et al., 2014), levantando grandes possibilidades de investigação sobre o metabolismo desses carboidratos pela *F. prausnitzii* e um possível futuro desenvolvimento de um produto simbiótico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A próxima geração de probióticos representa um tema de grande relevância para a ciência e para a indústria de alimentos, uma vez que novos micro-organismos com potenciais características benéficas à saúde humana aumentam o espectro de probióticos e contribuem para o desenvolvimento e elaboração de novos produtos alimentícios que respondem ao crescente interesse da população por saúde e qualidade de vida. Entretanto, existe uma tendência para que esses micro-organismos sejam possivelmente utilizados como produtos bioterapêuticos e comercializados principalmente como suplementos dietéticos no futuro. De qualquer maneira, ainda existem poucos estudos que demonstram a eficácia e segurança desses micro-organismos, sendo necessários mais estudos em sistemas *in vivo* e ensaios clínicos. Além disso, os estudos que avaliam o potencial de aplicação dos probióticos de próxima geração em produtos alimentícios ainda são escassos.

REFERÊNCIAS

Brodmann, T.; Endo, A.; Gueimonde, M.; Vinderola, G.; Kneifel, W.; De Vos, W. M.; Salminen, S. & Gómez-Gallego, C. (2017). **Safety of Novel Microbes for Human Consumption: Practical Examples of Assessment in the European Union**. 8, 1725.

Bunesova, V.; Lacroix, C. & Schwab, C. (2018). Mucin Cross-Feeding of Infant Bifidobacteria and Eubacterium hallii. **Microbial Ecology**, 75, 1, 228-238.

Carlsson, A. H.; Yakymenko, O.; Olivier, I.; Håkansson, F.; Postma, E.; Keita, Å. V. & Söderholm, J. D. (2013). Faecalibacterium prausnitzii supernatant improves intestinal barrier function in mice DSS colitis. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, 48, 10, 1136-1144.

Cassir, N.; Benamar, S. & La Scola, B. (2016). Clostridium butyricum: from beneficial to a new emerging pathogen. **Clinical Microbiology and Infection**, 22, 1, 37-45.

Chen, D.; Jin, D.; Huang, S.; Wu, J.; Xu, M., Liu, T.; Dong, W.; Liu, X.; Wang, S.; Zhong, W.; Liu, Y.; Jiang, R.; Piao, M.; Wang, B. & Cao, H. (2020). Clostridium butyricum, a butyrate-producing probiotic, inhibits intestinal tumor development through modulating Wnt signaling and gut microbiota. **Cancer Letters**, 469, 456-467.

Collado, M. C.; Derrien, M.; Isolauri, E.; De Vos, W. M. & Salminen, S. (2007). Intestinal Integrity and Akkermansia muciniphila a Mucin-Degrading Member of the Intestinal Microbiota Present in Infants, Adults, and the Elderly. **Applied and Environmental Microbiology**, 73, 23, 7767.

Derrien, M.; Belzer, C. & De Vos, W. M. (2017). Akkermansia muciniphila and its role in regulating host functions. **Microbial Pathogenesis**, 106, 171-181.

Derrien, M.; Vaughan, E. E.; Plugge, C. M. & De Vos, W. M. (2004). Akkermansia muciniphila gen. nov., sp. nov., a human intestinal mucin-degrading bacterium. 54, 5, 1469-1476.

Duncan, S. H.; Louis, P. & Flint, H. J. (2004). Lactate-Utilizing Bacteria, Isolated from Human Feces, That Produce Butyrate as a Major Fermentation Product. **Applied and Environmental Microbiology**, 70, 10, 5810.

Engels, C.; Ruscheweyh, H. J.; Beerenwinkel, N.; Lacroix, C. & Schwab, C. (2016). The Common Gut Microbe Eubacterium hallii also Contributes to Intestinal Propionate Formation. **Frontiers in microbiology**, 7, 713-713.

Everard, A.; Belzer, C.; Geurts, L.; Ouwerkerk, J. P.; Druart, C.; Bindels, L. B.; Guiot, Y.; Derrien, M.; Muccioli, G. G.; Delzenne, N. M.; De Vos, W. M. & Cani, P. D. (2013). Cross-talk between Akkermansia muciniphila and intestinal epithelium controls diet-induced obesity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 110, 22, 9066.

Fernández-Murga, M. L. & Sanz, Y. (2016). Safety Assessment of Bacteroides uniformis CECT 7771 Isolated from Stools of Healthy Breast-Fed Infants. **PLOS ONE**, 11, 1, e0145503.

Ferreira-Halder, C. V.; Faria, A. V. d. S. & Andrade, S. S. (2017). Action and function of Faecalibacterium prausnitzii in health and disease. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, 31, 6, 643-648.

Hamer, H. M.; Jonkers, D.; Venema, K.; Vanhoutvin, S.; Troost, F. J. & Brummer, R. J. (2008). Review article: the role of butyrate on colonic function. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, 27, 2, 104-119.

Heinken, A.; Khan, M. T.; Paglia, G.; Rodionov, D. A.; Harmsen, H. J. M. & Thiele, I. (2014). Functional Metabolic Map of Faecalibacterium prausnitzii, a Beneficial Human Gut Microbe. **Journal of Bacteriology**, 196, 18, 3289.

Hill, C.; Guarner, F.; Reid, G.; Gibson, G. R.; Merenstein, D. J.; Pot, B.; Morelli, L.; Canani, R. B.; Flint, H. J.; Salminen, S.; Calder, P. C. & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, 11, 8, 506-514.

Louis, P.; Young, P.; Holtrop, G. & Flint, H. (2009). Diversity of human colonic butyrate-producing bacteria revealed by analysis of the butyryl-CoA:acetate CoA-transferase gene. **Environmental microbiology**, 12, 304-314.

Miyaoka, T. M.; PhD, Kanayama, M. M. W.; Rei MD, PhD, Hashioka, S. M.; PhD, Hayashida, M. M.; PhD , Nagahama, M. M.; Okazaki, S. M.; Yamashita, S. M.; Miura, S. M.; Miki, H. M.; Matsuda, H. M.; Koike, M. M.; Izuhara, M. M.; Araki, T. M. T.; Keiko MSc.; Azis, I. A. M.; Arauchi, R. M.; Abdullah, R. A. M.; Oh-Nishi, A. P. & Horiguchi, J. M., PhD. (2018). Clostridium butyricum MIYAIRI 588 as Adjunctive Therapy for Treatment-Resistant Major Depressive Disorder: A Prospective Open-Label Trial. **Clinical Neuropharmacology**, 41(5), 151-155.

O'toole, P.; Marchesi, J. & Hill, C. (2017). Next-generation probiotics: The spectrum from probiotics to live biotherapeutics. **Nature Microbiology**, 2, 17057.

Reunanen, J.; Kainulainen, V.; Huuskonen, L.; Ottman, N.; Belzer, C.; Huhtinen, H.; De Vos, W. M. & Satokari, R. (2015). Akkermansia muciniphila Adheres to Enterocytes and Strengthens the Integrity of the Epithelial Cell Layer. **Applied and Environmental Microbiology**, 81, 11, 3655.

Saarela, M. H. (2019). Safety aspects of next generation probiotics. **Current Opinion in Food Science**, 30, 8-13.

Sun, F.; Zhang, Q.; Zhao, J.; Zhang, H.; Zhai, Q. & Chen, W. (2019). A potential species of next-generation probiotics? The dark and light sides of Bacteroides fragilis in health. **Food Research International**, 126, 108590.

Sun, J;, Wang, F.; Ling, Z.; Yu, X.; Chen, W.; Li, H.; Jin, J.; Pang, M.; Zhang, H.; Yu, J. & Liu, J. (2016). Clostridium butyricum attenuates cerebral ischemia/reperfusion injury in diabetic mice via modulation of gut microbiota. **Brain Research**, 1642, 180-188.

Tan, H.; Wang, C.; Zhang, Q.; Tang, X.; Zhao, J.; Zhang, H.; Zhai, Q. & Chen, W. (2020). Preliminary safety assessment of a new Bacteroides fragilis isolate. **Food and Chemical Toxicology**, 135, 110934.

Tan, H.; Zhai, Q. & Chen, W. (2019). Investigations of Bacteroides spp. towards next-generation probiotics. **Food Research International**, 116, 637-644.

Udayappan, S.; Manneras-Holm, L.; Chaplin-Scott, A.; Belzer, C.; Herrema, H.; Dallinga-Thie, G. M.; Duncan, S. H.; Stroes, E. S. G.; Groen, A. K.; Flint, H. J.; Backhed, F.; De Vos, W. M. & Nieuwdorp, M. (2016). Oral treatment with Eubacterium hallii improves insulin sensitivity in db/db mice. npj **Biofilms and Microbiomes**, 2, 1, 16009.

Zhang, M.; Qiu, X.; Zhang, H.; Yang, X.; Hong, N.; Yang, Y.; Chen, H. & Yu, C. (2014). Faecalibacterium prausnitzii inhibits interleukin-17 to ameliorate colorectal colitis in rats. **PloS one**, 9, 10, e109146-e109146.

Zhang, W.; Zhu, B.; Xu, J.; Liu, Y.; Qiu, E.; Li, Z.; Li, Z.; He, Y.; Zhou, H.; Bai, Y. & Zhi, F. (2018). Bacteroides fragilis Protects Against Antibiotic-Associated Diarrhea in Rats by Modulating Intestinal Defenses. **Frontiers in immunology**, 9, 1040.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

O PAPEL DA POLÍTICA NACIONAL DE REDUÇÃO DE AGROTÓXICOS PARA A PROMOÇÃO DO DIREITO BÁSICO À ALIMENTAÇÃO SAUDÁVEL

THE ROLE OF THE NATIONAL PESTICIDE REDUCTION POLICY FOR THE PROMOTION OF THE BASIC RIGHT TO HEALTHY FOOD

SILVA, E.J.R[1]*; CASTRO,C.L.[2]; SIMON, L.C.[3]; SANTIAGO, R.A.C.[4] CORCIOLI, GRACIELLA.[5]

[1]Programa de Pós-Graduação em Agronegócio/PPGAGRO-UFG; [2]Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde/PPGNUT-UFG; [3]Graduação em Nutrição/FANUT-UFG ; [4]Docente/FANUT-UFG; [5]Docente/PPGAGRO-UFG
*Contato: emanuel.ramalho@discente.ufg.br

RESUMO

O escopo da presente pesquisa é no sentido de analisar o perfil do Projeto de Lei nº 6670/16 no fomento ao direito básico à alimentação saudável. A literatura e pesquisas técnicas - de órgãos especializados - apontam para a insustentabilidade da produção de alimentos pautada na utilização massiva de agrotóxicos. Tais conclusões, baseadas no acervo explorado, são relevantes para considerar o papel da proposta de Política Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNaRA, por meio do PL 6670/16, para a promoção e valorização devida aos meios alternativos de produção de alimentos, que visam, sobretudo, alcançar o direito constitucional à alimentação. É visível, neste sentido, o compromisso explícito da PNaRA na redução gradual de meios danosos - à saúde coletiva -, precisamente quanto aos agrotóxicos, e de fomento à agroecologia - pautada em valores socioambientais e culturais - e outras alternativas necessárias à superação do modo predatório de se produzir alimentos. A abordagem adotada no estudo é qualitativa e, quanto ao objetivo, adota o modelo de pesquisa classificado como exploratória; quanto ao procedimento, adota a revisão literária narrativa, empregando literatura especializada no escopo da pesquisa; legislação atinente ao objeto pesquisado; documentos, pareceres, dossiês, notas, manifestos e outros meios publicizados por organismos públicos (entes e órgãos governamentais) e privados (associações, fundações, entidades de organização da sociedade civil).

Palavras-chave: Sustentabilidade, agrotóxicos, agroecologia, agricultura familiar, segurança alimentar e nutricional.

ABSTRACT

The scope of this research is to analyze the profile of Bill 6670/16 in the promotion of the basic right to healthy food. The literature and technical research - from specialized agencies - point to the unsustainability of food production based on the massive use of pesticides. Such conclusions, based on the explored acquis, are relevant to consider the role of the proposed National Policy for the Reduction of Pesticides - PNaRA, through the PL 6670/16, for the promotion and due appreciation to alternative means of food production, which aim, above all, to achieve the constitutional right to food. It is visible, in this sense, the PNaRA's explicit commitment to the gradual reduction of harmful means - to collective health - precisely regarding pesticides, and to the promotion of agroecology - based on socioenvironmental and cultural values - and other necessary alternatives to overcome the predatory way of

producing food. The approach adopted in the study is qualitative and, as to the objective, it adopts the research model classified as exploratory; as to the procedure, it adopts the narrative literature review, using specialized literature in the scope of the research; legislation related to the researched object; documents, opinions, dossiers, notes, manifestos and other means published by public bodies (governmental entities and agencies) and private ones (associations, foundations, civil society organization entities).

Keywords: Sustainability, pesticides, agroecology, family farming, food and nutrition security.

INTRODUÇÃO

O direito à alimentação, assim como a sustentabilidade são temas mantidos na pauta de discussões em diversos segmentos da sociedade, desde os ambientes privados até o âmbito público. O uso indiscriminado de agrotóxicos associados às incongruências da regulamentação e aos desafios e limitações do monitoramento são aspectos que interferem na garantia do Direito à Alimentação Adequada e Saudável (DHAA) (LOPES; ALBUQUERQUE, 2021).

Os perigos relativos à exposição aos agrotóxicos afetam principalmente os agricultores, que realizam o manuseio do produto, e a população residente próximas às áreas de produção, estando mais expostos à intoxicação aguda (BADO et al, 2020). A população no geral, também fica exposta aos riscos proporcionados pela exposição crônica (MARQUES; SILVA, 2021).

Entretanto, ainda não há como calcular os efeitos à exposição crônica pelo consumo de alimentos e água, assim como realizar a avaliação de risco de efeitos cumulativos. Mas sabe-se que, mesmo pequenas doses, já são capazes de afetar a viabilidade da célula ou induzir a morte celular (MARQUES; SILVA, 2021). Ressalta-se aqui a problemática da subnotificação dos casos de intoxicação, em especial a crônica, pela dificuldade de identificação (SANTOS et al., 2021; BOCHNER, 2007). Além da toxicidade pela presença de resíduos, o potencial carcinogênico, e a redução da qualidade nutricional dos alimentos (PEREIRA; FRANCESCHINI; PRIORE, 2020; MARQUES; SILVA, 2021).

Isto posto, destaca-se que a DHAA possui forte conexão com a soberania alimentar e com Segurança alimentar e nutricional (SAN). O conceito de SAN não se restringe a quantidade e qualidade nutricional do alimento, mas envolve a relação do homem com o meio, abarcando aspectos socioculturais, econômicos e ambientais (ONU, 1948; BRASIL, 2006).

Por conseguinte, fica claro que o uso massivo de agrotóxicos está na contramão da garantia da soberania alimentar, SAN e DHAA, denotando a relevância do fomento a políticas públicas contextualizadas. Políticas que enfoquem a implementação, e o reforço, de ações direcionadas ao preparo e incentivo do agricultor familiar (AF) para a adoção da produção de alimentos adequados a sistemas de base ecológica (PEREIRA; FRANCESCHINI; PRIORE, 2020).

É neste sentido que este estudo se dedica a investigar o papel de uma política de âmbito nacional - ainda em gestação - para a promoção não só ao direito ao alimento, mas ao direito constitucional à alimentação saudável. Assim, destaca-se uma questão norteadora da inves-

tigação, a saber: qual o potencial do Projeto Lei que cria a Política Nacional de Redução de Agrotóxicos na construção de um perfil sustentável no exercício do direito básico à alimentação saudável?. Preliminarmente, admite-se como hipótese para a problemática estabelecida, no sentido de que a proposta de Política Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNaRA, tal como formulada, possui um perfil positivo no fomento a práticas sustentáveis para o exercício do direito básico à alimentação saudável, sobretudo quando considerado o incentivo aos sistemas de produção alternativos aos empregados massivamente na atualidade.

O escopo da presente pesquisa é no sentido de analisar o perfil do Projeto de Lei nº 6670/16 no fomento ao direito básico à alimentação saudável. Desta forma, são objetivos específicos necessários ao desenvolvimento do estudo: analisar a origem do PL 6670/16 dentro da construção coletiva para se identificar a essência de sua proposição; assim como buscar - no projeto de lei em comento - propostas alternativas voltadas ao fomento ao direito à alimentação saudável, dentro da atual realidade de disseminação crescente do uso e acesso aos agrotóxicos; explorar dados da ANVISA e demais entes e entidades públicas e privadas sobre o número de agrotóxicos autorizados e percentuais utilizados na produção de alimentos; verificar dados específicos da utilização de agrotóxicos e biodefensivos enquanto possível alternativa aos agrotóxicos.

METODOLOGIA

A abordagem adotada no estudo é qualitativa e, quanto ao objetivo, adota o modelo de pesquisa classificado como exploratória, visto que "[...] estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias (sic) ou a descoberta de intuições" (GIL, 2002, p. 41). Enquanto procedimento adota a revisão literária narrativa, empregada na pesquisa, segundo GIL (2002), para ser "desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos". Assim, são empregados recursos para embasar a revisão em comento: literatura especializada no escopo da pesquisa; legislação atinente ao objeto pesquisado; documentos, pareceres, dossiês, notas, manifestos e outros meios publicizados por organismos públicos (entes e órgãos governamentais) e privados (associações, fundações, entidades de organização da sociedade civil).

DESENVOLVIMENTO

A Política Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNaRA tem sua origem nas crescentes discussões no âmbito da sociedade civil, sobretudo com a consolidação da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica - PNAPO, em 2012, e do Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNARA (ABRASCO, ABA, 2018).

Em 2016 a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO) ingressou junto ao Congresso Nacional uma proposta construída através de várias vozes da sociedade civil e de enti-

dades engajadas na promoção do direito à alimentação saudável, do meio ambiente e tantas outras bandeiras atreladas ao tema. A proposta fora apresentada pela ABRASCO na Comissão de Legislação Participativa (CLP) sob a SUG1 nº 83/2016 com o intuito de criar uma política articulada para a redução do uso de agrotóxicos e a valorização de uma alimentação saudável (BRASIL, 2016a).

Ainda em 2016 a minuta apresentada pela ABRASCO fora oficialmente transformada em Projeto de Lei (PL) pela Comissão de Legislação Participativa (CLP), ganhando, assim, tramitação própria pelo processo legislativo como Projeto de Lei nº 6670/2016. Em seu texto original, proposto pela ABRASCO, a PNaRA objetiva basicamente:

> [...] implementar ações que contribuam para a redução progressiva do uso de agrotóxicos na produção agrícola, pecuária, extrativista e nas práticas de manejo dos recursos naturais, com ampliação da oferta de insumos de origens biológicas e naturais, contribuindo para a promoção da saúde e sustentabilidade ambiental, com a produção de alimentos saudáveis (BRASIL, 2016a, p. 4).

A tramitação do PL 6670/2016 no processo legislativo fora inaugurada pela Comissão de Legislação Participativa com a justificativa de sua contemporaneidade nos problemas enfrentados atualmente na sociedade, sem perder de vista seu histórico no debate político, acadêmico, científico e dos interesses da iniciativa privada, de modo que:

> [...] a proposição apresentada contempla um tema contemporâneo, necessário, para esta e para as futuras gerações. A mudança na produção agrícola não diz respeito apenas ao que se colhe, mas também está relacionada ao tema da água, da preservação dos solos, dos mananciais subterrâneos, da fauna e da flora e da saúde dos trabalhadores e trabalhadoras no campo (BRASIL, 2016b).

Em que pese a tramitação do PL 6670/2016 ter sido iniciada no final do ano de 2016, foi somente no início de 2017 que a mencionada proposta teve seu andamento diante dos protocolos legislativos necessários para a sua discussão e parecer final. Em 2018 o projeto ganhou autonomia de apreciação por meio de comissão especial designada para os debates de seus propósitos, merecendo destaque algumas datas essenciais para a compreensão, a saber: em 16/05/2018 é criada uma comissão especialmente designada para a análise do PL 6670/2016; em 22/05/2018 há a instalação oficial da Comissão Especial Destinada a Proferir Parecer ao Projeto de Lei nº 6670, DE 2016; somente em 23/05/2018 foram eleitos os membros que dão respaldo ao funcionado da Comissão, sendo designados presidente e relator; finalmente em

1 Significa uma proposta da sociedade civil recepcionada no processo legislativo através de associação, órgão de classe, sindicato ou entidade organizada (BRASIL, 2018a).

19/11/2018 o parecer do relator é apresentado e aprovado de forma definitiva - com substitutivos e após dois outros documentos terem sido apresentados a título de parecer; o parecer é encaminhado para a publicação no dia 05/12/2018 (BRASIL, 2018b, 2018c, 2018d).

Enquanto subsídio à feitura do parecer da Comissão Especial vários foram os instrumentos utilizados até a conclusão dos trabalhos, a saber: sete audiências públicas com cerca de quarenta e quatro especialistas sobre a temática, além de entidades, entes governamentais e sociedade civil; mas também encontros e reuniões estaduais em algumas regiões do país. Tais instrumentos participativos tiveram sua importância no embasamento do parecer no sentido da relevância da materialização da Política Nacional de Redução de Agrotóxicos proposta, no sentido de que:

> com o resumo das apresentações dos participantes das reuniões de audiência públicas, expõe as dimensões das repercussões desse fato na saúde pública e no meio ambiente. Inclusive, durante as audiências públicas realizadas pela Comissão, entre a extensa e grave lista de efeitos colaterais associados ao uso abusivo dos agrotóxicos, foi destacado o fato de que pelo menos 60, dos 450 ingredientes ativos de agrotóxicos disponibilizados no Brasil são proibidos em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e países da União Europeia (BRASIL, 2018d, p. 62).

Ainda que, como apresentado, o projeto de criação de tal política tenha ganhado forte repercussão no país, com discussões presentes em diversos segmentos da sociedade, o PL 6670/2016 encontra-se paralisado, sem movimentações quanto aos ritos do processo legislativo. O que se constata é que há dois anos não há andamento, tendo sido os últimos verificados no sentido de se tentar colocar o projeto em regime de urgência - de acordo com o Requerimento nº 1538/19; assim como colocá-lo na ordem do Plenário da Câmara dos Deputados para a deliberação dos parlamentares - de acordo com o Requerimento nº 1543/19. Todavia, ambas as entidades restaram infrutíferas (BRASIL, 2019a, 2019b).

Compreender a dinâmica interna de uso de agrotóxicos, o que inclui histórico, políticas de incentivo e de promoção da redução do uso, é uma demanda relevante. O Brasil está entre os principais países agrícolas do mundo, e está entre os maiores exportadores de *commodities*, ocupando o quinto lugar no ranking mundial em 2000, e assumindo a terceira colocação em 2016 (FAO, 2018). Com o perfil agrícola, de foco em monoculturas para *commodities*, acentuado e evidenciado no cenário global, o Brasil ampliou a importação de agrotóxicos (PELAEZ, 2015).

A participação do Brasil nas importações excedeu os 10% do total mundial em 2013, inserindo o país na classificação de maior importador. O país também ultrapassou os Estados Unidos, e lidera o ranking de uso de agrotóxicos desde de 2008, com consumo de agrotóxico que representa 20% do total comercializado no mundo (ABRASCO, 2012; PELAEZ, 2015; BOMBARDI, 2017).

O uso de agrotóxicos se manteve em crescimento nas últimas três décadas. A quantia destinada para a aquisição do produto, entre 1995-1996 e 2017, aumentou mais de quatro vezes. Houve, concomitantemente, o crescimento na quantidade de estabelecimentos que declararam fazer uso de agrotóxicos. Ainda assim, a média dos gastos com agrotóxicos por estabelecimento aumentou expressivamente, de 4,8 mil entre 1995-1996, alcançando 19,3 mil em 2017 (IBGE, 2017; IPEA, 2020).

Em 2006 a região sul se destacava com a maior quantidade de estabelecimentos que faziam uso de agrotóxicos. No ano de 2017 é possível notar a mudança deste panorama, sendo possível observar intensificação do uso de agrotóxicos no estado de São Paulo, e em municípios próximos à área da Amazônia Legal, principalmente em Mato Grosso. Ao se comparar a quantidade de estabelecimentos que declararam fazer uso de agrotóxicos em 2006 e 2017, ressalta-se a região centro-oeste, com crescimento de 14%, seguida pela região sudeste (11%) e norte (10%) (IBGE, 2017; IPEA, 2020).

O aumento do uso de agrotóxicos não ocorreu apenas nos grandes latifúndios, a Agricultura Familiar (AF) também apresentou aumento, sendo este ainda mais expressivo e preocupante. Apesar da AF ter passado por redução de aproximadamente 9,5% no número de estabelecimentos, estes aumentaram o uso de agrotóxicos em 7,0%, contrapondo com uma oscilação de apenas 0,7%, no mesmo período, entre os agricultores não familiares (IBGE, 2017; IPEA, 2020).

Voltando o olhar para os ingredientes ativos mais comercializados, segundo dados do IBAMA, de 2009 a 2019, o primeiro mais vendido foi o glifosato, sempre apresentando volume de vendas superior a 30%. O segundo ingrediente ativo mais comercializado oscilou entre o óleo mineral e diclorofenóxiacético (2,4-D), predominando o 2,4-D (IBAMA, 2012, 2019). O glifosato, por ser o ingrediente ativo mais consumido no Brasil a anos, é continuamente pauta de debates. No documento ‘geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e Conexão com a união europeia’ Bombardi (2017, p.36-37) cita o alerta de pesquisadores, e da própria Organização Mundial da Saúde (OMS), em relação aos riscos que o uso do glifosato representa à saúde.

Estudos apontam evidências dos malefícios que os agrotóxicos podem causar à saúde, dentre eles doenças degenerativas, neurológicas, imunológicas e hematológicas, alterações auditivas, infertilidade, malformações congênitas e demais doenças crônicas não transmissíveis (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018; DE LARA; DE LARA, 2020). Quanto às problemáticas ambientais, tem-se a contaminação do solo, da água e do ar, que interferem diretamente na saúde das espécies animais, e pode ocasionar sintomas similares aos descritos em humanos, sendo eles: deficiência do sistema imune, câncer, alterações hormonais, comprometimento das funções reprodutivas, e consequente decréscimo na população de animais silvestres (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018; INCA, 2015). Considerando-se o exposto, fica evidente a essencialidade do monitoramento do uso de agrotóxicos.

Isto posto, com o objetivo de monitorar, continuamente, o nível da presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos vegetais, foi criado pela ANVISA, no ano de 2001, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). O Programa analisa milhares de amostras de alimentos, advindas de comércios varejistas de todo Brasil, em busca de minimizar o risco à saúde trazido pelos agrotóxicos (ANVISA, 2019).

O relatório do PARA (2019) traz informações que servem para embasar medidas de promoção e prevenção à saúde. O PARA, no período de 2017 a 2018, analisou 14 alimentos, que representam 30,86% dos alimentos habitualmente consumidos pela população brasileira, que compuseram um total de 4.616 amostras. A pesquisa investigou no alimento a presença 270 agrotóxicos diferentes, sendo detectados 122.

Do total de amostras analisadas, foram encontrados resíduos de agrotóxicos em 51%, e 23% foram classificadas como insatisfatórias, ou seja, apresentou detecção irregular. As detecções irregulares são: ingrediente ativo não permitido para a cultura (17,3% das amostras insatisfatórias), quantidade de resíduo superior ao LMR (2,3%) e substância proibida (0,5%). Foi identificada mais de uma inconformidade em 2,9% das amostras.

Tratando-se da utilização e da presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos, e do potencial da PL que cria o PNaRA, é imperativo a inclusão de pormenores acerca da relação do Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA) e da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) com a pauta de sistema alimentar.

O DHAA é garantido no artigo 25 da Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948. Na busca da garantia desse direito é dever do Estado promover ações e instaurar políticas públicas que visem oportunizar o acesso da população a alimentos de qualidade quanto aos aspectos nutricionais, culturais e sanitários (ONU, 1948). No Brasil, a demanda e mobilização para a efetivação do DHAA foi ensejo para a construção de um novo conceito, denominado: Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), com conceito descrito na Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN).

A LOSAN foi uma conquista notável nesta jornada para a promoção do DHAA. A Lei foi sancionada após esforços intensos, que datam ainda da década de 90, quando ocorreu a primeira conferência de SAN, tendo o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA), extinto em 2019, importante papel na articulação e promulgação da LOSAN (OLIVEIRA, 2017). O conceito de SAN versa sobre duas dimensões: a alimentar e a nutricional. De acordo com a legislação, em seu art. 3º, entende-se por SAN:

> A realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis. (BRASIL, 2006).

Outro grande marco, para a garantia do DHAA para a população brasileira, foi a emenda constitucional nº 64, de 4 de fevereiro de 2010. A emenda inclui o direito social à alimentação no artigo 6° da Constituição Federal de 1988, que passa a vigorar com a seguinte redação: "São direitos sociais a educação, a saúde, **a alimentação**, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição" (BRASIL, 2010). Os princípios e diretrizes dos programas e das políticas públicas caminham alinhadas a todos estes conceitos. Como exemplo cita-se o Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PLANSAN) (2018) e a Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS) (2018), entre outros.

A exemplo, a Política Nacional de Promoção da Saúde (PNPS)(2018) aborda oito temas prioritários, dentre eles a promoção da alimentação adequada e saudável e a promoção do desenvolvimento sustentável. Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PLANSAN) (2018), possui detalhamentos estratégicos, que vão de encontro com as duas vertentes apresentadas pela PNPS (2018), a PLANSAN (2018) discorre sobre o reforço a propostas que já são executadas, como o Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxicos (PARA) coordenado pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), o fomento aos Fóruns Estaduais de Combate ao Uso de Agrotóxicos, a regulação e fiscalização do uso de agrotóxicos, e a instituição do Programa Nacional de redução de Agrotóxicos (PRONARA) e a Política Nacional de Redução de Agrotóxicos (PNARA), que está em foco neste artigo.

Porém, em contraponto ao exposto nas políticas e programas, no Brasil ocorrem incentivos fiscais que fomentam os agrotóxicos. A exemplo, cita-se o Convênio ICMS 26/21, celebrado pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), que reduz a base de cálculo do ICMS para insumos agrícolas, o que inclui os agrotóxicos (BRASIL, 2021). Esses convênios, ao longo dos anos, segundo Cunha e Soares (2020, p.2), "foram renovados pelo menos 17 vezes desde o início da sua vigência". Alguns agrotóxicos, de acordo com o Decreto nº 8.950/2016, também se beneficiam da isenção total de Impostos sobre Produtos Industrializados (IPI) (BRASIL, 2016e).

Conforme Cunha e Soares (2020), os incentivos fiscais disponibilizados no setor agrário são interpretados como estratégia para melhorar a produtividade no setor agrícola, com a promessa de, consequentemente, reduzir os custos da produção de alimentos. No entanto, distorcem os reais custos do sistema de produção industrial. Com isso, ocorre, concomitantemente, o incentivo à predileção aos agrotóxicos, e o desencorajamento à adoção de métodos alternativos. Há o reforço da perspectiva de retorno financeiro inferior caso optem pela transição agroecológica (CUNHA; SOARES, 2020).

Porém, as práticas agroecológicas, como alternativa sustentável de produção de alimentos, se tornaram, para além de apenas 'possibilidade', reconhecidamente necessárias para se evitar crises hídricas, climáticas e agropecuárias no futuro (CAISAN, 2012). A agroecologia se

pauta na valorização da diversidade biológica e cultural, na equidade de gênero e na soberania alimentar (IPEA, 2017). A implementação da agroecologia é capaz de amplificar a produtividade, sem degradar a agrobiodiversidade (ALTIERE; NICOLLHS, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por escopo a análise do perfil do Projeto de Lei nº 6670/16 no fomento ao direito básico à alimentação saudável; buscando-se identificar nas linhas da proposta legislativa - que ainda permanece passível de construção - possibilidades de se exercer o direito básico e constitucional à alimentação de forma saudável - na acepção nutricional, ambiental, econômica e social.

Discussões transversais surgiram no decorrer do estudo, sobretudo com relação a algumas características que interferem na qualificação do alimento, qualidade que está permeada por questões originadas nas tomadas de decisões em diversas esferas de governo. Tais discussões estão pautadas na sociedade e difundidas como parte de projetos de tradicionais de desenvolvimento - econômico -, a saber: utilização massiva de agrotóxicos e incentivos distintos voltados ao acesso destes; preferência do Estado na valorização de modos e sistemas tradicionais de produção de alimentos, permeados por externalidades negativas para a sociedade; e ausência de fomento às alternativas apresentadas há muito para a produção de alimentos saudáveis.

Conclui-se, ainda, que a literatura e pesquisas técnicas - de órgãos especializados - apontam para a insustentabilidade da produção de alimentos pautada na utilização massiva de agrotóxicos.

Tais conclusões, baseadas no acervo explorado, confirmam a hipótese levanta preliminarmente e são relevantes para considerar o papel da proposta de Política Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNaRA, por meio do PL 6670/16, para a promoção e valorização devida aos meios alternativos de produção de alimentos, que visam, sobretudo, alcançar o direito constitucional à alimentação. É visível, neste sentido, o compromisso explícito da PNaRA na redução gradual de meios danosos - à saúde coletiva -, precisamente quanto aos agrotóxicos, e de fomento à agroecologia - pautada em valores socioambientais e culturais - e outras alternativas necessárias à superação do modo predatório de se produzir alimentos.

REFERÊNCIAS

ABRASCO. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. ABA. Associação Brasileira de Agroecologia. **Dossiê ABRASCO ABA: Contra o PL do veneno e a favor da Política Nacional de Redução de Agrotóxicos** - PNARA. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/wp-content/uploads/2018/08/DOSSIE_NOVO_26_JULHO_Final-compressed2.pdf>.

ABRASCO. Associação Brasileira de Saúde Coletiva. **Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos Agrotóxicos na Saúde** (Parte 1 - agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde). 88 p. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/wp-content/uploads/2015/03/Dossie_Abrasco_01.pdf>.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Do modelo agroquímico à agroecologia: a busca por sistemas alimentares saudáveis e resilientes em tempos de COVID-19.** Desenvolv. Meio Ambiente, v. 57, p. 245-257. Edição especial - Agronegócio em tempos de colapso planetário: abordagens críticas. Curitiba, jun. 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/78321/44103>.

ANVISA, Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. **Relatório das Amostras analisadas no período de 2017-2018.** 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1>.

BADO, L.; PUNTEL, K. L.; MONTIPÓ, G.; ENGELMANN, P.; RIGOTI, L. Y.; MARCON, B. B.; LUCCHINI, M. L. K. **Saúde do trabalhador rural: uma revisão de literatura sobre agrotóxicos e seus riscos.** Acta Elit Salutis- AES, v.3 (1), 2020. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/salutis/article/view/25723>.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 05.10.1988.** Brasília, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006.** Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN. Brasília, DF: CONSEA, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11346.htm>.

BRASIL. Constituição (1988). **Emenda Constitucional nº 64, de 4 de fevereiro de 2010.** Altera o art. 6º da Constituição Federal, para introduzir a alimentação como direito social. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc64.htm>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Sugere à Comissão de Legislação Participativa Projeto de Lei que trata da "Política Nacional de Redução de Agrotóxicos"** (SUG 83/2016). Comissão de Legislação Participativa. Brasília, 2016a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2116823&ord=1>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Institui a Política Nacional de Redução de Agrotóxicos - PNARA, e dá outras providências** (PL 6670/2016). Comissão de Participação Legislativa. Brasília, 2016b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2120775&ord=1>.

BRASIL. Congresso. **Glossário de termos legislativos.** Brasília: Grupo de Trabalho Permanente de Integração da Câmara dos Deputados com o Senado Federal, Subgrupo Glossário Legislativo, 2018a. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/552849/001140838_GlossarioTermosLegislativos.pdf>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Comissão Especial Destinada a Proferir Parecer ao Projeto de Lei nº 6670, de 2016. **Parecer sobre o PL 6.670, de 2016.** Sala da Comissão, em 31 de outubro de 2018b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=node0n4ypkyoajtu4ekzvoduo1ocd24234.node0?codteor=1689514&filename=Tramitacao-PL+6670/2016>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Comissão Especial Destinada a Proferir Parecer ao Projeto de Lei nº 6670, de 2016. **Parecer sobre o PL 6.670, de 2016.** Sala da Comissão, em 12 de novembro de 2018c. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=node0n4ypkyoajtu4ekzvoduo1ocd24234.node0?codteor=1691889&filename=Tramitacao-PL+6670/2016>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Comissão Especial Destinada a Proferir Parecer ao Projeto de

Lei nº 6670, de 2016. **Parecer sobre o PL 6.670, de 2016**. Sala da Comissão, em 19 de novembro de 2018d. Disponível: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=node0n4ypkyoajtu4ekzvoduo1ocd24234.node0?codteor=1693110&filename=Tramitacao-PL+6670/2016>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Política Nacional de Promoção da Saúde / **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**, Secretaria de Atenção à Saúde. – ed3. Brasília, 2010.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 8.950, de 29 de dezembro de 2016**. Aprova a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - TIPI. Brasília, 2016e. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/d8950.htm>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Requerimento de Urgência (Art. 154 do RICD) n. 1538/2019.** Sala da Comissão. Brasília, 2019a. Disponível: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1751805&filename=Tramitacao-PL+6670/2016>.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Requerimento de Inclusão na Ordem do Dia nº 1543/2019.** Sala da Comissão. Brasília, 2019b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1751993&filename=Tramitacao-PL+6670/2016>.

BRASIL. Conselho Nacional de Política Fazendária. **Convênio ICMS 26/21, de 12 de março de 2021.** Prorroga e altera o Convênio ICMS 100/97, que reduz a base de cálculo do ICMS nas saídas dos insumos agropecuários que especifica, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2021/CV026_21>.

BOCHNER, R. **Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas – SINITOX e as intoxicações humanas por agrotóxicos no Brasil.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 12, n. 1, p. 73-89, 2007. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csc/v12n1/08.pdf>.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia.** 296 p. São Paulo: FFLCH - USP, 2017. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05-larissa-bombardi-atlas-agrotoxico-2017.pdf>.

CAISAN. Câmara Interministerial de segurança alimentar e nutricional. **II Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - PLANSAN - 2016 - 2019 revisado**. 92 p. Brasília, DF: CAISAN, 2018. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/caisan/Publicacao/Caisan_Nacional/PLANSAN%20 2016-2019_revisado_completo.pdf>.

CAISAN. Câmara Interministerial de segurança alimentar e nutricional. **A agroecologia e o direito humano à alimentação adequada - Relatório de Olivier de Schutter, Relator Especial da ONU Para Direito à Alimentação, apresentado ao Conselho de Direitos Humanos.** 32 p. Brasília, DF: CAISAN, 2012. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/seguranca_alimentar/caderno1_sisan2012.pdf>.

CUNHA, L. N.; SOARES, W. L. **Os incentivos fiscais aos agrotóxicos como política contrária à saúde e ao meio ambiente.** Cad. Saúde Pública, v.36, n.10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00225919>.

DE LARA, T. I. C.; GARCIA, S. D. **O impacto do uso dos agrotóxicos na saúde pública: revisão de literatura.** Revista Saúde e Desenvolvimento Humano, v. 8 (1): p. 85-96. Editora UnilaSalle: Canoa, RS. Fevereiro, 2020. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/saude_desenvolvimento/article/view/6087/pdf>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Agricultural Commodity Markets - Agricultural trade, climate change and food security.** 112 p. Rome, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9542EN/i9542en.pdf>.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Boletim de Comercialização de Agrotóxicos e Afins - Histórico de venda de 2000 a 2012**. 42 p. Brasília, DF: 2012. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/boletim%20de%20comercializacao_2000_2012.pdf>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6851>.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos - Boletim 2019.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>.

INCA. Instituto Nacional do Câncer. **Posicionamento do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva acerca dos agrotóxicos**. 5 p. 2015. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/posicionamento-do-inca-sobre-os-agrotoxicos-06-abr-15.pdf>.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Nota técnica - o crescimento do uso de agrotóxicos: uma análise descritiva dos resultados do censo agropecuário 2017**. 42 p. Brasília, DF: IPEA, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/200429_nt_disoc_n65.pdf>.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica no Brasil - Uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável.** 470 p. Brasília, DF: IPEA, 2017. Disponível em: <https://agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2017/09/144174_politica-nacional_WEB.pdf>.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. **Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática.** Saúde Debate, v. 42, n. 117, p. 518-534. Rio de Janeiro, abr-jun 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/bGBYRZvVVKMrV4yzqfwwKtP/abstract/?lang=pt>.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. **Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos.** Cad. Saúde Pública, v. 37, n. 2, 2021. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/csp/2021.v37n2/e00116219/pt>.

MARQUES, J. M. G.; SILVA, M. V. **Estimativa de ingestão crônica de resíduos de agrotóxicos por meio da dieta.** Rev Saude Publica, v. 55, n. 36. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/rsp/2021.v55/36/pt>.

PELAEZ, V. M.; SILVA, L. R.; GUIMARÃES, T. A.; DAL RI, F.; TEODOROVICZ, T. **A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil.** Rev. Bras. Inov., v. 14, n. esp., p. 153-178. Campinas, 2015. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/35267/a--des-coordenacao-de-politicas-para-a-industria-de-agrotoxicos-no-brasil>.

Portaria de Consolidação nº 2, de 28 de setembro de 2017, que consolida as normas sobre as políticas nacionais de saúde do SUS. 42 p. Brasília, DF: MS, 2018. Disponível em: **<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_promocao_saude.pdf>.**

PEREIRA, N.; FRANCESCHINI, S.; PRIORE, S. **Qualidade dos alimentos segundo o sistema de produção e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: revisão sistemática.** Saúde Soc. v. 29, n. 4. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/sausoc/2020.v29n4/e200031/pt>.

OLIVEIRA, Anelise Rizzolo De. **A Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN) 2006: relatos, fatos históricos e processo de elaboração.** Tempus, actas de saúde colet, Brasília, 11(4), 59-75, dez, 2017. Epub Ago/2018. Disponível em: <https://www.tempusactas.unb.br/index.php/tempus/article/view/2243/1874>.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos.** Disponível em: <https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/por.pdf>.

SANTOS, I. N.; FERRAZ, I. S.; LIRIO, K. S.; SILVA, A. S.; SOTERO, G. S.; RUELA, G. A. **Implicações das intoxicações exógenas por agrotóxicos à saúde do trabalhador: uma revisão integrativa.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 7, n. 2. São Paulo, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

OBTENÇÃO E PROPRIEDADES BIOATIVAS DO HIDROLISADO PROTEICO DE SORO DE LEITE E DERIVADOS: UMA REVISÃO

WHEY PROTEIN AND DERIVATIVES HYDROLYSATE BIOACTIVE PROPERTIES: A REVIEW

SANTOS, Crislaine R.[1]*; SILVA, Calebe H. L.[2]; ROCHA, Meritaine[3]

12,3 Engenharia Agroindustrial Agroquímica/Universidade Federal do Rio Grande
*Contato: crislaine.rosa1103@gmail.com

RESUMO

O soro de leite contém cerca de 55,0% dos nutrientes do leite, ele possui uma teor de umidade de 93-95,0%, de lactose de 3,8-5,0%, de proteínas de 0,8 a 1,0%, de lipídios de 0,3-0,6% e de sais minerais de 0,5-0,8% entre outros. Uma alternativa para o aproveitamento do soro de leite é a obtenção de produtos com alto valor agregado, tais como os hidrolisados proteicos, que podem ser obtidos dos seus derivados também, os quais possuem peptídeos bioativos. As atividades bioativas estão são atribuídas à presença e/ou sequência de aminoácidos na estrutura proteica. Neste contexto, a presente revisão teve como objetivo estudar a obtenção e as propriedades bioativas do hidrolisado proteico de soro de leite e derivados. A presente revisão foi desenvolvida através de pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica de artigos, livros, teses e dissertações. Para tanto foram pesquisados artigos e teses no Portal de Periódicos da CAPES, *ScienceDirect*, Google Acadêmico entre outros. Como resultados foi verificado que o hidrolisado proteico de soro de leite e derivados, são obtidos de leite de diferentes espécies animais. O método preferido para a obtenção dos hidrolisados é a hidrólise enzimática. As enzimas largamente utilizadas para a obtenção dos hidrolisados proteicos de soro de leite e derivados são a pepsina,papaína, tripsina, Alcalase e Flavourzyme e quimiotripsina entre outras. Esses hidrolisados apresentam atividade antioxidante e antimicrobiana, que são uma alternativa aos compostos sintéticos utilizados atualmente. Contudo, muitos estudos ainda são necessários para a produção e aplicação em larga escala.

Palavras-chave: Enzimas, grau de hidrólise, *pH-stat*, antioxidante, antimicrobiana.

ABSTRACT

Whey contains about 55.0% of milk nutrients and has a moisture content of 93-95.0%, lactose 3.8-5.0%, protein 0.8 to 1 ,0%, of lipids of 0.3-0.6% and mineral of 0.5-0.8% and others. An alternative to use of whey is the obtain of high added value products, such as protein hydrolysates, which can also be obtained from their derivatives, which have bioactive peptides. Bioactive activities are attributed to the presence and/or sequence of amino acids in the protein structure. In this context, this review aimed to study the obtainment and bioactive properties of protein hydrolysate from whey and derivatives. This review was developed through a qualitative bibliographic research of articles, books, theses and dissertations. For this purpose, articles and theses were searched on the Portal de Periódicos da CAPES, ScienceDirect, Academic Google and others. As result, it was verified that the whey

protein hydrolysate and its derivatives are obtained from milk from different animal species. The preferred method for obtaining hydrolysates is enzymatic hydrolysis. Enzymes widely used to obtain protein hydrolysates from whey and derivatives are pepsin, papain, trypsin, Alcalase and Flavorzyme and chymotrypsin among others. These hydrolysates have antioxidant and antimicrobial activities, that are an alternative to the synthetic compounds currently used. However, many studies are still needed for large-scale production and application.

Keywords: Enzyme, degree hydrolysis, pH-stat, antioxidant, antimicrobial.

INTRODUÇÃO

O leite é um dos maiores *commodities* agropecuárias do mundo, um alimento rico em proteína e cálcio (OMS, 2018). O Brasil se destaca entre os maiores produtores, em 2020 produziu cerca de 35,4 bilhões de litros de leite e cerca da metade da produção leiteira do país foi destinada à produção de derivados lácteos. Neste contexto, cerca de 34% do leite produzido é utilizado para a produção de queijo (CRUZ et al., 2017; BRASIL, 2020; EMBRAPA, 2019).

O queijo é um dos derivados lácteos mais consumidos obtido após a coagulação do leite, a qual pode ser ácida ou enzimática. A produção de queijos consiste basicamente em três etapas: acidificação, coagulação e desidratação, a qual é a retirada do soro (CRUZ et al., 2017). A partir de 10.000 litros de leite são produzidos 1000 kg de queijo e 9000 litros de soro de leite, o que corresponde a 90% do volume do leite (BEZERRA, 2018; MAIA, 2020). O soro de leite contém várias proteínas, tais como β-lactoglobulina (β-LG), α-lactalbumina (α-LA), soroalbumina bovina, imunoglobulinas, além de vitaminas e minerais (CRUZ et al., 2017).

De acordo com Bernardi (2020), em cerca de 40% dos laticínios, de pequeno porte, o soro do leite é descartado com os demais efluentes. A cada dez litros de soro, que são descartados na natureza é o equivalente à poluição causada por cinco habitantes, o que aumenta o risco de eutrofização das águas (SOUZA et al., 2019).

O soro do leite no Brasil, é utilizado para elaborar bebidas lácteas e também é utilizado para a produção de ricota entre outros. No entanto este subproduto é pouco processado em pequenos laticínios, devido a necessidade de uma planta industrial complexa. Para realizar algumas operações unitárias, tais como a separação por membrana, necessita-se de equipamentos específicos, por isso muitas empresas apenas descartam devido ao custo elevado (ROCHA et al., 2020).

Contudo, existem pesquisas que buscam o aproveitamento desse subproduto para a elaboração de produtos com alto valor agregado, tais como os hidrolisados proteicos, visto que podem apresentar diversas atividades biológicas, incluindo atividades anti-hipertensivas (SOUZA PALU et al., 2019), antioxidantes e antimicrobianas (SOUZA et al., 2019; NOGUEIRA et al., 2019), antidiabéticas, antitrombóticas, hipoglicêmicas, hipocolesterolêmicas, anticancerígenas, entre outras (SGARBIERI, 2004). Os hidrolisados proteicos apresentam essas bioatividades devido às características como a sequência aminoacídica, composição e massa

molecular (SOUZA PALU et al., 2019).

De acordo com Nasri (2017) os hidrolisados protéicos são fontes de peptídeos bioativos, os quais estão inativos dentro da sequência proteica, mas podem ser liberados através de muitos processos. Eles podem ser obtidos por meio de diferentes processos, tais como hidrólise enzimática, alcalina, ácida, extração com solventes, entre outros. Dentre os métodos utilizados para a obtenção dos hidrolisados está a hidrólise enzimática, que segundo Abreu et al. (2017) é preferida para hidrólise de proteínas, pois é fácil controle, favorecendo o aumento da atividade biológica dos peptídeos bioativos gerados após a quebra de ligações peptídicas.

Os peptídeos bioativos atuam na redução do risco cardiovascular (MORENO, 2008. MINJ et al., 2020), de atividade antioxidante (STEFFENS et al., 2020) de atividade antimicrobiana (SOUZA PALU et al., 2019) entre outros. As atividades bioativas estão são atribuídas à presença e/ou sequência de aminoácidos na estrutura proteica (SOUZA et al, 2019). Neste contexto, a presente revisão teve como objetivo estudar a obtenção e as propriedades bioativas do hidrolisado proteico de soro de leite e derivados.

METODOLOGIA

A presente revisão foi desenvolvida através de pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica de artigos, livros, teses e dissertações utilizando as seguintes palavras-chave: hidrolisado, soro de leite, enzimas, graus de hidrólise, aplicação, propriedades bioativas. Para tanto, foram pesquisados artigos e teses no Portal de Periódicos da CAPES, *ScienceDirect,* Google Acadêmico, entre outros.

DESENVOLVIMENTO

Soro de leite e derivados

O soro de leite é um subproduto obtido nos processos de fabricação de queijo, representando cerca de 90% do volume de leite utilizado neste processo. Ele possui nutrientes importantes para a saúde humana e apresenta composição química, que pode variar de acordo com o tipo de queijo produzido, nutrição dos animais de que provém o leite e tecnologia utilizada em seu processamento (CRUZ et al., 2017; SILVA, et al., 2017).

Segundo Silva (2017) uma quantidade substancial de soro de leite é descartada anualmente no Brasil, na forma de resíduo industrial, ocasionando um grave impacto ambiental, devido a sua alta concentração de matéria orgânica, o que altera a composição natural da água dos rios. Estima-se que as indústrias de laticínios de pequeno porte descartam nos efluentes, cerca 40% do soro de leite sem nenhum tratamento, o que faz com que aumente a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), química de oxigênio (DQO) e o risco de eutrofização das águas (SOUZA et al., 2019).

Devido às suas propriedades nutricionais e funcionais, o aproveitamento do soro do leite nas indústrias vem sendo amplamente estudado para a obtenção de produtos com elevado valor agregado, constituindo-se em um excelente ingrediente para a elaboração de diversos alimentos, como bebidas lácteas (HENRIQUES, et al., 2020), suplementos alimentares, etc. Além de ser agente geleificante, estabilizante, emulsificante, espumante e como ingrediente em pó para produção de bebidas lácteas, entre outros (SILVA, et al., 2017; SOUZA, et al., 2019).

O soro de leite contém cerca de 55,0% dos nutrientes do leite, ele possui um teor de umidade de 93-95,0%, de lactose de 3,8-5,0%, de proteínas de 0,8 a 1,0%, de lipídios de 0,3-0,6% e de sais minerais de 0,5-0,8%. A composição do soro de leite depende do tipo de queijo produzido e da tecnologia de processamento, podendo ser classificado em soro de leite doce ou ácido. O soro ácido é obtido pela coagulação do leite por ação de ácido lático (pH aproximado 4,5) e o doce, resultante da coagulação do leite pela adição de enzimas proteolíticas (coalho), com pH de aproximadamente 6,4 (CRUZ et al., 2017). O soro do leite bovino possui aproximadamente 20% do conteúdo proteico do leite, em média de 4 a 7 g/L, das quais as principais são β-lactoglobulina (β-LG), α-lactalbumina (α-LA), soroalbumina bovina (SAB), imunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidase, transferrina, fração proteose-peptonas, glicomacropeptídeos e algumas enzimas (KOBLITZ, 2011; MORAIS, 2013)

De acordo com Haraguchi et al. (2006) o concentrado proteico do soro do leite possui, em média, 80% de proteína, 7% de lipídios e 8% de carboidratos, principalmente a lactose. Além de ser rico em aminoácidos, como ácido aspártico, leucina, lisina, treonina, metionina e isoleucina. Além disso, possui minerais em sua composição, como ferro, sódio e cálcio, vitaminas e um conteúdo baixo de gordura do leite (NUNES et al., 2015).

Uma das alternativas de uso do soro de leite e derivados, é como matéria-prima para a obtenção de hidrolisados proteicos, que podem contribuir com a saúde humana devido ao fato de possuírem peptídeos bioativos. Estudos recentes *in vitro* demonstram que os hidrolisados proteicos pode apresentar atividade anti-hipertensiva, atividade antimicrobiana (SOUZA PALU et al. 2019), atividades antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígena, imunomoduladoras entre outras (LORENZETTI 2018).

Hidrolisado

Os hidrolisados proteicos são elaborados através da quebra de proteínas, resultando, ela consiste na clivagem das ligações peptídicas, originando peptídeos de diferentes tamanhos de cadeia e aminoácidos livres. Esses peptídeos podem ser obtidos por fermentação microbiana, extração por solventes orgânicos, por hidrólise, que pode ser química (ácida ou alcalina). Entretanto, alguns métodos não são recomendados, por exemplo a extração com solvente dos peptídeos, pois possui desvantagens como a baixa seletividade, o baixo rendimento em extração e a presença de resíduos tóxicos, que contribui para a poluição ambiental. Na fermentação microbiana é difícil a separação dos micro-organismos utilizados do produto obtido. Neste con-

texto, a hidrólise enzimática é preferida devido às altas taxas de reação e especificidade, onde a enzima atua na quebra de ligações peptídicas de acordo com a relação enzima-substrato, tipo de enzima utilizada entre outros (NAJAFIAN, BABJI, 2012; HIJAZIN, et al., 2010).

Obtenção de hidrolisado

O método enzimático para obtenção dos hidrolisados é o mais empregado, pois a hidrólise ocorre de maneira gradativa, favorecendo a direção da reação para se obter produtos de interesse sem reduzir o valor nutricional das proteínas, favorecendo para a aplicação em alimentos (LORENZETTI, 2018). A hidrólise enzimática consiste na clivagem da ligação peptídica, existente entre os aminoácidos, onde a molécula da proteína se rompe em duas partes. Desta forma, ocorre a liberação de um mol de um grupo carboxila e um mol do grupo amino, para cada ligação clivada (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; ROCHA, 2016).

De acordo com Adler-Nissen (1986), os parâmetros importantes em um processo de hidrólise enzimática são concentração e especificidade da enzima, temperatura e pH da reação, e a natureza do substrato. O tipo de enzima utilizada, depende do tipo de produto que se deseja obter, uma vez que a ação específica de quebra peptídica depende primeiramente da enzima. As proteases largamente utilizadas, para obtenção de hidrolisado proteico de soro de leite e derivados, são a pepsina, papaína, queratinase e Savinase® (LORENZETTI, 2018), tripsina e quimiotripsina (KAMAL et al., 2018), Alcalase e Flavourzyme (SOUZA, et al., 2019), entre outras.

A Alcalase, uma endopeptidase produzida pela fermentação submersa bacteriana do *Bacillus licheniformis*, possui sua atividade ótima em pH básico, atua na faixa de 50 à 70ºC. Ela tem sido utilizada em diferentes substratos, devido a sua boa afinidade por diferente matérias-primas, como o soro de leite bovino (SOUZA, et al., 2019; VERDI, 2017), soro de leite de bubalino (SILVA, 2017), resíduos de filé de pescado (MIRAHMADIZADEH, et al., 2017) e resíduos de frango (FONTOURA, et al. 2020), etc.

A pepsina é uma endopeptidase, que também apresenta-se promissora para obtenção de hidrolisados proteicos. Ela atua em pH ácido (pH 1-3) e não atua em em pH básico. Na temperatura de 37°C, a pepsina mostra a sua máxima atividade (GUZMAN, 2016). Esta é uma protease aspártica, utiliza um aspartato catalítico em seu sítio ativo (HEDA, et al. 2020). De acordo com Souza et al. (2019) a Flavourzyme é composta por aminopeptidases, dipeptidil peptidases e endopeptidases. As aminopeptidases atuam sobre as ligações peptídicas, auxiliando na quebra de ligações peptídicas nas extremidades e no meio da proteína. A Corolase é uma protease com atividade na faixa de pH de 6 a 10 para temperaturas de até 60ºC, para a qual ainda não existem amplos estudos a respeito da aplicação na obtenção de hidrolisados proteicos de soro de leite (STEFFENS et al., 2020).

A extensão da quebra das proteínas é avaliada pelo grau de hidrólise (GH), que é relativo ao percentual de clivagem das ligações peptídicas de uma proteína. As proteínas quando intactas possuem um valor de GH de 0% e completamente hidrolisadas têm valor de GH

de 100% (ROCHA, 2006). A avaliação do GH depende de três princípios básicos: do teor de nitrogênio liberado pela hidrólise da proteína na presença de um agente precipitante, da determinação de grupos amino livres e da titulação de prótons liberados (ELZOGHBY, et al., 2020; SOUZA, et al., 2019). O principal método de monitoramento da hidrólise é o *pH-stat*. Este baseia-se no número de prótons liberados durante a hidrólise, sobretudo produzidos a partir de hidrólise enzimática. As enzimas agem no substrato como catalisadores acelerando a sua reação, e diminuindo a energia de ativação. O grau em que uma proteína é hidrolisada é relacionado ao número de peptídeos de ligações quebradas e, portanto, o tamanho médio dos peptídeos presentes (ADLER-NISSEN, 1986).

Estudos de obtenção dos hidrolisados

A Tabela 01 apresenta diferentes estudos realizados para obtenção de hidrolisados proteicos de soro de leite. A hidrólise enzimática é influenciada pela matéria prima, tipo de enzima, grau de hidrólise, tempo de hidrólise, pH, temperatura, entre outros (LORENZETTI, 2018; ABREU, 2019; LIMA, 2018; SOUZA, et al. 2019; SILVA, 2017).

Souza et al. (2019) elaboraram hidrolisado proteico concentrado de soro de leite (34% de proteína) a partir de uma concentração de enzima de 5% (g de enzima/100 g de proteína), utilizando as enzimas Alcalase (60°C e pH 8,0) e Flavourzyme (50°C e pH 7,0), através do monitoramento do GH pelo método de *pH-stat*, em que obtiveram um GH de 63% e 15%, respectivamente. A enzima Alcalase é serino protease, que contém um resíduo aminoácido de serina no sítio ativo e não necessita de um íon metálico para a ativação do ataque nucleófilo, resultando em uma maior atuação e consequentemente em um menor GH observado (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; ROCHA, 2016).

Tabela 01: Estudo de hidrólise enzimática de soro de leite e derivados.

Matéria-prima	Enzima	pH	T (ºC)	GH (%)	Bioatividade	Referência
Concentrado proteico de bovino	Alcalase	8	60	26	Antioxidante, antimicrobiano	Souza et al., 2019.
	Flavourzyme	7	50	8,3		
Soro de leite ovino	Corolase	8	60	14	Antioxidante Antimicrobiano	Steffens et al., 2020.
Soro de leite bubalino	Alcalase	8	50	28	Antioxidante	Silva, 2017.
Soro de leite de caprino	Pepsina	2	30	35,5	Antimicrobiano	Lima, 2018.

Fonte: Própria (2021).

Segundo Souza et al. (2019) maior GH obtido para hidrólise com Alcalase pode indicar que a atividade enzimática da Alcalase é maior do que a das enzimas que compõem a Flavourzyme, respectivamente. Silva (2017) utilizou a enzima Alcalase (50ºC e pH 8) para elaborar hidrolisado de soro de leite bubalino, onde se obteve um GH na faixa de 80 a 85%. Segundo Rocha (2016) a Alcalase possui baixa especificidade de substrato e por isso é estudada em diversos substratos.

Steffans et al. (2020) elaboraram hidrolisado de soro de leite de ovino com a enzima corolase a 60°C e pH 8, respectivamente. Estes autores,obtiveram um GH de 14%. Lima (2018) elaborou o hidrolisado proteico com 35,5% de grau de hidrólise (GH) a partir de soro de leite de caprino (64% de proteína solúvel), utilizando a pepsina como enzima a 30ºC e pH 2,0, por meio do método de hidrólise enzimática *in vitro*. Neste contexto, os artigos apresentados demonstraram uma ampla variedade de enzimas e parâmetros, que podem ser utilizadas para obtenção de hidrolisado de soro de leite e derivados.

Propriedades bioativas

De acordo com Sobrinho et al. (2020), peptídeos bioativos estão inativos na sequência proteica e podem ser obtidos a partir de substratos ricos em proteínas, como peixe, leite, carne, cereais, ovos e soja entre outros. Esses peptídeos apresentam diferentes propriedades bioativas, por exemplo antioxidante e antimicrobiana (SOUZA, et al., 2019; STEFFENS, et al., 2020), entre outras.

A busca por produtos de origem natural com ação antimicrobiana e antioxidante vem aumentando, visto que atualmente as indústrias utilizam conservantes sintéticos para a inibição de micro-organismos e seu uso inadequado e indiscriminado está levando à seleção de cepas multirresistentes. O potencial antimicrobiano de hidrolisado de soro de leite atua formando estruturas anfipáticas que se alinham formando uma membrana, atuando como atividade antibiótica (JARBAS et al., 2016), e inibem o crescimento de bactérias gram-positivas e gram- negativas, se demonstrando promissoras na aplicação de atividade antimicrobiana (HERRERA, et al. 2019). A atividade antioxidante das proteínas do soro de leite está relacionada ao mecanismo de ação, composição dos aminoácidos (ácidos e básicos), massa molecular, sequência aminoacídica dos peptídeos (SOUZA et al., 2019; LORENZETTI, 2018). O grau de hidrólise (GH) está relacionado com a quantidade de ligações peptídicas hidrolisadas, sendo as propriedades bioativas alcançadas após a hidrólise, quanto maior o GH maior é a capacidade de se produzir peptídeos bioativos biológicos (LIMA, 2018).

Atividade antioxidante

Segundo Minji et al., (2020) a atividade antioxidante pode ser definida como uma inibição da oxidação de lipídios e proteínas, por meio da restrição das reações em cadeia oxidativa. A ação oxidativa no corpo humano pode levar ao desenvolvimento de distúrbios celulares ocasionando a evolução de enfermidades, tais como diabetes, câncer, fibrose cística, entre outras. O soro de leite possui elevado conteúdo da proteína β-lactoglobulina (β-LG), que tem a capacidade de liberar peptídeos bioativos através de hidrólise enzimática, os quais possuem propriedades antioxidantes (LE MAUX, et al. 2016; SOUZA, et al., 2019). A leucina, que é precursora da glutationa, exibe propriedades antioxidantes, ocasionando a inibição de oxigênio reativo, inibindo o estresse oxidativo e regulando os processos celulares envolvidos

nos mesmos (VERDI, et al., 2019).

Souza et al. (2019) avaliaram a atividade antioxidante do soro de leite bovino, por dois métodos: pela captura do radical peroxil (ORAC) e pela captura dos radicais livres (ABTS+). O método ORAC apresentou maior atividade atividade antioxidante 7500 μM (Trolox equivalente-TE) quando comparado com o método ABTS 6000 μM (Trolox equivalente-TE), pelo fato do triptofano e tirosina terem a habilidade de agir como doadores de hidrogênio, através da clivagem das proteínas favorece a exposição dos aminoácidos, aumentando a atividade antioxidante.

Silva (2017), elaborou o hidrolisado proteico de soro de leite de búfala, para avaliar a inibição do escurecimento enzimático de maçãs *Red Delicious* cortadas em fatias (50 mm de diâmetro e 5 mm de espessura). As maçãs apresentaram uma inibição da enzima polifenoloxidases (PPO) de até 50% testada através dos métodos sequestro de radical ABTS+, reatividade com quinonas e atividade inibitória extraídas das maçãs. O escurecimento enzimático apresentou 50%, 39,6% e 40% de inibição do escurecimento, avaliado através do parâmetro L* (luminosidade) nos respectivos métodos. A reatividade da quinona indica que são possíveis mecanismos de ação do soro hidrolisado sobre o escurecimento enzimático dos alimentos, a quinona reage com os agentes de atividade os estabilizam por meio de redução e adição reações, interrompendo a etapa de polimerização em melaninas. Logo, a inibição de PPO ocorre devido à capacidade de quelar o cobre metais do sítio ativo de PPO, enquanto ocorre a redução devido à sua capacidade de estabilizar as o-quinonas sendo promissora para a sua aplicação na indústria de alimentos.

A capacidade de eliminar os radicais de oxigênio e sequestrar o pró-oxidativo íons metálicos são responsáveis pela atividade antioxidante, a presença de resíduos de aminoácidos hidrofóbicos apropriados é importante para a absorção e distribuição de peptídeos na célula, promovendo assim sua eficácia como agentes antioxidantes (MINJI, et al., 2020). Dessa forma, o soro de leite apresenta resultados promissores em atividades antioxidantes e estudos vêm demonstrando o seu efeito benéfico para implementação em indústrias de alimentos (ROCHA, et al., 2017; MINJI, et al., 2020; XIONG, et al., 2020).

Atividade antimicrobiana

Segundo Sade et al. (2017) a deterioração de alimentos é um problema mundial causado por micro-organismos (*Pseudomonas, Moraxella, Acinetobacter, Flavobacterium, Bacillus, Micrococcus* e *Mycobacterium*, com baixa taxa de sobrevivência temos o *Enterococcus* e *Streptococcus*), que ainda afeta amplamente todos os tipos de alimentos ocasionando em perda. Estes estão disponíveis naturalmente no ambiente e sobrevivem a condições adversas utilizadas na conservação dos alimentos, tais como os conservantes sintéticos, por exemplo: sorbato de potássio, propionato de cálcio, nitrato de potássio e glutamato monossódico, entre outros.

Entretanto, os conservantes sintéticos são aplicados na indústria alimentícia a fim de

garantir a inibição do crescimento microbiológico, mantendo a aparência, cor e sabor, porém existem algumas desvantagens como desencadeamento de neoplasias (RESENDE, et al., 2006), déficit de atenção, hiperatividade e dermatite atópica (POLÔNIO, et al., 2009; BORIS, et al., 2006). Neste contexto, muitos estudos estão sendo realizados utilizando compostos naturais alternativos, como os hidrolisados proteicos obtidos de diferentes fontes: de pescado (GONÇALVES, 2019), cárneo (FRIES, et al., 2018), entre eles estão o soro de leite e derivados (XIONG, et al., 2020; ZHAO, et al., 2020; LORENZETTI, 2018).

Compostos naturalmente presentes no soro de leite e derivados (XIONG, et al., 2020; ZHAO, et al., 2020; LORENZETTI, 2018; LUPKI, et al., 2019; STEFFENS, et al., 2020), possuem os peptídeos que demonstram atividade antimicrobianas, que atuam na membrana plasmática modificando sua permeabilidade, podendo levar ao seu rompimento, e dessa forma, exibem uma eficiente atividade antimicrobiana (HERRERA, et al., 2019). Além disso, podem se difundir para o interior da célula interferindo em funções vitais de células patogênicas (SOUZA, et al., 2018).

A proteína que contém em maior abundância no soro de leite animal é a β-lactoglobulina (β-LG), que possui característica de atividade antimicrobiana (SOUZA, et al., 2018; VERDI, 2019). A lactoferrina possui a capacidade de interagir diretamente, através de sua sua catiônica N-terminal, com o lipopolissacarídeo carregado negativamente de bactérias gram-negativas e ocasionam danos à membrana celular. A lactoferrina foi identificada em diferentes matérias-primas, como no soro de leite de bovino (SOUZA et al., 2019), soro de leite de ovino (STEFFENS et al., 2020), caprino (LIMA, 2018). Souza et al. (2019) analisou a atividade antimicrobiana do hidrolisado de soro de leite pelo método de difusão em ágar, o hidrolisado em uma concentração de 0,2 g/mL, porém não apresentou atividade antimicrobiana frente as cepas *S. choleraesuis* subsp. Enteritidis e *L. monocytogenes.* Lima (2018) avaliou a atividade antibacteriana, de acordo com as normas de M7-A6 do *National Comite For Clinical Laboratory Standards* – NCCLS (2015), em que observou a inibição da multiplicação das cepas *Escherichia coli, Salmonella spp., Staphylococcus aureus,* e *Listeria monocytogenes* de aproximadamente 20%, 20%, 30% e 30% respectivamente, com 15 ug de hidrolisado de soro de leite de caprino, supõe que gram-positivas são mais vulneráveis pela estrutura de sua membrana.

O soro de leite apresenta atividade antimicrobiana (MINJ, et al., 2020; COSTA, et al., 2021), devido a presença das frações de β-lactoglobulina (β-LG), uma proteína de 18 kDa fonte de peptídeos bioativos, que pode ser responsável pela ligação de ácidos graxos e lipídios, α-lactoalbumina (α-LA) é hidrofóbica que se liga a íons metálicos, lactoferrina inibem a proliferação e o crescimento de bactérias gram-positivas e gram-negativas, por dois mecanismos: sequestrar o ferro disponível no ambiente e pela capacidade de interação direta com lipídios aniônicos, a lactoperoxidase tem propriedade bactericida através da oxidação de tiocianatos em presença de peróxido de hidrogênio (H2O2). A partir destes componentes pode se obter péptidos bioativos, que apresentam características inibidoras frente aos micro-organismos

Bacillus subtilis, Escherichia coli (ZHAO et al., 2020)*, Salmonella choleraesuis* (SOUZA et al., 2019). Desta forma, a bioatividade atua causando estruturas anfipáticas que se alinham formando uma membrana que atua como atividade antibiótica (JARBAS et al., 2016) e inibem o crescimento de bactérias gram-positivas e gram-negativas, se demonstrando promissoras na aplicação de atividade antimicrobiana (HERRERA, et al. 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O soro de leite e derivados têm sido utilizados na elaboração de hidrolisados proteicos, visto que podem apresentar diversas atividades biológicas, devido a presença de peptídeos bioativos, incluindo atividades antioxidantes e antimicrobianas, entre outras. Esses hidrolisados são elaborados através da quebra de proteínas, que consiste na clivagem das ligações peptídicas, originando peptídeos. Esses peptídeos são obtidos por muitos métodos, mas a hidrólise enzimática é preferida, devido às altas taxas de reação e especificidade. As enzimas largamente utilizadas para a obtenção dos hidrolisados proteicos de soro de leite e derivados são a pepsina, papaína, queratinase e Savinase®, tripsina, Alcalase e Flavourzyme e quimiotripsina, entre outras. Esses hidrolisados apresentam atividade antioxidante e antimicrobiana, que são uma alternativa aos compostos sintéticos utilizados atualmente. Contudo, muitos estudos ainda são necessários para a produção e aplicação em larga escala.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica, e à FAPERGS, pelo apoio financeiro do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. E. D. S. B. **Hidrolisado enzimático de farinha de sangue de frango: condições de processo, propriedades físico-químicas, antioxidantes e funcionais** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. 6. **Alvos glicêmicos: padrões de cuidados médicos em diabetes - 2020**. Cuidados com a diabetes, 43 (Suplemento 1), S66-S76, 2020.

BERNARDI, F. **Soro de leite: alternativas para o processamento do subproduto** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2020.

BEZERRA, J. D. S. **Qualidade do leite em tanques e influência da contagem de células somáticas nas características sensoriais do leite pasteurizado e queijo coalho** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grando do Norte, Macaíba, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio - Brasil 2019/20 a 2029/30 - Projeções de Longo Prazo**, 2020.

CRUZ, A. G., ZACARCHENCO, P. B., OLIVEIRA, C. A., CORASSIN, C. H. **Processamento de Produtos Lácteos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre. Artmed Editora, 2010

DE SOUZA PALU, C.; DE FREITAS, A. C.; RIBEIRO, A. F.; TONIN, J. N.; PEREIRA, M. E. S.; BIBIANO, M.; & RABELO, R. N. Tecnologia de produção de whey protein. **PUBVET**, v. 14, p. 141, 2019.

HARAGUCHI, F. K.; ABREU, W. D.; & PAULA, H. D. Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Rev Nutr**, v. 19(4), p. 479-88, 2006.

HENRIQUES, M. H. F.; GOMES, D. M. G. S.; Borges, A. R.; & PEREIRA, C. J. D. Liquid whey protein concentrates as primary raw material for acid dairy gels. **Food Science and Technology**, v. 40(2), p. 361-369, 2020.

KAMAL, H.; JAFAR, S.; MUDGIL, P.; MURALI, C.; AMIN, A.; & MAQSOOD, S. Propriedades inibidoras de hidrolisados de proteína de soro de leite de camelo para células de câncer de fígado, dipeptidil peptidase-IV e inflamação. **Journal of Milk Science**, v. 101 (10), p. 8711-8720, 2018.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade.** Rio de Janeiro. Koogan, 314 p, 2011.

LIMA, S. A. D. **Caracterização proteica e atividade antibacteriana das proteínas do soro do leite caprino** (monografia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

LUPKI, F. B.; DIAS, P. A.; SILVA, M. R.; & MORAIS, H. A. Efeito do PH nas propriedades tecnológicas de concentrado proteico de soro de leite. **Brazilian Journal of Development**, v. 5(11), p. 23036-23059, 2019.

LE MAUX, S.; NONGONIERMA, A. B.; BARRE, C.; & FITZGERALD, R. J. Enzymatic generation of whey protein hydrolysates under pH-controlled and non pH-controlled conditions: Impact on physicochemical and bioactive properties. **Food Chemistry**, v. 199, p. 246-251, 2016.

LORENZETTI, A. **Efeito do ultrassom na hidrólise enzimática das proteínas do soro lácteo e disponibilidade in vitro** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

MAIA, G. P. **Uso do murici no desenvolvimento de bebidas lácteas fermentadas com propriedades funcionais** (Dissertação de Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

MARGON, R. A.; PINOTTI, L. M.; & FREITAS, R. R. (2018). Hidrólise enzimática da biomassa de eucalipto para produção de bioetanol: uma análise bibliométrica. **Research, Society and Development**, v. 7(4), p. e1474301, 2018.

MINJ, S.; & ANAND, S. Whey Proteins and Its Derivatives: Bioactivity, Functionality, and Current Applications. **Dairy**, v. 1(3), p. 233-258, 2020.

MIRAHMADIZADEH, A.; MARZBAN, M.; SIADATI, M.; TAVANI, K.; & HEMMATID, A. Client satisfaction with urban family physician and referral system in the south of iran: a repeated cross-sectio-

nal study. **J. Health Sci. Surveillance Sys.**, v. 5(2), p. 72-78, 2017.

MORENO-NAVARRETE, J. M.; ORTEGA, F. J.; BASSOLS, J.; CASTRO, A.; RICART, W.; & FERNÁNDEZ-REAL, J. M. Association of circulating lactoferrin concentration and 2 nonsynonymous LTF gene polymorphisms with dyslipidemia in men depends on glucose-tolerance status. **Clinical chemistry**, v. 54(2), p. 301-309, 2008.

NAJAFIAN, L.; & BABJI, A. S. Uma revisão dos peptídeos antioxidantes e antimicrobianos derivados de peixes: sua produção, avaliação e aplicações. **Peptides**, v. 33 (1), p. 178-185, 2012.

NASRI, M. Hidrolisados e biopeptídeos de proteínas: Produção, atividades biológicas e aplicações em alimentos e benefícios para a saúde, uma revisão. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 81, p. 109-159. Academic Press, 2017.

NOGUEIRA, A. D. C.; OLIVEIRA, R. A. D.; & STEEL, C. J. Avaliação de cookies adicionados de hidrolisados proteicos durante a estocagem. **Higiene Alimentar**, p. 490-494, 2019.

ROCHA, M. **Obtenção de hidrolisados proteicos da castanha (*Umbrina canosai*) com atividade biológica e sua aplicação em filmes bioativos** (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2016.

ROCHA, G. F.; KISE, F.; ROSSO, A. M.; & PARISI, M. G. Potential antioxidant peptides produced from whey hydrolysis with an immobilized aspartic protease from Salpichroa origanifolia fruits. **Food chemistry**, v. 237, p. 350-355, 2017.

SOUZA, R. S. C. D.; TONON, R. V.; STEPHAN, M. P.; SILVA, C. M.; PENTEADO, A. L.; CABRAL, L. M. C.; & KUROZAWA, L. E. Avaliação do potencial antioxidante de proteínas do soro de leite concentradas por ultrafiltração e hidrolisadas por diferentes proteases comerciais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, p. 2019.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, v. 17(4), p. 397-409, 2004.

SILVA, J. D. F. D. **Soro de leite bubalino hidrolisado com alcalase como agente de controle do escurecimento de maçãs minimamente processadas** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, 2017.

SILVA, R. D. O. P.; BUENO, C. R. F.; & RODRIGUES SÁ, P. B. Z. Aspectos relativos à produção de soro de leite no Brasil, 2007-2016. **Informações Econômicas**, v. 47, p. 5, 2017.

SINHA, R.; RADHA, C.; PRAKASH, J.; & KAUL, P. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry**, v. 101(4), p. 1484-1491, 2007.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

OCORRÊNCIA DE AFLATOXINA M1 EM LEITE: UMA REVISÃO

OCCURRENCE OF AFLATOXINS M1 IN MILK: A REVIEW

KERSTNER, Francine[1]*; COMUNELLO, Ana Flávia Vendramin[2]; SANTOS, Lucielen Oliveira[1]; GARDA-BUFFON, Jaqueline[1]

[1]Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos/Universidade Federal do Rio Grande; [2]Graduação em Engenharia Bioquímica/Universidade Federal do Rio Grande. *Contato: frankerstner@gmail.com

RESUMO

O leite é um alimento amplamente consumido na dieta humana de diferentes formas por ser fonte de macro e micronutrientes. No entanto, este produto alimentício também se caracteriza pela frequente ocorrência de micotoxinas, principalmente a aflatoxina M1. Neste contexto, este estudo visa apresentar uma visão geral sobre a ocorrência de micotoxinas em leite, por meio de informações recentes sobre a presença de aflatoxina M1. A pesquisa na literatura foi realizada em bases de dados eletrônicos, incluindo Portal de Periódicos Capes, Google Acadêmico e PubMed, utilizando as seguintes palavras-chave: "Occurrence", "Aflatoxin M1" e "Milk". A pesquisa foi limitada aos estudos publicados nos últimos 05 anos (2016-2021). A concentração de aflatoxina M1 em amostras de leite mostraram-se acima dos limites regulatórios estabelecidos pela Codex Alimentarius, Comissão Europeia e ANVISA para o leite fluído, tanto para o leite cru, quanto leite desnatado, integral, semidesnatado, pasteurizado e UHT. Para o leite em pó, a concentração de aflatoxina M1 em algumas amostras excedeu ao estabelecido pela Codex Alimentarius e Comissão Europeia, mas abaixo do recomendado pela legislação brasileira. Neste contexto, a ocorrência de aflatoxina M1 em leite em concentrações acima dos limites regulatórios é preocupante, uma vez que este alimento contaminado apresenta efeito acumulativo e cancerígeno, principalmente para crianças, o principal consumidor desse alimento. Ainda, estes dados demonstram a necessidade de estudos que visem a redução da concentração desses contaminantes, a fim de fornecer um produto seguro ao consumidor.

Palavras-chave: Micotoxina, alimento, segurança alimentar.

ABSTRACT

Milk is a food widely consumed in the human diet in different ways as it is a source of macro and micronutrients. However, this food product is also characterized by the frequent mycotoxins occurrence, mainly aflatoxin M1. In this context, this study aims to present an overview of the mycotoxins occurrence in milk, through recent information on the presence of aflatoxin M1. Literature search was carried out in electronic databases, including Portal de Periódicos Capes, Google Acadêmico and PubMed, using the following keywords: "Occurrence", "Aflatoxin M1" and "Milk". The search was limited to studies published in the last 5 years (2016-2021). Aflatoxin M1 concentration in milk samples was above the regulatory limits established by Codex Alimentarius, European Commission and ANVISA for fluid

milk, both for raw milk and skimmed, whole, semi-skimmed, pasteurized and UHT milk. For powdered milk, aflatoxin M1 concentration in some samples exceeded that established by Codex Alimentarius and the European Commission, but below that recommended by Brazilian legislation. In this context, occurrence of aflatoxin M1 in milk in concentrations above the regulatory limits is worrying, since this contaminated food has a cumulative and carcinogenic effect, especially for children, the main consumer of this food. Still, it shows the need for studies aimed at reducing the concentration of these contaminants, in order to provide a safe product to the consumer.

Keywords: Mycotoxin, food, food safety.

INTRODUÇÃO

O leite é um alimento fonte de nutrientes como proteínas, carboidratos, lipídeos, cálcio, magnésio, selênio, riboflavina e vitaminas B5 e B12 (FAO, 2019), sendo amplamente consumido de diferentes formas na dieta humana (SHARABI; OKUN; SHPIGELMAN, 2018). Devido a essas características, o leite pode apresentar papel fundamental na dieta, principalmente de crianças (FAO, 2019).

Em 2020, a produção mundial de leite atingiu 906 milhões de toneladas, um aumento de 2% em relação ao ano anterior. No Brasil, apesar da seca prolongada vivenciada no país no período de maio a outubro de 2020, a produção de leite aumentou devido à recuperação no último trimestre do ano, com produção estimada de 36.752 mil toneladas (FAO, 2021).

O leite cru apresenta elevado valor nutricional, pH neutro e alto teor de água, condições nas quais patógenos humanos são potencialmente encontrados. A aplicação de tratamentos térmicos visa eliminar ou reduzir consideravelmente os riscos microbiológicos oferecidos pelo leite cru (CLAEYS et al., 2013). Os três principais tratamentos térmicos usados no processamento do leite são o *High Temperature Short Time* (HTSH) ou alta temperatura por curto intervalo de tempo, *Low Temperature Long Time* (LTLT) ou baixa temperatura por longo intervalo de tempo e o tratamento por *Ultra High Temperature* (UHT) ou temperatura ultra alta (MAHAR; SHAIKH; BHATTI, 2019). Entretanto, os tratamentos térmicos não impedem que outros contaminantes que são estáveis à temperatura, tais como as micotoxinas, estejam presentes também em produtos processados.

A presença de micotoxinas no leite ocorre devido o consumo da ração contaminada pelo gado leiteiro, sendo assim, a qualidade do leite é diretamente afetada pela dieta do animal (JOBIM; GONÇALVES; SANTOS, 2001). Essas micotoxinas, quando ingeridas através de rações contaminadas, podem ser metabolizadas, biotransformadas e transferidas ao leite, apresentando riscos ao consumidor (BRUERTON, 2001).

As micotoxinas são metabólitos tóxicos produzidos por fungos quando submetidos a condições de estresse (BENNETT; KLICH, 2003). Dentre as micotoxinas, a aflatoxina B1 se destaca pela sua toxicidade (BIEHL; BUCK, 1987), sendo classificada pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC) no Grupo 01 como carcinogênica a humanos (IARC, 2012). Essa micotoxina, assim como o seu principal metabólito, a aflatoxina M1 (BENNETT; KLICH, 2003), é

amplamente encontrada em alimentos (GONÇALEZ et al., 2005), tendo destaque o leite, com níveis de ocorrência acima do regulamentado por órgãos fiscalizadores (GONÇALVES et al., 2018; SIBAJA et al., 2019).

Dado o exposto, este estudo visa apresentar uma visão geral sobre a ocorrência de micotoxinas em leite, por meio de informações recentes sobre a presença de aflatoxina M1.

METODOLOGIA

Nessa revisão integrativa, a pesquisa na literatura foi realizada nas bases de dados eletrônicos Portal de Periódicos Capes (PERIÓDICOS, 2021), Google Acadêmico (GOOGLE ACADÊMICO, 2021) e PubMed (PUBMED, 2021), utilizando as seguintes palavras-chave: “Occurrence”, “Aflatoxin M1” e “Milk”. O critério de inclusão de artigos considerou o ano de publicação, sendo a pesquisa limitada aos estudos publicados nos últimos 05 anos (2016-2021), a fim de obter dados atualizados quanto à ocorrência de aflatoxina M1 em leite. Ao total foram empregados 37 artigos para o levantamento de dados da ocorrência de aflatoxinas B1 e M1 em leite no período de 2016 a 2021.

DESENVOLVIMENTO

Aflatoxinas no leite

As aflatoxinas são uma classe de micotoxinas produzidas pelos fungos do gênero *Aspergillus* (e.g. *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius*), que crescem especialmente em áreas com clima quente e úmido, podendo ser encontrados em diversos alimentos destinados à alimentação humana e animal (FLORES-FLORES et al., 2015). Quimicamente, as aflatoxinas possuem uma estrutura heterocíclica altamente oxigenada (GOURAMA; BULLERMAN, 1995). As principais aflatoxinas naturalmente produzidas são a aflatoxina B1, aflatoxina B2, aflatoxina G1 e aflatoxina G2, cuja nomenclatura é definida devido a sua fluorescência sob a luz UV (azul -do inglês *blue*- para o grupo B e verde -do inglês *green*- para o grupo G). Outra micotoxina importante desse grupo é a aflatoxina M1, metabólito biotransformado da aflatoxina B1 (BENNETT; KLICH, 2003).

Segundo a *International Agency for Research on Cancer* (IARC), às aflatoxinas (incluindo B1, B2, G1, G2 e M1) são classificadas no Grupo 01 como carcinogênico a humanos (IARC, 2012). Além disso, essas micotoxinas apresentam efeitos hepatotóxicos, mutagênicos, teratogênicos e imunossupressores (BENNETT; KLICH, 2003). Dentre esses metabólitos, a aflatoxina B1 se destaca por ser a mais potente e carcinogênea desse grupo (BIEHL; BUCK, 1987), e pela ampla ocorrência em grãos e cereais destinados à alimentação humana e animal (GONÇALEZ et al., 2005).

A aflatoxina B1 quando transformada metabolicamente por mamíferos reduz sua toxigenicidade, porém a característica de interagir com organelas celulares e macromoléculas

permanece causando danos. O metabolismo da aflatoxina B1 é mediado principalmente pelos citocromos microssomais hepáticos e extra-hepáticos P-450. A maioria dos metabólitos produzidos apresentam toxicidade inferior à aflatoxina B1, sendo o principal deles a aflatoxina M1. No entanto, o intermediário aflatoxinaB1-8-9-epóxido metabolizado pelo citocromo P-450 apresenta elevada reatividade e capacidade de ligação ao DNA, estando assim associado a capacidade carcinogênica da aflatoxina B1 (COULOMBE, 1993).

A biotransformação da aflatoxina B1 em aflatoxina M1 pode ocorrer em animais mamíferos pela ingestão de aflatoxina B1 com o alimento (MELO; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 1999). Após o consumo, a aflatoxina B1 é metabolizada no fígado pela enzima citocromo P-450 em vários metabólitos, sendo a aflatoxina M1 produzida pela hidroxilação do carbono do terceiro anel bifuranocumarina (Figura 01) (FALETTO et al., 1988). A presença do grupo hidroxila aumenta a solubilidade desse composto e assim a aflatoxina M1 pode ser eliminada pela urina, bile, fezes e leite (HUSSEIN; BRASEL, 2001).

A ocorrência de aflatoxina M1 no leite é influenciada por diferentes fatores, tais como a espécie do animal, a saúde do animal, a quantidade de ração consumida, o nível de contaminação do alimento, a localização geográfica e a estação do ano. Dessa forma, a relação entre o consumo de aflatoxina B1 e a eliminação de aflatoxina M1 no leite é variável (FINK-GREMMELS, 2008). Segundo Creppy (2002), aproximadamente 0,3 a 6,2% do total de aflatoxina B1 consumida pelo animal é metabolizada a aflatoxina M1 e liberada no leite.

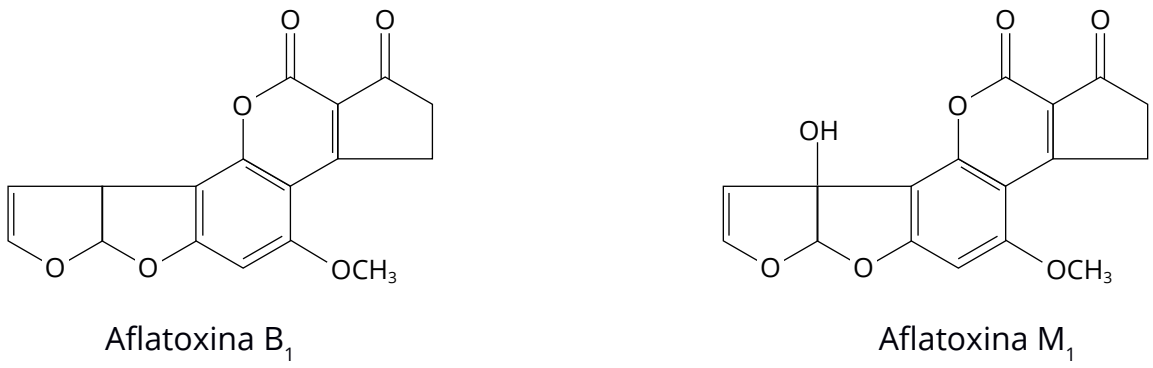


Figura 01: Biotransformação da aflatoxina B1 em aflatoxina M1 pela enzima citocromo P-450.

Fonte: SWICK (1984).

A eliminação da aflatoxina M1 pode ocorrer em leite de mamíferos, ou seja, no leite de animais (e.g. vacas, cabras, ovelhas, camelos, cervos e éguas) (MILOVANOVIC et al., 2020) e no leite materno (MEMIS; YALÇIN, 2021). Dessa forma, torna-se preocupante a exposição de humanos a esses contaminantes, principalmente crianças, os maiores consumidores e os mais susceptíveis à ação tóxica deste contaminante, pois trata-se de um dos principais alimentos durante os primeiros anos de vida (FLORES-FLORES et al., 2015).

Legislação

O consumo de alimentos contaminados por micotoxinas é uma realidade para boa parte da população. Apesar disso, a fim de limitar a exposição humana a esses contaminantes,

limites regulatórios têm sido estabelecidos por órgãos competentes em todo o mundo. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece por meio da RDC n° 7, de 18 de fevereiro de 2011 os Limites Máximos Tolerados para micotoxinas em alimentos.

No Brasil, para o leite apenas a aflatoxina M1 é regulamentada. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Limite Máximo Tolerado para aflatoxina M1 em leite fluído é de 0,5 µg kg-1 (ou 500 ng kg-1), enquanto para o leite em pó é de 5 µg kg-1 (ou 5000 ng kg-1) (BRASIL, 2011). Entretanto, os países em desenvolvimento, frequentemente, se baseiam nos limites legais estabelecidos por agências internacionais, como a Codex Alimentarius e a Comissão Europeia. A Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2001) e a Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2006) estabelecem o limite de 0,05 µg kg-1 (ou 50 ng kg-1) (valor dez vezes menor que o limite nacional) para leite cru, leite tratado termicamente e leite para a fabricação de produtos lácteos.

Ocorrência de aflatoxina M1 em leite

Os tratamentos térmicos são a principal estratégia empregada para a redução de contaminantes no leite (CLAEYS et al., 2013). Entretanto, este tipo de tratamento não é capaz de eliminar as aflatoxinas, devido a elevada estabilidade térmica desses compostos (POLZHOFER, 1977). Neste contexto, vários estudos foram desenvolvidos a fim de estimar a ocorrência destes contaminantes em diferentes tipos de leite. A Tabela 01 apresenta estudos desenvolvidos nos últimos 05 anos que relatam a ocorrência de aflatoxina M1 em leite.

Tabela 01: Ocorrência de aflatoxina M1 em amostras de leite.

Amostra	Amostras Positivas/ Amostras Analisadas	Faixa de concentração (µg L^{-1})	Referência
Leite cru	20/20	0,020-0,190*	Abdallah; Girgin; Baydar, 2019
	18/25	0,0155-0,0315*	Abyaneh et al., 2019
	108/150	0,006-0,554	Ahmad et al., 2019
	17/27	0,009-0,026	Armorini et al., 2016
	NI/285	0,00139-0,060*	Bilandzic et al., 2016
	412/701	0,011-0,440	Daou et al., 2020
	145/312	0,012-0,198*	Fallah; Fazlollahi; Emami, 2016
	110/110	0,028-4,980	Gizachew et al., 2016
	59/60	0,008-0,240	Hajmohammadi et al., 2020
	89/168	0-0,09992	Hashemi, 2016
	32/38	0,006-0,864*	Horvatovic et al., 2016
	322/474	2.10^{-6}-0,2738*	Kang'ethe et al., 2017
	96/96	0,0154-4,563*	Kuboka et al., 2019
	267/5650	0-0,412	Li et al., 2017
	56/1207	< 0,025-0,060	Li et al., 2018
	39/84	0,09559-0,55722	Mohammedi-Ameur et al., 2020

Continuação da Tabela 01.

Amostra	Amostras Positivas/ Amostras Analisadas	Faixa de concentração (µg L^{-1})	Referência
Leite cru	42/42	0,005-0,010	Movassaghghazani; Ghorbiani, 2017
	68/150	0,008-0,030	Nile; Park; Khobragage, 2016
	112/112	0,010-0,500	Njombwa et al., 2021
	70/116	0,009-4,185	Patyal et al., 2020
	23/826	0,0052-0,0266	Rama et al., 2016
	60/60	0,0256-0,0417	Safavizadeh; Mojkar, 2019
	70/100	0,010-1,116*	Sharma et al., 2019
	18/20	0,024-0,449	Sumantri et al., 2019
	52/52	0,029-2,159	Tadesse; Berhanu; Woldegiorgis, 2020
	295/340	0,520	Tahira et al., 2019
	35/40	0,00519-0,04518	Venâncio et al., 2019
	100/133	0,0053-0,0362	Xiong et al., 2020
	37/75	5,3.10-5-0,000207*	Zakaria et al., 2019
Leite desnatado	7/11	0,040-0,600	Gonçalves et al., 2018
Leite integral	19/26	0,060-3,670	Gonçalves et al., 2018
Leite semidesnatado	9/12	0,090-1,400	Gonçalves et al., 2018
Leite pasteurizado	32/43	0,00085-0,04439*	Campone et al., 2017
	10/11	0,013-0,219	Daou et al., 2020
	11/12	0,00204-0,09001	Hashemi, 2016
	66/66	0,0117-0,1066	Mohammadi et al., 2016
	55/63	< 0,005-0,120*	Nejad; Heshmati; Ghiasvand, 2019
	33/80	0,006-2,330	Patyal et al., 2020
	40/50	0,027-2,281*	Sharma et al., 2019
	16/16	0,100-0,570	Sumantri et al., 2019
	56/56	0,550-1,410	Tadesse; Berhanu; Woldegiorgis, 2020
	65/65	0,110	Tahira et al., 2019
	337/410	0,0051-0,1044	Xiong et al., 2020

Continuação da Tabela 01.

Amostra	Amostras Positivas/ Amostras Analisadas	Faixa de concentração (µg L^{-1})	Referência
Leite UHT	20/30	0,010-0,345	Ahmad et al., 2019
	14/40	0,0051-0,04442*	Alahlah et al., 2020
	18/26	0,009-0,026	Armorini et al., 2016
	NI/214	0,00229-0,0214*	Bilandzic et al., 2016
	18/26	0,00071-0,00363*	Campone et al., 2017
	15/34	0,150-0,560*	Conteçotto et al., 2021
	21/25	< 0,005-0,098*	Nejad; Heshmati; Ghiasvand, 2019
	16/34	0,009-2,585	Patyal et al., 2020
	2/69	0,0072-0,0099	Rama et al., 2016
	105/105	0,350	Tahira et al., 2019
	77/98	0,0051-0,0996	Xiong et al., 2020
Leite em pó	7/7	0,0152-0,0399*	Alahlah et al., 2020
	1/10	1,020*	Conteçotto et al., 2021
	38/50	0,032-2,896	Gonçalves et al., 2018
	6/10	0,088-2,800	Gonçalves et al., 2018

	51/51	0,200-1,190*	Sibaja et al., 2019
	27/40	0,030	Tahira et al., 2019
Leite em pó infantil	1/16	0,320*	Conteçotto et al., 2021
	0/3	ND	Gonçalves et al., 2018

*Valores apresentados em termos de µg kg-1. ND: Não detectado. NI: Não informado.

Dados coletados a partir de estudos realizados nos últimos 05 anos (Tabela 01), demonstram a ocorrência da aflatoxina M1 em diversos países como Argelia (MOHAMMEDI-AMEUR et al., 2020), Brasil (GONÇALVES et al., 2018), Cabo Verde (GONÇALVES et al., 2018), China (LI et al., 2018), Colômbia (SIBAJA et al., 2019), Egito (ABDALLAH; GIRGIN; BAYDAR, 2019), Etiópia (TADESSE; BERHANU; WOLDEGIORGIS, 2020) Índia (PATYAL et al., 2020), Irã (ABYANEH et al., 2019), Itália (ARMORINI et al., 2016), Líbano (DAOU et al., 2020), Malawi (NJOMBWA et al., 2021), Marrocos (ALAHLAH et al., 2020), Paquistão (AHMAD et al., 2019) e Quênia (KUBOKA et al., 2019).

A concentração de aflatoxina M1 em amostras de leite mostraram-se acima dos limites regulatórios estabelecidos pela Codex Alimentarius, Comissão Europeia (0,05 µg kg-1) e ANVISA (0,5 µg kg-1) para o leite fluído, tanto para o leite cru, quanto leite desnatado, integral, semidesnatado, pasteurizado e UHT. Para o leite em pó, a concentração de aflatoxina M1 em algumas amostras excedeu ao estabelecido pela Codex Alimentarius e Comissão Europeia (0,05 µg kg-1), mas ficou abaixo do recomendado pela legislação brasileira (5 µg kg-1).

Os maiores índices de contaminação por aflatoxina M1 foram observados em amostras de leite em pó e acredita-se que isso possa estar relacionado com o processamento deste alimento, uma vez que o leite em pó é produzido a partir da desidratação do leite fluído, o que permite a concentração de todos os constituintes do leite incluindo as micotoxinas. As amostras de leite em pó obtidas de Cabo Verde e Colômbia (GONÇALVES et al., 2018; SIBAJA et al., 2019) possuem qualidade inferior em termos de micotoxinas, quando comparado aos demais países avaliados, uma vez que nelas foram observados os maiores índices de contaminação por aflatoxina M1.

No estudo desenvolvido por Gonçalves et al. (2018), 112 amostras de leite (integral, desnatado, semidesnatado e em pó) provenientes do Brasil e Cabo Verde foram coletadas e avaliadas quanto à ocorrência das aflatoxinas B1 e M1. Os autores observaram que das 62 amostras de leite obtidas no Brasil, 68% estavam contaminadas por aflatoxina M1 (0,040-3,670 µg L-1) e 16% por aflatoxina B1 (0,040-0,600 µg L-1). Para as amostras provenientes de Cabo Verde (50 amostras), os autores observaram que 76% das amostras estavam contaminadas por aflatoxina M1 (0,032-2,896 µg L-1). As amostras obtidas do Brasil e Cabo Verde, em sua maioria, apresentaram concentrações acima dos limites regulatórios estabelecidos pela Codex Alimentarius e Comissão Europeia, mas nenhuma delas ultrapassou o limite nacional. Dessa forma, pode-se observar que a determinação da concentração de aflatoxina B1 em leite também é importante, devido principalmente à toxicidade desse composto.

Em outro estudo desenvolvido no Brasil, Conteçotto e colaboradores (2021) avaliaram o risco à saúde da população infantil pela ocorrência de aflatoxina M1 em 60 amostras de leite (UHT, em pó e fórmulas infantis). A avaliação da exposição à micotoxina foi realizada através da determinação da ingestão diária estimada, enquanto a caracterização do risco foi avaliada com o cálculo do risco de carcinoma hepatocelular e da margem de exposição. A presença de aflatoxina M1 foi observada em 28% das amostras avaliadas, sendo que a concentração variou entre 0,150-1,020 µg kg-1, valor superior ao estabelecido pela Comissão Europeia (0,05 µg kg-1) (EUROPEAN COMMISSION, 2006). A ingestão diária aceitável para crianças de 0 a 5 anos variou entre 0,828-2,523; 0-2,113 e 0,029-0,833 ng kg-1 pc-1 dia-1 para leite UHT, leite em pó e fórmula infantil, respectivamente. O número de casos de carcinoma hepatocelular associados à exposição por aflatoxina M1 (0,0015-0,0045) foi superior ao limite de 0,001 caso/100.000. Os valores de margem de exposição observados foram de 728-239, consideravelmente inferior à margem de segurança que corresponde a 10.000. Segundo os autores, esses dados sugerem o potencial risco à saúde das crianças brasileiras pela exposição de aflatoxina M1 em leite e produtos lácteos (CONTEÇOTTO et al., 2021). Dessa forma, fica evidente a necessidade de determinação e controle da concentração de aflatoxina M1 no leite, principalmente a fim de evitar efeitos nocivos às crianças.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos 05 anos, vários estudos foram realizados a fim de determinar a ocorrência de aflatoxina M1 em leite e concentrações superiores aos limites regulatórios estabelecidos pela Codex Alimentarius, Comissão Europeia e ANVISA foram observadas em amostras de leite fluido (leite cru, leite desnatado, integral, semidesnatado, pasteurizado e UHT), apresentando risco a saúde do consumidor. Para o leite em pó, algumas amostras excederam ao estabelecido pela Codex Alimentarius e Comissão Europeia, mas ficaram abaixo do recomendado pela legislação brasileira. Entretanto, cabe ressaltar a discrepância entre legislações internacionais e a nacional, a qual flexibiliza em até 100 vezes o limite máximo de aflatoxina M1 em leite em pó.

Neste contexto, a ocorrência de aflatoxina M1 em leite em concentrações acima dos limites regulatórios é preocupante, principalmente para crianças, o principal consumidor desse alimento. Ainda, mostra a necessidade de estudos que visem a redução da concentração desses contaminantes, a fim de fornecer um produto seguro ao consumidor.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, M. F.; GIRGIN, G.; BAYDAR, T. Mycotoxin detection in maize, commercial feed, and raw dairy milk samples from Assiut City, Egypt. **Veterinary Sciences**, v. 6, n. 2, p. 57, 2019.

ABYANEH, H. K.; BAHONAR, A.; NOORI, N.; YAZDANPANAH, H.; ALIABADI, M. H. S. Exposure to aflatoxin M1 through milk consumption in Tehran population, Iran. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, v. 18, n. 3, p. 1332-1340, 2019.

AHMAD, M.; AWAIS, M.; ALI, S. W.; KHAN, H. A. A.; RIAZ, M.; SULTAN, A.; BASHIR, M. S.; CHAUDHRY, A. I. Occurrence of Aflatoxin M1 in raw and processed milk and assessment of daily intake in Lahore, Multan cities of Pakistan. **Food Additives & Contaminants: Part B**, v. 12, n. 1, p. 18-23, 2019.

ALAHLAH, N.; MOHAMMED, M.; NOURREDINE, N.; HAJAR, H. Aflatoxin M1 in UHT and powder milk marketed in the northern area of Morocco. **Food Control**, v. 114, p. 107262, 2020.

ARMORINI, S.; ALTAFINI, A.; ZAGHINI, A.; RONCADA, P. Occurrence of aflatoxin M1 in conventional and organic milk offered for sale in Italy. **Mycotoxins Research**, v. 32, n. 4, p. 237-246, 2016.

BENNETT, J. W.; KLICH, M. Mycotoxins. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 16, n. 3, p. 497-516, 2003.

BIEHL, M. L.; BUCK, W. Chemical contaminants: Their metabolism and their residues. **Journal of Food Protection**, v. 50, n. 12, p. 1058-1073, 1987.

BILANDZIC, N.; TANKOVIC, S.; JELUSIC, V.; VARENINA, I.; KOLANOVIC, B. S.; LUBURIC, B. D.; CVETNIC, Z. Aflatoxin M1 in raw and UHT cow milk collected in Bosnia and Herzegovina and Croatia. **Food Control**, v. 68, p. 352-357, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução – RDC Nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 mar. 2011.

BRUERTON, K. **Finding practical solutions to mycotoxins in commercial production: a nutritionist's perspective.** In: Proceedings of the Alltech's 17th Annual Symposium, Queensland, Australia, p. 161–168, 2001.

CAMPONE, L.; PICCINELLI, A. L.; CELANO, R.; PAGANO, I.; SANZO, R. D.; CARABETTA, S.; RUSSO, M.; RASTRELLI, L. Occurrence of aflatoxin M1 in milk samples from Italy analysed by online-SPE UHPLC-MS/MS. **Natural Product Research**, v. 32, n. 15, p. 1803-1808, 2018.

CLAEYS, W. L.; CARDOEN, S.; DAUBE, G.; DE BLOCK, J.; DEWETTINCK, K.; DIERICK, K.; ZUTTER, L. D.; HUYGHEBAERT, A.; IMBERECHTS, H.; THIANGE, P.; VANDENPLAS, Y; HERMAN, L. Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. **Food Control**, v. 31, n. 1, p. 251-262, 2013.

CODEX ALIMENTARIUS. **Codex Committee on Food Additives and Contaminants.** Comments submitted on the draft maximum level for aflatoxin M1 in milk. Hauge, The Netherlands: Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 33rd sessions, 2001.

CONTEÇOTTO, A. C.; PANTE, G. C.; CASTRO, J. C.; SOUZA, A. A.; LINI, R. S.; ROMOLI, J. C. Z.; ABREU FILHO, B. A.; MIKCHA, J. M. G.; MOSSINI, S. A. G.; MACHINSKI JUNIOR, M. Occurrence, exposure evaluation and risk assessment in child population for aflatoxin M1 in dairy products in Brazil. **Food and Chemical Toxicology**, v. 148, p. 111913, 2021.

COULOMBE, R. A. Biological action of mycotoxins. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 3, p. 880-91, 1993.

CREPPY, E. E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. **Toxicology Letters**, v. 127, n. 1-3, p. 19-28, 2002.

DAOU, R.; AFIF, C.; JOUBRANE, K.; KHABBAZ, L. R.; MAROUN, R.; ISMAIL, A.; KHOURY, A. E. Occurrence of aflatoxin M1 in raw, pasteurized, UHT cows' milk, and dairy products in Lebanon. **Food Control**, v. 111, p. 107055, 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Commission Regulation.** Commission Regulation (EC) 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L364, p. 5-24, 2006.

FALETTO, M. B., KOSER, P. L., BATTULA, N., TOWNSEND, G. K., MACCUBBIN, A. E., GELBION, H. V. Cytochrome P3-450 cDNA encodes aflatoxin B1 hydroxylase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 263, p. 12187-12189, 1988.

FALLAH, A. A.; FAZLOLLAHI, R.; EMAMI, A. Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk of four dairy species in Yazd, Iran. **Food Control**, v. 68, p. 77-82, 2016.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Gateway to dairy production and products. Milk and dairy products in human nutrition. Disponível em: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/en/>. Acesso em: 31 mai. 2021.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Dairy Market review: Overview of global dairy market developments in 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb4230en/cb4230en.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2021.

FINK-GREMMELS, J. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 176, n. 1, p. 84-92, 2008.

FLORES-FLORES, M. E.; LIZARRAGA, E.; CERAIN, A. L.; GONZÁLEZ-PEÑAS, E. Presence of mycotoxins in animal milk: A review. **Food Control**, v. 53, p. 163-176, 2015.

GIZACHEW, D.; SZONYI,B.; TEGEGNE, A.; HANSON, J.; GRACE, D. Aflatoxin contamination of milk and dairy feeds in the Greater Addis Ababa milk shed, Ethiopia. **Food Control**, v. 59, p. 773-779, 2016.

GONÇALEZ, E.; FELICIO, J. D.; PINTO, M. M.; ROSSI, M. H.; NOGUEIRA, J. H. C.; MANGINELLI, S. Ocorrência de aflatoxina M1 em leite comercializado em alguns municípios do estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 4, p. 435-438, 2005.

GONÇALVES, K. D. M.; SIBAJA, K. V. M.; FELTRIN, A. C. P.; REMEDI, R. D.; GARCIA, S. O.; GARDA-BUFFON, J. Occurrence of aflatoxins B1 and M1 in milk powder and UHT consumed in the city of Assomada (Cape Verde Islands) and southern Brazil. **Food Control**, v. 93, p. 260-264, 2018.

GOOGLE ACADÊMICO. Disponível em: <scholar.google.com>. Acesso em: 01 jun. 2021.

GOURAMA, H.; BULLERMAN, L. B. *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*: Aflatoxigenic fungi of concern in foods and feeds: A review. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 12, p. 1395-1404, 1995.

HAJMOHAMMADI, M.; VALIZADEH, R.; NASERIAN, A.; NOUROZI, M. E.; ROCHA, R. S.; OLIVEIRA, C. A. F. Composition and occurrence of aflatoxin M1 in cow'smilk samples from Razavi Khorasan Province, Iran. **International Journal of Dairy Technology**, v. 73, n. 1, p. 40-45, 2020.

HASHEMI, M. A survey of aflatoxin M1 in cow milk in Southern Iran. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 24, p. 888-893, 2016.

HORVATOVIC, M. P.; GLOMOCIC, D.; JAJIC, I.; KRSTOVIC, S.; GULJAS, D.; GJORGJIEVSKI, S. Aflatoxin M1 in raw milk in the region of Vojvodina. **Mljekarstvo**, v. 66, n. 33, p. 239-245, 2016.

HUSSEIN, H. S.; BRASEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. **Toxicology**, v. 167, p. 101-134, 2001.

IARC (International Agency for Research on Cancer). **Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: chemical agents and related occupations.** IARC Scientific Publication, Lyon, France, v. 100, p. 224-248, 2012.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T. Qualidade sanitária de grãos e de forragens conservadas "versus" desempenho animal e qualidade de seus produtos. In: simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 2001, Maringá. **Anais do Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas.** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319p.

KANG'ETHE, E. K.; SIRMA, A. J.; MURITHI, G.; MBURUGU-MOSOTI, C. K.; OUKO, E. O.; KORHONEN, H. J.; NDUHIU, G. J.; MUNGATU, J. K.; JOUTSJOKI, V.; LINDFORS, E.; RAMO, S. Occurrence of mycotoxins in food, feed, and milk in two counties from different agro-ecological zones and with historical outbreak of aflatoxins and fumonisins poisonings in Kenya. **Food Quality and Safety**, v. 1, n. 3, p. 161-170, 2017.

KUBOKA, M. M.; IMUNGI, J. K.; NJUE, L.; MUTUA, F.; GRACE, D.; LINDAHL, J. F. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk traded in peri-urban Nairobi, and the effect of boiling and fermentation. **Infection Ecology & Epidemiology**, v. 9, p. 1625703, 2019.
LI, S.; MIN, L.; WANG, P.; ZHANG, Y.; ZHENG, N.; WANG, J. Aflatoxin M1 contamination in raw milk from major milk-producing areas of China during four seasons of 2016. **Food Control**, v. 82, p. 121-125, 2017.

LI, S.; MIN, L.; WANG, G.; ZHENG, N.; WANG, J. Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk from manufacturers of infant milk powder in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 5, p. 1-8, 2018.

MAHAR, A.; SHAIKH, M. S.; BHATTI, I. Performance analysis of plate type heat exchanger for milk pasteurization. In: AIP Conference Proceedings, 2019.

MELO, M. M.; NASCIMENTO, E. F.; OLIVEIRA, N. J. F. Intoxicação de bovinos por aflatoxina B1 presente em polpa cítrica: relato de um surto. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, p 555-558, 1999.

MEMIS, E. Y.; YALÇIN, S. S. Human milk mycotoxin contamination: smoking exposure and breastfeeding problems. **The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine**, v. 34, n. 1, p. 31-40, 2021.

MILOVANOVIC, B.; DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; DJORDJEVIC, V.; LORENZO, J. M.; BARBA, F. J.; MÖRLEIN, D.; TOMASEVIC, I. What is the color of milk and dairy products and how is it measured?. **Foods**, v. 9, p. 1629, 2020.

MOHAMMADI, H.; SHOKRZADEH, M.; ALIABADI, Z.; RIAHI, ZANJANI, B. Occurrence of aflatoxin M1 in commercial pasteurized milk samples in Sari, Mazandaran province, Iran. **Mycotoxins Research**, v. 32, n. 2, p. 85-87, 2016.

MOHAMMEDI-AMEUR, S.; DAHMANE, M.; BRERA, C.; KARDJADJ, M.; BEM-MAHDI, M. H. Occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in raw cow milk collected from different regions of Algeria. **Veterinary World**, v. 13, n. 3, p. 433-439, 2020.

MOVASSAGHGHAZANI, M. H.; GHORBIANI, M. Incidence of aflatoxin M1 in human and cow milk in Kashan, Iran. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, v. 4, p. 99-102, 2017.

NEJAD, A. S. M.; HESHMATI, A.; GHIASVAND, T. The Occurrence and risk assessment of exposure to aflatoxin M1 in ultra-high temperature and pasteurized milk in Hamadan province of Iran. **Osong Public Health and Research Perspectives**, v. 10, n. 4, p. 228-233, 2019.

NILE, S. H.; PARK, S. W.; KHOBRAGADE, C. N. Occurrence and analysis of aflatoxin M1 in milk produced by Indian dairy species. **Food and Agricultural Immunology**, v. 27, n. 3, p. 358-366, 2016.

NJOMBWA, C. A.; MOREIRA, V.; WILLIAMS, C.; ARYANA, K.; MATUMBA, L. Aflatoxin M1 in raw cow milk and associated hepatocelular carcinoma risk among dairy farming households in Malawi. **Mycotoxin Research**, v. 37, p. 89-96, 2021.

PATYAL, A.; GILL, J. P. S.; BEDI, J. S.; AULAKH, R. S. Occurrence of Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and UHT milk from Punjab, India. **Current Science**, v. 118, n. 1, p. 79-86, 2020.

PERIÓDICOS. Disponível em: **<www.periodicos.capes.gov.br>.** Acesso em: 01 jun. 2021.

POLZHOFER, K. M. Thermal stability of aflatoxin M1. **Zeitschrift fur Lebensmittel-untersuchung und -forschung**, v. 164, n. 2, p. 80-81, 1977.

PUBMED. Disponível em: **<pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>.** Acesso em: 01 jun. 2021.

RAMA, A.; MONTESISSA, C.; LUCATELLO, L.; GALINA, G.; BENETTI, C.; BAJRAKTARI, D. A study on the occurrence of aflatoxin M1 in milk consumed in Kosovo during 2009–2010. **Food Control**, v. 62, p. 52-55, 2016.

SAFAVIZADEH, V.; MOJKAR, M. A survey on the occurrence of aflatoxin M1 in raw milk samples in Bafq and Bahabad, Iran. **Journal of Food Safety and Hygiene**, v. 15, n. 3, p. 175-178, 2019.

SHARABI, S.; OKUN, Z.; SHPIGELMAN, A. Changes in the shelf life stability of riboflavin, vitamin C and antioxidant properties of milk after (ultra) high pressure homogenization: Direct and indirect effects. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 47, p. 161-169, 2018.

SHARMA, H.; JADHAV, V. J.; GARG, S. R. Aflatoxin M1 in milk in Hisar city, Haryana, India and risk assessment. **Food Additives & Contaminants: Part B**, p. 1-5, 2019.

SIBAJA, K. V. M.; GONÇALVES, K. D. M.; GARCIA, S. O.; FELTRIN, A. C. P.; NOGUEIRA, W. V.; BADIALE-FURLONG, E.; GARDA-BUFFON, J. Aflatoxin M1 and B1 in Colombian milk powder and estimated risk exposure. **Food Additives & Contaminants: Part B**, v. 12, n. 2, p. 97-104, 2019.

SUMANTRI, I.; PURWANTI, F.; NURYONO; AGUS, A. Estimation of aflatoxin M1 exposure through consumption of various dairy milk products in Yogyakarta, Indonesia. **Jurnal Veteriner**, v. 20, n. 1, p. 58-64, 2019.

TADESSE, S.; BERHANU, T.; WOLDEGIORGIS, A. Z. Aflatoxin M1 in milk and milk products marketed by local and industrial producers in Bishoftu town of Ethiopia. **Food Control**, v. 118, p. 107386, 2020.

TAHIRA, I.; SULTANA, N.; MUNIR, A.; HASAN, S. M.; HANIF, N. Q. Report: Occurrence of Aflatoxin M1 in raw and processed milk consumed in Pakistan. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 32, n. 3, p. 1097-1101, 2019.

VENÂNCIO, R. L.; LUDOVICO, A.; SANTANA, E. H. W.; TOLEDO, E. A.; REGO, F. C. A.; SANTOS, J. S. Occurrence and seasonality of aflatoxin M1 in milk in two different climate zone. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 6, p. 3203-3206, 2019.

XIONG, J.; PENG, L.; ZHOU, H.; LIN, B.; YAN, P.; WU, W.; LIU, Y.; WU, L.; QIU, Y. Prevalence of aflatoxin M1 in raw milk and three types of liquid milk products in central-south China. **Food Control**, v. 108, p. 106840, 2020.

ZAKARIA, A. M.; AMIN, Y. A.; KHALIL, O. S. F.; ABDELHIEE, E. Y.; ELKAMSHISHI, M. M. Rapid detection of aflatoxin M1 residues in market milk in Aswan Province, Egypt and effect of probiotics on its residues concentration. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, v. 6, n. 2, p. 197-201, 2019.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PROTEÍNAS DO LEITE ORGÂNICO E MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS – UMA REVISÃO

ORGANIC MILK PROTEINS AND THE APPLIANCE OF ANALYTICAL METHODS – A REVIEW

SANTOS, Augusto César Costa[1]*; LUZ, Gisele Marcondes[1]; MORAES NETO, Venancio Ferreira[1]; PALLONE, Juliana Azevedo Lima[2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos/UNICAMP; [2]Departamento de Ciência de Alimentos e Nutrição/UNICAMP. *Contato: acesar.nutri@gmail.com

RESUMO

No contexto de produtos de gestão sustentável e qualidade controlada, a cultura orgânica tem sido amplamente divulgada, e muitos produtos têm sido integrados a esse sistema de produção. Por ser rico em aminoácidos essenciais e peptídeos bioativos, o leite possui grande importância como uma das principais fontes de proteína animal, porém, são poucas as evidências que relatam diferenças entre as matrizes produzidas por manejo convencional e orgânico. Em busca de revisar os principais estudos e métodos de análise que envolvem o conteúdo de proteínas no leite bovino, a revisão avaliou os resultados obtidos em diferentes trabalhos, ao longo das últimas décadas. A coleta de dados foi realizada em plataformas de busca com uso de termos livres. Embora o percentual de proteínas totais tenha variado entre os estudos, as amostras dos diferentes sistemas produtivos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). É importante levar em consideração a existência de fatores que interferem no teor do nutriente, como o aporte energético, as variações de clima e a dieta dos animais. Diferentes métodos de análise já foram desenvolvidos para a determinação de proteínas no leite bovino, com emprego de técnicas tradicionais, porém, a aplicabilidade dos métodos espectroscópicos baseados no infravermelho tem se destacado pela praticidade, comunhão com a química verde e fácil aplicação com vários componentes nutricionais.

Palavras-chave: Leite orgânico, proteínas, leite bovino, métodos analíticos.

ABSTRACT

In the context of products with sustainable management and controlled quality, organic culture has been widely disseminated, and many products have been integrated into this production system. For its richness in essential amino acids and bioactive peptides, milk has great importance as one of the main sources of animal protein, however, there is little evidence that reports differences between matrices produced by conventional and organic management. In an attempt to review the main studies and methods of analysis involving the protein content in bovine milk, the review evaluated the results obtained in different works over the last decades. Data collection was performed on search platforms using free terms. Although the percentage of total proteins varied between studies, samples from different production systems did not show any significant difference ($p > 0.05$). It is important to take into account the existence of factors that interfere with the nutrient

content, such as energy intake, climate variations and the animals' diet. Different methods of analysis have already been developed for the determination of proteins in bovine milk, with the use of traditional techniques, however the applicability of infrared-based spectroscopic methods has been highlighted by their practicality, communion with green chemistry and easy application with various nutritional components.

Keywords: Organic milk, proteins, bovine milk, analytical methods.

INTRODUCTION

The organic agriculture and its importance in the productive context have been discussed since the 70s. The industrialization process inside food and beverage sectors and the mechanization of agriculture carried some consequences for the environment, such as intense deforestation, the wear and tear of soils and the precariousness of the rural population (LIMA et al., 2019). Thus, in the search for systems that are less aggressive to the environment and capable of maintaining agricultural and livestock production, the concept of organic culture was renewed.

With the increase in people's life quality and health awareness, there was also an increase in attention to the nutritional properties of food consuming (GRACIA et al., 2009). Organic foods are often defined as healthier and safer matrices, as they come from a system of production theoretically free of artificial chemicals. It is noteworthy though that the healthiness and quality of this or any food category can only be guaranteed from studies that assess production performance and the safety and quality standards of production systems (JOHANN et al., 2019). Animal production based in organic system must prioritize the health and well-being of the herds, ensuring hygienic and sanitary conditions in accordance with legislation, adopting preventive practices for health and production, providing nutritious and healthy food for animals and disposing residues adequately (MAPA, 2021).

Organic milk does not present significant differences in the majority macronutrients, compared to conventional milk, although some studies have reported more expressive levels of α-linolenic acid, α-tocopherol and β-carotene (WILLIAMSON, 2007). Different studies have already shown the existence of factors related to the protein profile, mainly linked to seasonality and the type of feeding imposed on animals (KOUŘIMSKÁ et al., 2014; KUCZYŃSKA et al., 2012; BATTAGLINI et al., 2009). According to the requirements of nutritional composition and daily intake, bovine milk is considered a source of high biological value protein, due to its essential amino acid content and the presence of bioactive proteins and peptides (FUQUAY et al., 2011). Thus, the present work aimed to summarize studies and analytical methods applied to the evaluation of the protein of organic bovine milk in recent decades. The focus of the observations was limited to discussing the similarities and differences between the protein profile in organic and conventional production systems.

METHODOLOGY

The systematic qualitative revision evaluated studies to characterize the protein in samples of organic and conventional fluid milk. The search for official materials and booklets was carried out from websites related to the subject; the search for scientific papers and studies was carried out using the *Google Schoolar*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Science Direct* and *Research Gate* platforms. The free terms used in the search platforms were (organic milk) AND (proteins) AND (analysis); (amino acids) AND (organic milk); (organic milk) OR (milk proteins) AND (analysis); and (organic dairy) AND (nutritional components).

The inclusion criteria for the selection and analysis of the works involved language (English, Spanish, Portuguese), full-text availability, type of work (systematic review, official booklet and analytical study), year of publication upper from 1990 and texts present in articles, books, reports and/or booklets.

The discussion of analytical studies was based on the selection of information present in each work, which was defined based on the assumptions that (i) data collection was carried out in, at least 3 months; (ii) the protein content was obtained by mean of different measurements; and (iii) the fluid milk samples were raw, not subjected to heat treatments prior to the method of analysis. The data collected included, when possible, region of study, animal diet and seasonality, in addition to the analytical method applied and milk composition parameters.

DISCUSSION

Organic production and organic milk

The intense deforestation and the natural resources depletion, derived from the industrialization process and agriculture mechanization, led many countries to look for alternative methods to maintain their production and reduce the environmental and socioeconomic impacts, which opened space for the growth of organic culture. In this context, Codex Alimentarius (2007) establishes that organic products are based on the principles of an economically viable, ecologically correct and socially fair activity (ALKON, 2013).

Between 2000 and 2019, the world arable land for organic cultivation increased by 21%, from 15 million hectares to 72.3 million hectares (WILLER et al., 2021). The growth in organic consumption is strongly correlated with consumers' healthier foods searching, which is directly related to sustainable agricultural practices (WILLIAMSON, 2007). The global COVID-19 pandemic is also creating an increase in demand for organic foods, as consumers are looking for even more products able to improve their immunity. According to recent consumers market analyses, US organic food sales increased 25% in the previous 17 weeks until July 2020. In the UK, organic food sales increased 18% in the 12 weeks to June (WILLER et al., 2021). Among the organic products available for consumption, is organic milk.

Milk is a fluid secreted by the mammary glands of female mammals and its main function is to supply all essential nutrients for the development of the newborn. For humans, milk is a widely consumed food due to its nutritional importance and versatility in the manufacturing of derivatives (FUQUAY et al., 2011). The animal's management inside organic systems involves some standardization and conversion steps, which must be respected and supervised by competent agencies. In the organic milk production environment, the processes must take place in an integrated manner, as its production depends on the correct management of pastures and water, the preservation of forests, animal manure and human labor, since the feeding of the animals is made from vegetables produced in the treated soil. In this system, the forage cannot receive herbicides or chemical fertilizers, and at least 85% of the food consumed by the animals must be originated from organic agriculture. Another important factor is the obligation of regular vaccines, while the administration of antibiotics, dewormers, transgenics, hormones, appetite stimulants, growth promoters, urea and other additives are banned (MAPA, 2021).

Currently, European Union is considered the World's largest milk production region with 155 million tons of bovine milk produced in 2019. According to EUROSTAT, between 2012 and 2017, countries such as France, Austria and Denmark showed growth in organic milk production, exceeding the range of 500 thousand tons. However, although the expressive growth, there are details regarding the standardization of norms and techniques to adapt the production system to the organic culture guidelines. It's seen by differences on animals' milking methods, the use of concentrated feed, and the use of common antibiotics in clinical disorders treatment, such as mastitis and metabolic diseases. On the other hand, some regions as Sweden, Lithuania, Switzerland and Denmark, already use non-medicinal measures, such as drying and homeopathic treatments (WALLENBECK et al., 2019).

Nutritional composition and milk proteins in organic and conventional milk

In conventional milk, the protein content constitutes between 3.0 and 4.0% of the product, which may vary according to different determinants (SELCUK and MURUZ, 2018). As already mentioned, several factors, such as genetic (cross-breed), dietary (diet composition, frequency and access to pasture) or even environmental (climate, production and lactation period), may interfere in the nutritional composition of milk, alone or combined. The low production of organic milk, compared to the conventional milk, may be related to the low energy acquisition and intake of cows, due to feeding without concentrated nutrients or the energy content of organic pastures (SCHWENDEL et al., 2015).

Different types of forage and grains used in animal feed also influence the protein content of milk, and even the use of nitrogen fertilizers has already been shown to be negative for the content of this nutrient in the product (SELCUK and MURUZ, 2018). In addition, excess protein intake, which is widely used in conventional production as a nutrient to favor the ani-

mal rumen microbiota, contributes to environmental pollution and interferes with the health of cows (CABRITA et al., 2007).

Physiologically, when the intake of carbohydrate in the diet is low, the animal organism increases the use of amino acids for gluconeogenesis, which interferes with the protein content on final product. In contrast, the increase of compounds such as propionic acid and glucose in the bovine rumen can reduce this utilization, ensuring more amino acids in milk. However, as organic production regulations limit the use of supplements, lower protein concentrations in organic milk are common (SELCUK and MURUZ, 2018; SCHWENDEL et al., 2015; CABRITA et al., 2007).

Some studies have already suggested the possibility that there are trends in the protein content of organic foods to be lower, although the profile of essential amino acids is found in better proportions (MAGKOS et al., 2006). The amino acids composition on the constituents of milk proteins is varied. The α-lactalbumin has a high content of cysteine, while β-lactoglobulin is rich in glutamine. Among caseins, 22% of the total amino acids are characterized by glutamine, 11% by proline, 8% by lysine and 7% by asparagine (FUQUAY et al., 2011) The current Brazilian legislation requires that bovine milk be analyzed for protein content, making this nutrient an important quality parameter (BRASIL, 2018).

Analytical methods for milk proteins determination

The majority analytical methods for detection and quantification of total proteins may involve the determination of the nitrogen element and conversion to protein content, as well as the specific absorbance using spectrophotometric techniques, or the separation of constituents based on the difference in electrical charge (*m/z* ratio) and of molecular weight and others. Figure 01 illustrates the different analytical methods developed to determine the protein content of milk.

Methods based on the nitrogen determination (N2) needs the digestion step of the other components and the solubilization or evaporation of the element present in samples, as Kjeldahl and Dumas methods. Although they are practical to perform and do not require modern equipment, these methods involve the use of many corrosive reagents, which can be toxic to the environment and the analyst, not being able to measure the protein nitrogen itself or detect potential adulterants neither, such as melanin, urea and ammonium salts (NIELSEN, 2010).

Methods based in spectrophotometric technique and functional group analysis on identifying peptide bonds or constituent groups of protein molecules are also used. Spectrophotometry in ultraviolet and visible region (UV-Vis) is an analytical technique based on the molecular absorption of radiation for components that undergo electronic transitions, at the spectral range between 200 and 780 nm (PASSOS and SARAIVA, 2019; MACH and MIDDAUGH, 2011). The spectrum obtained in this region indicates the analyte's absorbance or transmittance as a function of the component concentration in the sample (SKOOG et al., 2002).

The Lowry method is a procedure for identifying aromatic groups such as tyrosine and

tryptophan, aiming the complexation of the milk proteins and the change of the color in the visible region (NIELSEN, 2010). Alternatively, there is the Bradford method, which is based on dye's ability to bind to functional and aromatic groups of proteins and, as it involves the colorimetric effect of the sample in the visible region, it allows quantification from the absorbance reading at 595 nm (COULTATE, 2002).

Thermo-optical methods are commonly based on the joint measurement of sample characteristics, in order to obtain an estimate of the total nutrient content. Thermo-optical instruments can use turbidity to determine the total protein content and caloric measurements to determine the total lipid and solids content in milk, for example. Turbidimetric methods are based on measuring turbidity caused by precipitation of the protein. However, the result from this optical method depends on protein standards and the presence of food interferents that precipitates in the sample (COULTATE, 2002).

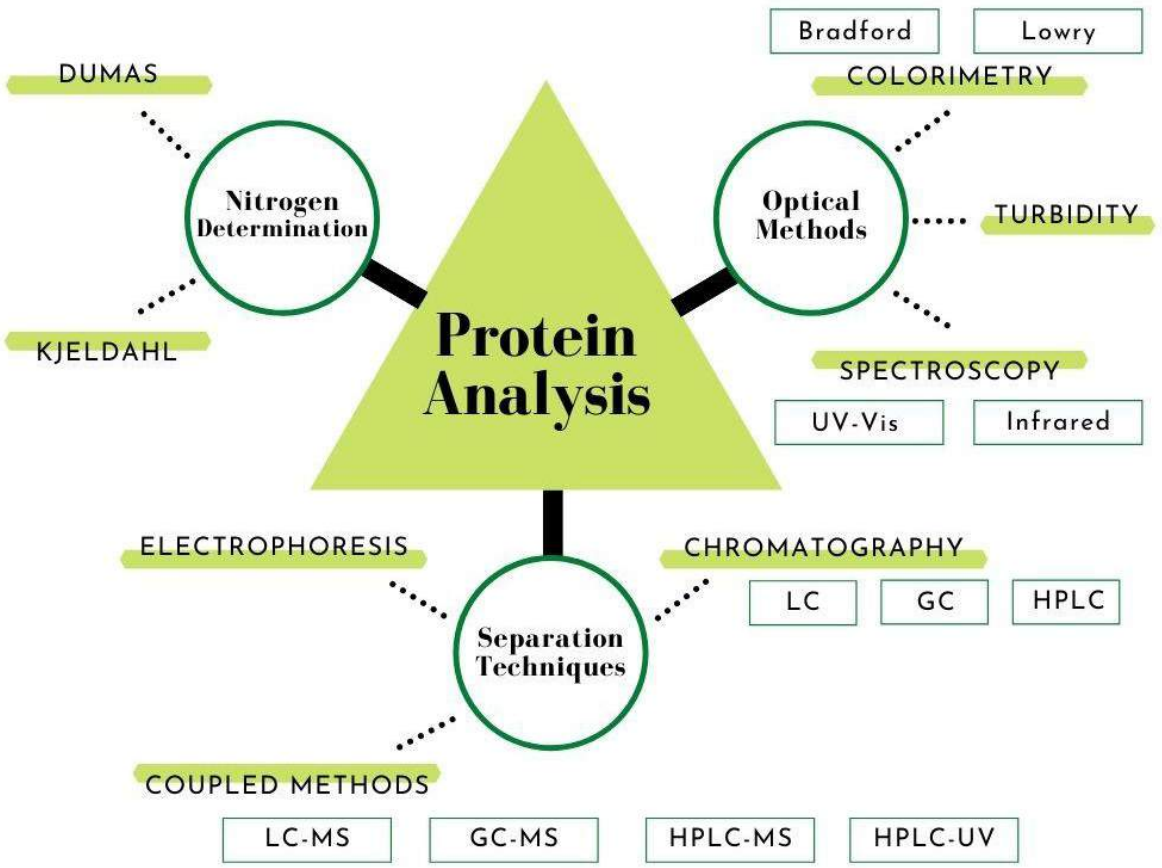


Figure 01: Scheme of analytical methodologies for proteins in milk.

Source: Own elaboration (2021).

Total protein determination carried out by mid-infrared (MIR) and near-infrared (NIR) vibrational spectroscopy have been largely applied and are alternatives to the use of corrosive reagents and long waiting periods for chemical reactions. On the other hand, there are still technological demands associated with the application of these methodologies due to the cost of equipment and the need to build multivariate calibration models (MCSWEENEY and FOX, 2013). For milk proteins, the fundamental vibrations of molecules that interact with infrared energy occur over a wide range of the spectrum. The absorbed radiation is represented through a NIR or MIR spectrum. At 1550 cm-1 is possible to identify a band corresponding to the amide II peptide bond absorption, derived from C-N and N-H bonds vibration (FUQUAY et al., 2011).

Electrophoresis techniques, such as in polyacrylamide gel (PAGE) and capillary electrophoresis (CE), can be effective in determining proteins that have different molecular weights or charges. Meanwhile, Urea-PAGE techniques are unable to separate αs2-casein and κ-casein, due to the calculation of molecular mass, and whey proteins appear only as spots on the gel (SHARMA et al., 2021).

High performance liquid chromatography (HPLC) methods can be used to separate and characterize proteins from their interaction with ions or water. This is an optimized column liquid chromatography technique with some known types of separation methods, such as ion exchange and reverse-phase (CECCHI, 2007). Ion exchange chromatography (IE-HPLC) has shown good results separating milk caseins due to the interaction of their phosphorylation sites with the charged matrix, as also whey protein fractions, that have been isolated from dairy matrix with cation exchanger method (MCSWEENEY and FOX, 2013; BORDIN et al., 2001). Reverse-phase chromatography (RP-HPLC), in turn, has already shown accuracy in separation and quantification of β-casein peptide residues coupled to UV-Vis method (ASLEDOTTIR et al., 2019). The HPLC methods are useful to separated milk proteins before quantification, that is commonly applied attached to optical techniques, as UV spectrophotometry, infrared spectroscopy and mass spectrometry.

Mass spectrometry (MS) is also an effective method for determination of proteins constituent molecules, based on their different m/z ratios. The MS technique allows the realization of experiments in sequence (*tandem* mode), through the use of independent or multiple analyzers, coupled to other separation methods, such as gas chromatography (GC-MS) and HPLC-MS, combining advantages such as high selectivity and separation efficiency (CHIARADIA et al., 2008). In milk protein detection, MS can be performed to measure the molecular mass of peptides fractions as well to determine additional structural parameters, such as amino acid sequence, attachment site and type of post-translational modifications. Electrospray ionization (ESI) and Matrix Assisted Laser Ionization/Desorption (MALDI) are common ion sources applied, and Ion Trap (IT) and Time-Of-Flight (TOF) mass analyzers are the most used equipment for these purposes (CUNSOLO et al., 2011; OLIVER, 2011).

The use of GC-MS and LC-MS in samples of commercial, pasteurized and UHT bovine milk, has already been used successfully for identify metabolites and differentiate the production system of these matrices (BOUDONCK et al., 2009). According to Broadbent et al. (2021), some studies have already sought to analyze the content of β-casein in bovine milk, from the application of LC-MS, both to characterize and to quantify the protein's different genetic variants. Through the developed methodologies, authors were able to separate the proteins in the spectral response, build calibration curves with high accuracy from the sum of different β-casein variants, and identify species with different glycosylated forms (FUERER et al., 2020; DUARTE-VÁZQUEZ et al., 2017).

Protein content of organic and conventional milk among studies

A summary of the analytical method presented in different studies to determine protein content in organic and conventional milk is presented in Table 01. The selected studies cover a period of 19 years (2002-2021). The majority were carried out in European countries and only 2 studies reported data from Latin America and Asia. Among the methods used in organic and conventional milk protein analysis, 80% of the studies applied vibrational spectroscopy.

A great number of the studies presented lower content of protein in organic milk samples, or not significantly different value compared to conventional milk. All of them used vibrational spectroscopy methods for the measurement, serving as a rapid and wide applicable technique.

Using raw samples collected from bulk tanks, Toledo et al. (2002) did not observe significantly different protein content between organic and conventional milks, with values in the range of 3.37%, independently from herd size. Olivo et al. (2005) collected raw milk samples from conventional and organic farms in the southeastern of Brazil and the protein determination was carried with MIR method. In the research, the total protein content in organic milk was lower than in the product from conventional farms. The same characteristic was observed years later by Tzamaloukas et al. (2014), where the protein content in bovine, caprine and ovine milks was determined by thermo-optical method. Total protein amount in bovine and goat organic milk samples was lower than the conventional product. The study of Kourimská et al. (2014) also observed significantly low protein content in organic milk, with differences observed among the periods of collection. Authors suggested that the use of breeds with potential to produce milk with a higher protein content, such as Jersey cows, could compensate the results observed in the organic product.

Table 01: Total protein content in different studies with organic and conventional bovine milk.

Reference	Region	Animal diet	Analytical method	Protein content (g 100g-1)	
				CONV	ORG
TOLEDO et al. (2002)	Sweden	Silage, hay and up to 40% dry matter concentrate	MIR Spectroscopy	*Herd A* 3,38 ± 0,08 *Herd B* 3,37 ± 0,06	*Herd A* 3,36 ± 0,08 *Herd B* 3,39 ± 0,08
OLIVO et al. (2005)	Brazil	Natural pasture	MIR Spectroscopy	2,97 ± 0,20	2,85 ± 0,20
ČUBOŇ et al. (2008)	Slovakia	-	FTIR Spectroscopy	3,39 ± 0,05	3,41 ± 0,05
BATTAGLINI et al. (2009)	Italy	Hay, concentrated diet and alpine pasture	FTIR Spectroscopy	*Pasture* 3,42 ± 0,04 *Indoor* 3,30 ± 0,04	*Pasture* 3,31 ± 0,04 *Indoor* 3,19 ± 0,04
KUCZYŃSKA et al. (2012)	Poland	Grasses and legumes, corn and grass silage and concentrate	FTIR Spectroscopy	*Pasture* 3,22 ± 0,60 *Indoor* 3,32 ± 0,50	*Pasture* 3,03 ± 0,70 *Indoor* 3,39 ± 0,70
KOUŘIMSKÁ et al. (2014)	Czech Republic	-	FTIR Spectroscopy	3,33 ± 0,17	3,28 ± 0,18
KUCEVIC et al. (2016)	Serbia	*Conventional* Corn silage, alfalfa, straw and supplements *Organic* Grass and clover forage	MIR Spectroscopy	3,43 ± 0,30	3,53 ± 0,37
PETROV et al. (2016)	Turkey	*Conventional* Corn silage, hay, beets and carrots *Organic* Hay, cereals, corn silage and corn	Kjeldahl	*Spring* 3,04 ± 0,13 *Summer* 3,04 ± 0,33 *Autumn* 2,94 ± 0,13	*Spring* 2,94 ± 0,63 *Summer* 3,31 ± 0,13 *Autumn* 3,20 ± 0,18
QIN et al. (2021)	England	*Conventional* Pasture and raygrass silage *Organic* Grass and clover silage	FTIR Spectroscopy	3,34 ± 0,21	3,33 ± 0,21
TZAMALOUKAS et al. (2021)	Cyprus	-	Thermo-optical analyzer	3,76 ± 0,05	3,62 ± 0,05

Source: TOLEDO et al. 2002; OLIVO et al., 2005; ČUBOŇ et al., 2008; BATTAGLINI et al., 2009; KUCZYŃSKA et al., 2012; KOUŘIMSKÁ et al., 2014; KUCEVIC et al., 2016; PETROV et al., 2016; QIN et al., 2021; TZAMALOUKAS et al., 2021.

The study of Qin et al. (2021), in England, measured protein content in organic and conventional milk samples by FTIR method throughout a year. The authors presented that organic samples collected after the pasture diet period showed higher protein content compared to the conventional product, however, these differences were not significant for the mean analysis of this macronutrient. Furthermore, by the application of Isotopes analysis, the protein content showed a positive correlation with factors as grass pasture, forage and the breed of animals.

The impact of seasonal acquisition in milk total protein and protein fractions have also been identified by other authors. In the study of Kuczynska et al. (2012), raw samples were purchased for 3 months from the end of the grazing season until the beginning of the indoor feeding season. Although lower protein values were found in organic milk, the authors reported higher concentrations of β-lactoglobulin and lactoferrin in organic samples during the grazing period, identified and measured by LC-UV method. The behavior was not associated with the occurrence of mastitis in animals from this production system. Battaglini et al. (2009) also observed variations of protein and other nutritional components levels between the periods of internal feeding and grazing. The researchers linked the results to the breed of animals raised in the organic system.

Some studies observed different results, with higher protein content in organic milk samples, compared to conventional milk. All of them applied the samples collection and analysis for, at least, 8 months. Optical and Kjeldahl techniques were used for protein determination. Čuboň et al. (2008) collected raw milk samples from farms of distinct production systems in Slovakia, and the protein amount was carried with FTIR method. The authors identified that organic milk showed higher protein content than the conventional product, however this behavior did not characterize statistical difference. On the other hand, year later, Kucevic et al. (2016) reported significantly higher protein values in organic milk and, although the analyzes were carried out at different time periods, it was suggested that several factors could have contributed to the unusual behavior, such as diet, breed, number and duration of lactations, daily production volumes and season. The authors concluded that the amount of protein in raw organic milk could have been derived from greater access to degradable carbohydrates in the animals' diet, as well as from the consumption of forages with a high protein content in its matrix. Recently, seasonal interferences were also described by Petrov et al. (2019), in the study of dairy management on milk quality parameters. In the research, the total protein content was measured by Kjeldahl's classic method. The organic milk showed higher amounts in summer and autumn samples, and lower amounts than conventional milk in samples collected in the spring. The authors identified that changes in diet due to grazing period resembled conventional and organic samples, moreover the indoor period and the different type of feeding method influenced the majority of the nutrients content.

FINAL CONSIDERATIONS

Although the production system is one of the main factors that contributes to differences in milk quality and yield, the organic matrix, in most of the evaluated and published studies, does not differ from total protein content on conventional product. Literature suggests that the most important factors that interferes total milk protein content are diet composition, climate and animal breed. Optical techniques are widely applied to protein content determination because of their chemical specificity and speed, being used along with colorimetric assays (such as Bradford and Lowry) and separation methods. Protein fractions, peptides and amino acids separation are mainly carried out by chromatographic procedures, often coupled with infrared instruments and mass analyzers.

The comparison of conventional and organic milk production systems is still difficult to be reproduced due to the large number of factors that interfere with the variability of the products. The use of optical analytical methods together with the standardization of breeds, animal diets and lactation stages are possible facilitators to study the differences in both milks' protein content. In addition, studies with protein fractions using techniques coupled to MS and HPLC have been shown to be useful for future researches that relate the different production systems.

REFERENCES

ALKON, A. H. The socio-nature of local organic food. **Antipode**, v. 45, n. 3, p. 663-680, 2013.

ASLEDOTTIR, T. et al. Degradation of β-casomorphin-7 through in vitro gastrointestinal and jejunal brush border membrane digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 10, p. 8622-8629, 2019.

BATTAGLINI, L. M. et al. Comparing milk yield, chemical properties and somatic cell count from organic and conventional mountain farming systems. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. SUPPL. 2, p. 384-386, 2009.

BORDIN, G. et al. Identification and quantification of major bovine milk proteins by liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 928, n. 1, p. 63-76, 2001.

BOUDONCK, K. J. et al. Characterization of the biochemical variability of bovine milk using metabolomics. **Metabolomics**, v. 5, n. 4, p. 37-–386, 2009.

BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA No 76, de 26 de Novembro de 2018, aprova os Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A**, 2018.

CABRITA, A. R. J. et al. Effects of dietary protein and starch on intake, Milk production, and milk fatty acid profiles of dairy cows fed corn silage -based diets. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1429-1439, 2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. 2. ed. [s.l: s.n.].

CHIARADIA, M. C.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. O estado da arte da cromatografia associada à espectrometria de massas acoplada à espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos. **Química Nova**, v. 3, p. 623-636, 2008.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a Métodos Cromatográficos.** Campinas. Editora Unicamp, 1997.

COULTATE, T. P. **Food: The Chemistry of its Components**. 4. ed. [s.l.] RSC, 2002.

ČUBOŇ, J. et al. The raw milk quality from organic and conventional agriculture. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 56, n. 5, p. 25-30, 2008.

CUNSOLO, V. et al. Applications of mass spectrometry techniques in the investigation of milk proteome. **European Journal of Mass Spectrometry**, v. 17, p. 305-320, 2011.

DUARTE-VÁZQUEZ, M. et al. Production of Cow's Milk Free from Beta-Casein A1 and Its Application in the Manufacturing of Specialized Foods for Early Infant Nutrition. **Foods**, v. 6, n. 7, p. 50, 2017.

FUERER, C. et al. Protein fingerprinting and quantification of β-casein variants by ultra-performance liquid chromatography–high-resolution mass spectrometry. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 1193-1207, 2020.

FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2. ed. London, UK: Elsevier Ltd, 2011.

GRACIA, A.; LOUREIRO, M. L.; NAYGA, R. M. Consumers' valuation of nutritional information: A choice experiment study. **Food Quality and Preference**, v. 20, n. 7, p. 463-471, 2009.

JOHANN, L.; DALMORO, M.; MACIEL, M. J. **Alimentos orgânicos: dinâmicas na produção e comercialização**. Lajeado: UNIVATES, 2019.

KOUŘIMSKÁ, L. et al. Quality of cows' milk from organic and conventional farming. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 32, n. 4, p. 398-405, 2014.

KUCEVIC, D. et al. Composition of raw milk from conventional and organic dairy farming. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 32, n. 2, p. 133-143, 2016.

KUCZYŃSKA, B. et al. Differences in whey protein content between cow's milk collected in late pasture and early indoor feeding season from conventional and organic farms in Poland. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 14, p. 2899-2904, 2012.

LIMA, S. K. et al. **Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Texto para discussão/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>.

MACH, H.; MIDDAUGH, C. R. Ultraviolet spectroscopy as a tool in therapeutic protein development.. **J Pharm Sci.**, v. 100, n. 4, p. 1214-1227, 2011.

MAGKOS, F.; ARVANITI, F.; ZAMPELAS, A. Organic food: Buying more safety or just peace of mind? A critical review of the literature. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 1, p. 23.56, 2006.

MAPA. **Portaria no 52, de 15 de Março de 2021, que estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção.** Brasil, 2021.

MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. **Advanced Dairy Chemistry Volume 1A: Proteins**. 4. ed. [s.l.] Springer, 2013.

NIELSEN, S. S. **Food Analysis**. 4. ed. [s.l.] Springer, 2010.

OLIVER, C. M. Insight into the glycation of milk proteins: An ESI-and MALDI-MS perspective. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 5, p. 410-431, 2011.

OLIVO, C. J. et al. Composition and somatic cell count of milk in conventional and agro-ecological farms: A comparative study in Depressão Central, Rio Grande do Sul state, Brazil. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17, n. 6, 2005.

PASSOS, M. L. C.; SARAIVA, M. L. M. F. S. Detection in UV-visible spectrophotometry: Detectors, detection systems, and detection strategies. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 135, p. 896-904, 2019.

PETROV, P.; ZHUKOVA, Y.; DEMIKHOV, Y. The Effects of Dairy Management on Milk Quality Characteristics. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 4, n. 9, p. 782-786, 2016.

QIN, N. et al. Macromineral and trace element concentrations and their seasonal variation in milk from organic and conventional dairy herds. **Food Chemistry**, v. 359, 2021.

SCHWENDEL, B. H. et al. Invited review: Organic and conventionally produced milk-An evaluation of factors influencing milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 2, p. 721-746, 2015.

SELCUK, Z.; MURUZ, H. Organic Milk Versus Conventional Milk As Functional Milk. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 6, n. 3, p. 273-277, 2018.

SHARMA, N. et al. Separation methods for milk proteins on polyacrylamide gel electrophoresis: Critical analysis and options for better resolution. **International Dairy Journal**, v. 114, p. 104920, 2021.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental.** 5. ed. [s.l: s.n.].

TOLEDO, P.; ANDRÉN, A.; BJÖRCK, L. Composition of raw milk from sustainable production systems. **International Dairy Journal**, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2002.

TZAMALOUKAS, O. et al. Effect of Farming System (Organic vs. Conventional) and Season on Composition and Fatty Acid Profile of Bovine, Caprine and Ovine Milk and Retail Halloumi Cheese Produced in Cyprus. **Foods**, v. 10, n. 1016, 2021.

WALLENBECK, A. et al. Characteristics of organic dairy major farm types in seven European countries. **Organic Agriculture**, v. 9, n. 3, p. 293, 2019.

WILLER, H. et al. **The World of Organic Agriculture Statistic and emerging trends 2021**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://shop.fibl.org/de/artikel/c/statistik/p/1663-organic-world-2015.html>.

WILLIAMSON, C. S. Is organic food better for our health? **Nutrition Bulletin**, v. 32, n. 2, p. 104-108, 2007.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PANIFICAÇÃO SEM GLÚTEN: DESAFIOS NUTRICIONAIS, TECNOLÓGICOS E SENSORIAIS ESTUDADOS NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

GLUTEN-FREE BREAD-MAKING: NUTRITIONAL, TECHNOLOGICAL AND SENSORY CHALLENGES STUDIED IN THE LAST 20 YEARS

ZARDO, Franciele[1]*; KLEIN, Bruna[1];

[1]Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
*Contato: francielezardo@gmail.com

RESUMO

Hoje em dia uma crescente demanda por produtos sem glúten, alavancada por dietas destinadas ao público que possui alguma desordem relacionada e por indivíduos que optam por seguir uma alimentação sem glúten, parece ser tendência no mercado. O crescente interesse promoveu o lançamento de centenas de alimentos sem glúten, sendo esse um nicho de mercado com uma participação cada vez maior. O objetivo dessa revisão visa abordar a evolução dos estudos dentro da área de panificação sem glúten, abordando os desafios que vêm sendo estudados para melhorar aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de pães sem glúten. Foram revisados artigos das bases Scielo, CAPES, Springer, MDPI, Mendeley e PubMed publicados entre os anos de 2001 e 2021. Ainda muito recente, a panificação sem glúten evoluiu ao longo dos anos para entender o sistema sem glúten e como equilibrar ingredientes que tragam benefícios para a saúde das pessoas que consomem pães sem glúten e segue pesquisando por novos ingredientes e metodologias que permitam a criação de um pão sem glúten semelhante ao pão convencional.

Palavras-chave: Panificação sem glúten, avanços tecnológicos, novos produtos.

ABSTRACT

Nowadays, an increasing demand for gluten-free products, driven by diets targeted at the public with a related disorder or individuals who choose to follow a gluten-free diet, seems to be a trend in the market. The growing interest has promoted hundreds releases of gluten-free foods, a market niche with a growth share. The aim of this review is to address the evolution of studies within the gluten-free bread-making area, addressing the challenges that have been studied to improve nutritional, technological and sensory aspects of gluten-free breads. Articles from the Scielo, CAPES, Springer, MDPI, Mendeley and PubMed databases published between 2001 and 2021 were reviewed. Very recent, gluten-free bread-making has evolved over the years to understand the gluten-free system and how to balance ingredients that bring it benefits for the health of people who consume gluten-free breads and continues searching for new ingredients and methodologies that allow the creation a gluten-free bread similar to conventional bread.

Keywords: Gluten-free bread-making, technological advances, product development.

INTRODUÇÃO

Há alguns anos, os produtos sem glúten eram conhecidos e disponíveis apenas em lojas especializadas em alimentação saudável (MATOS; ROSELL, 2014). Atualmente, uma crescente demanda por esses produtos, alavancada por dietas destinadas ao público que possui alguma desordem relacionada e por indivíduos que optam por seguir uma alimentação sem glúten, parece ser tendência no mercado (MACHADO, 2016; MATOS; ROSELL, 2014).

O mercado de alimentos e bebidas isentos de glúten está em expansão. Machado (2016), observa que as pesquisas relacionadas à produção de pães sem glúten aumentaram a partir dos anos 2000, mesmo assim Masure et al. (2015), pontuam que o número de estudos e publicações direcionados a testar alternativas ao glúten na elaboração de pães, ainda é muito pequeno. O crescente interesse promoveu o lançamento de centenas de alimentos sem glúten, sendo esse um nicho de mercado com uma participação cada vez maior (MATOS; ROSELL, 2014).

Frente a todas as características que o glúten proporciona às massas, a obtenção de produtos sem glúten de qualidade continua sendo um desafio para tecnólogos de panificação e cereais. A ausência do glúten provoca vários prejuízos à qualidade dos produtos, devendo ser compensada com adaptações nos processos e uso de diversos ingredientes para imitar a estrutura formada por essas proteínas (ANDRADE et al., 2011; CAPRILES; ARÊAS, 2011; MACHADO, 2016; RAI et al., 2018).

As massas sem glúten são pouco coesas e pouco elásticas, difíceis de manipular, não conseguem aprisionar todo o gás gerado durante a fermentação e o forneamento, resultando em pães com problemas de sabor, textura (miolo seco, esfarelento e/ou borrachento) e aparência (baixo volume específico) e em alguns casos, menor qualidade nutricional (CAPRILES; ARÊAS, 2011; MACHADO, 2016; RAI et al., 2018).

A caracterização reológica das massas sem glúten é usualmente relacionada a indicadores de qualidade dos produtos finais e fornecem dados importantes para cientistas de alimentos, permitindo uma correta seleção de ingredientes para melhorar o produto final (MANCEBO et al., 2015).

Atualmente, os produtos isentos de glúten contém principalmente amido e são caracterizados por uma quantidade excessiva de carboidratos e quantidades reduzidas de proteínas, fibras alimentares, vitaminas e minerais, além de apresentarem aroma plano e indesejável, e serem produtos pouco palatáveis (ARENDT et al., 2011; CAMPO et al., 2016; LIU et al., 2018). Damodaran et al., (2010), explicam que alguns compostos aromatizantes se complexam com o amido devido ao aumento de viscosidade, reduzindo assim a percepção de sabores e aromas pela limitação da difusão de moléculas para a superfície.

Para melhorar o sabor e a qualidade nutricional destes produtos, vários estudos são desenvolvidos, desde o emprego de diferentes técnicas como a fermentação natural (AGUILAR

et al., 2016; CAMPO et al., 2016; CAPPA et al., 2016; CAPRILES; ARÊAS, 2014; MARIOTTI et al., 2017), uso de enzimas (DE DEUS, 2015; DLUZEWSKA et al., 2014) até o uso de farinhas não convencionais de pseudo-cereais, tubérculos e raízes e também de leguminosas (LIU et al., 2018), naturalmente isentas de glúten.

O objetivo desta revisão é abordar a evolução dos estudos dentro da área de panificação sem glúten, abordando as técnicas e matérias-primas que foram estudadas para melhorar aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de pães sem glúten.

METODOLOGIA

O presente estudo constitui-se de uma pesquisa bibliográfica qualitativa, utilizando como método a revisão de literatura, na qual realizou-se uma consulta a periódicos disponíveis nas bases Scielo, CAPES, Springer, MDPI, Mendeley e PubMed. A pesquisa foi realizada pela indexação de termos como: “gluten-free bread”, “pão” e “sem glúten”. Foram selecionados apenas artigos revisados por pares e publicados entre os anos de 2001 e 2021. Após a coleta dos artigos foi realizada uma leitura exploratória, posteriormente uma leitura seletiva e, com isso, foi possível realizar o registro das informações extraídas das fontes.

DESENVOLVIMENTO

Ao longo das pesquisas na área de panificação sem glúten, os cientistas e tecnólogos de alimentos e nutricionistas passaram e ainda passam por diferentes desafios para desenvolver produtos sem glúten que apresentam características físico-químicas e sensoriais semelhantes aos produtos elaborados com farinha de trigo. Estes desafios podem ser agrupados em três grupos:

Desafio tecnológico – imitar a estrutura de glúten

O glúten é a principal proteína formadora de estrutura na farinha, é responsável pelas propriedades elásticas e extensíveis necessárias para produzir pães de boa qualidade. Para garantir a aceitabilidade do pão sem glúten, os pães devem ter características de qualidade semelhantes aos pães convencionais (GALLAGHER et al., 2003).

A remoção deste importante componente estrutural só é possível se o substituirmos por outros compostos de ligação à água que imitam as propriedades viscoelásticas do glúten (GALLAGHER et al., 2003; GAMBUS et al., 2001).

Os estudos com o foco tecnológico, testam diferentes abordagens a fim de conseguir imitar a estrutura da rede de glúten, seja pelo emprego de hidrocolóides, enzimas, combinações de diferentes farinhas, combinações de diferentes técnicas, etc. Sempre presente nos estudos, o desafio tecnológico acompanha até mesmo as pesquisas mais recentes (BLANCO et al., 2011; CONTE et al., 2019; DEMIRKESEN et al., 2011; FRATELLI et al., 2021; GOMEZ et al., 2014;

HOUBEN et al., 2012; JUSZCZAK et al., 2012; MATOS; ROSELL, 2012; OSHEA et al., 2013; REN et al., 2020; ZANINI et al., 2012; ZARDO, 2017; ZIOBRO et al., 2012).

Os hidrocoloides são utilizados para melhorar a textura, diminuir a retrogradação do amido e prolongar a vida de prateleira dos produtos (MONTEIRO, 2013). São substâncias de longas cadeias hidrofílicas que produzem gel, seu uso primário é o espessamento ou formação de gel, mas apresentam funções secundárias de emulsificação, estabilização e suspensão (DE DEUS, 2015). Autores como Gallagher et al. (2003), Gambus et al. (2001), Gambus et al. (2007), e McCarthy et al. (2005) investigaram o emprego de diferentes hidrocoloides para imitar a estrutura do glúten, obtendo bons resultados. Ainda McCarthy et al. (2005) concluíram que o nível de água e o nível de hidrocoloide possuem interação significativa sobre a estrutura do miolo.

Após o entendimento do papel de hidrocoloides no sistema sem glúten para imitar a rede de glúten, os estudos após 2005 passam a avaliar o emprego de enzimas, sourdough e citam outros desafios tecnológicos, por exemplo: desenvolver uma massa moldável, melhorar a retenção de gás na massa para evitar o colapso da estrutura antes e após o assamento (RAKKAR, 2007), aumento da vida de prateleira e também começam a citar aspectos sensoriais tais como aromas, porém ainda pouco explorados (MORONI et al., 2009).

As enzimas são frequentemente adicionadas para melhorar as propriedades da massa, a qualidade e a vida útil do pão. Dependendo da atividade enzimática, a capacidade de retenção de água, retrogradação e maciez do miolo são alteradas. As mais comumente estudadas nas produções sem glúten são as amilases, ciclodextrina glicosiltransferases e transglutaminase (CAPRILES; ARÊAS, 2014; MACHADO, 2016).

Autores como De Deus, (2015), Dluzewska et al., (2014), Gusmão et al., (2019), Marco e Rossell (2008); Mohammadi et al., (2015), Moore et al., (2006), Pongjaruvat et al., (2014), Shin et al., (2010), Storck et al., (2009), estudaram o uso de enzima transglutaminase para a formação de rede estável de proteínas. Concluindo que os pães sem glúten tendem a ter uma qualidade geral maior com a formação de uma rede estável de proteínas. No entanto, Torsten e Aaron (2018) alertam acerca da segurança da elaboração de produtos destinados ao público celíaco empregando a transglutaminase. Devido ao fato da transglutaminase imitar funcionalmente a transglutaminase tecidual endógena, conhecida por ser o autoantígeno que desencadeia a doença celíaca. Uma vez que enzimas são classificadas como coadjuvantes de tecnologia e não possuem obrigatoriedade de serem listadas nos rótulos dos alimentos, os autores fazem um apelo sobre aumentar a conscientização das autoridades reguladoras, comunidades acadêmicas e o público em geral sobre usar ou consumir produtos que empregam transglutaminase.

Rakkar (2007) focou seu estudo em encontrar a combinação das diferentes farinhas, proteínas suplementares, amidos, hidrocolóides e enzimas para produzir um pão sem glúten comercial bastante semelhante a um pão convencional. Após 124 testes, a formulação alcan-

çada equilibra 2,64% de hidrocolóide, 7% psillyum, 0,14% enzima transglutaminase, 0,014% enzima lipase e 0,014% enzima alfa amilase. Já Aprodu e Banu (2015), investigaram o uso de enzima glicose oxidase e como ela influencia a reologia de pães com base em farinha de milho, identificando que o uso da enzima favoreceu a expansão da massa durante o forneamento, resultando no aumento do volume específico dos pães.

Desafio nutricional – melhorar o teor de fibras e macronutrientes

Embora as características nutricionais já fossem citadas em estudos (DE LA PARRA et al., 2007; ZANDONADI, 2006), ao final da primeira década dos anos 2000, os estudos na panificação sem glúten crescem na investigação de alternativas para melhorar a qualidade nutricional dos produtos que até então eram elaborados com base em farinhas e amidos refinados. Após 2009 o foco dos estudos passa ser direcionado a alimentos/farinhas funcionais e fibras para melhorar deficiências nutricionais desses produtos. Dessa forma, começam a surgir os desafios nutricionais, unido ao desafio tecnológico.

As farinhas funcionais, tais como: amaranto, quinoa, trigo sarraceno, farinha de chia, farinha de castanhas, farinha de feijão branco, sorgo, teff, alfarroba, grão de bico, tremoço, banana, linhaça, maracujá, soja, bagaço de laranja, sementes de morango, sementes de groselha preta, uva, entre outras farinhas naturalmente sem glúten são estudadas a fim de contribuir para a melhoria nutricional dos pães, com seus potenciais antioxidantes, redução de carboidratos, aumento no teor de proteínas, lipídeos e minerais (ALENCAR et al., 2015; ALVAREZ-JUBETE et al., 2009; ANDRADE et al., 2011; CASTILLEJOS et al., 2018; DEMIRKESEN et al., 2011; HAGER; ARENDT, 2013; KORUS et al., 2011; MELINI et al., 2017, OSHEA et al., 2013; PEREIRA et al., 2013; RINALDI et al., 2017; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010; SANDRI et al., 2017; SANTANA et al., 2017; SCHOBER et al., 2005, STEFFOLANI et al., 2014; TURKUT et al., 2016; VELÁZQUEZ et al., 2012).

Já o efeito benéfico exercido na saúde pelas fibras vem sendo amplamente estudado, até agora sabe-se que o consumo recomendado promove a diminuição dos níveis de colesterol e a taxa de absorção da glicose pós-prandial. Certas doenças como hipertensão, diabetes, hipercolesterolemia, desordens gastrointestinais e doenças cardiovasculares podem ser evitadas ou reduzidas, com o consumo de fibras (STAFFOLO et al., 2004). Na elaboração de alimentos, o efeito benéfico das fibras dietéticas se deve à hidrofilia que aumenta a absorção da água, o tempo de desenvolvimento da massa e o índice de tolerância à mistura. Todavia, em grandes quantidades, provoca a perda da capacidade de retenção de gás e reduz o volume das massas (ZANDONADI, 2006).

Sabanis et al., (2009) e Saueressig et al. (2016) estudaram diferentes fibras, mostrando o potencial desenvolvimento de pães enriquecidos, uma vez que pacientes celíacos geralmente tem uma baixa ingestão de fibras em decorrência da dieta sem glúten. Capriles e Arêas (2013), avaliaram a resposta glicêmica de pães adicionados com inulina, enquanto CAPPA et al. (2013),

Fratelli et al. (2018), Fratelli et al. (2021), MANCEBO et al. (2015) e Zandonadi (2006), estudaram pães elaborados com psyllium. Já Martínez et al. (2014) e Zardo (2017) avaliaram o uso da fibra de bambu em pães.

Estudos mais recentes testam ingredientes pouco convencionais, como grilo em pó (KOWALCZEWSKI et al., 2021), farinha de bolota (MARTINS et al., 2020), cânhamo (KORUS et al., 2017), pólen de abelha (CONTE et al., 2017) e fibra de casca de café (RIOS et al., 2020), se mostrando promissores na melhora do valor nutricional dos pães sem glúten.

Desafio sensorial – melhorar aromas e aspectos visuais

O desafio sensorial acompanha diversos estudos tecnológicos e nutricionais. Em um primeiro momento focado em características como textura, maciez e aceitação global (FRATELLI et al., 2021; MARTINS et al., 2020; MORONI et al., 2009; PEREIRA et al., 2013; RAKKAR, 2007; SABANIS et al., 2009). Contudo, características como aroma e sabor passaram a ser estudados com mais ênfase nos últimos 10 anos. Com isso, os estudos passam a avaliar compostos voláteis e testam novas técnicas que contribuam para a sua formação (PACYNSKI et al., 2015; PICO et al., 2017).

O fermento natural é uma mistura de farinha, água e outros ingredientes, que é fermentada por bactérias e leveduras ácido-láticas, e que podem melhorar a textura, sabor, aroma, valor nutricional e prazo de validade do pão (CAPRILES; ARÊAS, 2014). Aguilar et al. (2016), destacam que o fermento natural desempenha um papel importante na panificação: melhora a retenção de gás carbônico e a textura, prolonga a vida útil (substâncias antimicrobianas), enriquece a qualidade nutricional e melhora o perfil sensorial como um todo. Campo et al. (2016) afirmam que a contribuição positiva do fermento natural pode ser explorado para a produção de pão sem glúten de alta qualidade a partir de vários cereais e pseudocereais sem glúten. A técnica vem sendo amplamente estudada até os dias atuais. Além disso, a fermentação natural também parece ser uma abordagem promissora para melhorar a qualidade do aroma dos pães, pois os pães sem glúten exibem um aroma plano e indesejável (CAMPO et al., 2016).

Aguilar et al. (2016), Campo et al. (2016), Cappa et al. (2016), Mariotti et al. (2017), Moore et al. (2007), Novotni et al. (2012), Rinaldi et al. (2017), Shumoy et al. (2018) e Wolter et al. (2014) buscaram compreender como a técnica sourdough influencia a reologia das massas, bem como a qualidade tecnológica dos pães, identificando que a acidificação da massa do pão, tem um impacto direto sobre os componentes formadores de estrutura.

Pacynski et al. (2015) visaram aumentar o aroma de pães sem glúten através da identificação de precursores da reação de Maillard que ocorre naturalmente em pães convencionais, de forma a enriquecer as formulações sem glúten com esses precursores. Concluindo que a diferença mais importante no perfil de compostos voláteis era a falta de pirazinas. Ao adicionarem precursores de aroma da reação de Maillard na massa antes de assar, como um par de prolina e glicose, os autores obtiveram um produto com aroma muito

melhorado e aceitável para ser produzido.

Pico et al. (2017), investigaram a geração de compostos voláteis em pães elaborados com farinhas de: milho amarelo e milho branco, arroz, aveia, teff, trigo sarraceno, amaranto e quinoa e amidos de: trigo, milho e fécula de batata. Concluindo que os principais compostos voláteis foram encontrados em todas as amostras e que o tipo de farinha ou amido, apenas influencia a concentração dos compostos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda muito recente, a panificação sem glúten evoluiu ao longo dos anos para entender como equilibrar ingredientes e diferentes técnicas para desenvolver os produtos. Os avanços ao longo dos últimos 20 anos destacam a importância do enriquecimento desses produtos com fibras, fontes proteicas e outros microelementos.

Apesar dos diferentes obstáculos que cientistas e tecnólogos de alimentos e cereais enfrentam no desenvolvimento desses pães, o desafio tecnológico é o mais presente e relacionado com os demais. O principal objetivo é desenvolver um produto semelhante em características tecnológicas, nutricionais e sensoriais que um pão de trigo apresenta e assim, seguem pesquisando por novos ingredientes e metodologias que permitam alcançar esse propósito.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, N.; ALBANELL, E.; MINÃRRO, B.; CAPELLAS, M. Chestnut flour sourdough for gluten-free bread making. **European Food Research & Technology**, v. 242, n. 10, 2016.

ALENCAR, N. M. M.; STEEL, C. J.; ALVIM, I. D.; DE MORAIS, E. C.; BOLINI, H. M. A. Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. **LWT – Food Science and Technology**, n. 62, 2015.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 2009.

ANDRADE, A. A.; COELHO, S. V.; MALTA, H. L.; JORGE, M. N. Avaliação sensorial de panificação enriquecidos com farinha de feijão branco para pacientes celíacos. **Nutrir Gerais**, v. 5, n. 8, 2011.

APRODU, I.; BANU, I. Influence of dietary fibre, water, and glucose oxidase on rheological and baking properties of maize based gluten-free bread. **Food Sci. Biotechnol**., 2015.

ARENDT, E. K.; MORONI, A.; ZANNINI, E. Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread. **Microbial Cell Factories**, 2011.

CAMPO, E.; DEL ARCO, L.; URTASUN, L.; ORIA, R.; FERRER-MAIRAL, A. Impact of sourdough on sensory properties and consumers preference of gluten-free breads enriched with teff flour. **Journal of Cereal Science**, v. 67, 2016.

CAPPA, C.; LUCISANO, M.; MARIOTTI, M. Influence of psyllium, sugar beet fibre and water in gluten-free dough properties and bread quality. **Carbohydrate Polymers**, 2013.

CAPPA, C.; LUCISANO, M.; RAINERI, A.; FONGARO, L.; FOSCHINO, R.; MARIOTTI, M. Gluten-Free Bread: Influence of Sourdough and Compressed Yeast on Proofing and Baking Properties. **Foods.** 2016.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **B. CEPPA**, v. 29, n. 1, 2011.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads. **Food & Function**, 2013.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Novel approaches in gluten-free breadmaking: interface between Food Science, Nutrition and Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, 2014.

CASTILLEJOS, G. R.; ORTEGA, , C. L.; PÉREZ, A. G.; GARCÍA, N. M.; SALAZAR, R. R. Effects of transglutaminase on the proximal and textural properties of gluten-free bread of sorghum and quinoa. **Rev. Fac. Agron.(LUZ).** 2018.

CONTE, P.; DEL CARO, A.; BALESTRA, F.; PIGA, A.; FADDA, C. Bee Polen as a functional ingredient in glute-free bread: a physical-chemical technological and sensory approach. **LWT - Food Science and Technology**. 2017.

DAMODARAN S.; PARKIN, K. L; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema.** 4ª Ed. tradução Adriano Brandelli et al. Porto Alegre: Artmed. 2010.

DE DEUS, K. O. **Qualidade de pão de forma sem glúten a base de co-produtos de arroz e soja, com hidrocolóides e ou transglutaminase.** 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

DE LA PARRA, C.; SALDIVAR, S. O. S.; LIU, R. H. Effect of Processing on the Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Corn for Production of Masa, Tortillas, and Tortilla Chips. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2007.

DEMIRKESEN I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S.Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, 2010.

DLUZEWSKA, E., MARCINIAK-LUKASIAK, K., KUREK, N. Effect of transglutaminase additive on the quality of gluten-free bread. **CyTA - Journal of Food**, v. 13, 2014.

FRATELLI, C. ; MUNIZ, D. G.; SANTOS, F. G.; CAPRILES, V. D. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: an approach to improve the bread quality and glycemic response. **Journal of Functional Foods**, 2018.

FRATELLI, C.; SANTOS, F. G.; MUNIZ, D. G.; HABU, S.; BRAGA, A. R. C.; CAPRILES, V. D. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread. **Foods**, 2021.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, 2003.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products.**Trends in Food Science & Technology**, 2004.

GAMBUS, H.; NOWOTNA, A.; ZIOBRO, R.; GUMUK, D.; SIKORA, M. The effect of use of guar gum with pectin misture in gluten-free bread. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology**, 2001.

GAMBUS, H.; SIKORA, M; ZIOBRO, R.THE EFFECT OF COMPOSITION OF HYDROCOLLOIDS ON PROPERTIES OF GLUTEN-FREE BREAD. **Acta Scientiarum Polonorum, Technol. Aliment.**, 2007.

GUSMÃO, T. A. S.; DE GUSMÃO, R. P.; MOURA, H. V.; SILVA, H. A.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M. Production of prebiotic gluten-free bread with red rice flour and different microbial transglutaminase concentrations: modeling, sensory and multivariate data analysis. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, 2019.

HAGER, A. S.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose(HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, 2013.

HAMACEK, F. R.; DELLA LUCIA, C. M.; DA SILVA, P. R.; MARTINO, H. S. D.; SANT›ANA, H. M. P.; MOREIRA, A. V. B. Valor nutricional e efeito do tratamento térmico sobre o potencial antioxidante em formulações de massa de macarrão sem glúten. **Braz. J. Food Nutr**, 2013.

KORUS, J.; JUSZCZAK, L.; ZIOBRO, R.; WITCZAK, M.; GRZELAK, K.; SÓJKA, M. DEFATTED STRAWBERRY AND BLACKCURRANT SEEDS AS FUNCTIONAL INGREDIENTS OF GLUTEN-FREE BREAD. **Journal of Texture Studies**, 2011.

KORUS, J.; WITCZAK, M.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L. Hemp (*Cannabis sativa subsp. Sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. **LWT - Food Science and Technology.** 2017.

KOWALCZEWSKI, P. L.; GUMIENNA, M.; RYBICKA, I.; GÓRNA, B.; SARBAK, P.; DZIEDZIC, K.; KMIECIK, D. Nutritional Value and Biological Activity of Gluten-Free Bread Enriched with Cricket Powder. **Molecules**, 2021.

LIU, X.; MU, T.; SUN, H.; ZHANG, M.; CHEN, J.; FAUCONNIER, M. L. Influence of different hydrocolloids on dough thermo-mechanical properties and in vitro starch digestibility of gluten-free steamed bread based on potato flour. **Food Chemistry**, v. 239, 2018.

LÓPEZ, A. C. B.; PEREIRA, A. J. G.; JUNQUEIRA, R. G. Flour Mixture of Rice Flour, Corn and Cassava Starch in the Production of Gluten-Free White Bread. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 2004.

MACHADO, A. P. O. **Novas tecnologias para obtenção de pães isentos de glúten à base de farinha de arroz e concentrado proteico de orizenina.** 129 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2016.

MANCEBO, C. M.; SAN MIGUEL, M. A.; MARTÍNEZ, M. M.; GÓMEZ, M. Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. **Journal of Cereal Science.** 2015.

MARCO, C.; ROSELL, C. M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. **Eur Food Res Technol**, 2008.

MARIOTTI, M.; CAPPA, C.; PICOZZI, C.; TEDESCO, B.; FONGARO, L.; LUCISANO, M. Compressed Yeast and Type I Gluten-Free Sourdough in Gluten-Free Breadmaking. **Food Bioprocess Technol.** 2017.

MARTÍNEZ, M. M.; DÍAZ, A.; GÓMEZ, M. Effect of diferente microstructural features os soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making**. Jounal of Food Engineering**, 142, 2014.

MARTINS, R. B.; GOUVINHAS, I.; NUNES, M. C.; PERES, J. A.; RAYMUNDO, A.; BARROS, A. I. R. N. A.

Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread. **Molecules**, 2020.

MASURE, H. G., FIERENS, E., DELCOUR, J. A. Current and forward looking experimental approches in gluten-free bread making research. **Jounal of Cereal Science.** 2015.

MATOS, M. E.; ROSELL, C. M. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. **Eur Food Res Technol.**, 2012.

MATOS, M. E.; ROSELL, C. M. Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutricional balance. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 2015.

MCCARTHY, D. F.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; SCHOBER, T. J.; ARENDT, E. K. Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread. **Cereal Chemistry**, 2005.

MELINI, F.; MELINI, V.; LUZIATELLI, F.; RUZZI, M. Current and forward-looking approches to technological and nutritional improvements of gluten-free bread with legume flours: a critical review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2017.

MOHAMMADI, M.; AZIZI, M. H.; NEYESTANI, T. R.; HOSSEINI, H.; MORTAZAVIAN, A. M. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, 2015.

MONTEIRO, S. Z. **Utilização de mesclas de farinhas de arroz, inhame e quinoa na elaboração de disco de pizza pré assado sem glúten e sem lactose.** Porto Alegre, 2013. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

MOORE, M. M.; SCHOBER, T. J.; DOCKERY, P.; ARENDT, E. K. Textural Comparisons of Gluten-Free and Wheat-Based Doughs, Batters, and Breads. **Cereal Chemistry**, 2004.

MOORE, M. M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H. M.; ARENDT, E. K. Network Formation in Gluten-Free Bread with Application of Transglutaminase. **Cereal Chemistry**, 2006.

MOORE, M. M.; JUGA, B.; SCHOBER, T. J.; ARENDT, E. K. Effect of Lactic Acid Bacteria on Properties of Gluten-Free Sourdoughs, Batters, and Quality and Ultrastructure of Gluten-Free Bread. **Cereal Chemistry**, 2007.

MORONI, A. V.; BELLO, F. D.; ARENDT, E. K. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? **Food Microbiology**, 2009.

NOVOTNI, D.; CUKELJ, N.; SMERDEL, B.; BITUH, M.; DUJMIC, F.; CURIC, D. Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough. **Journal of Cereal Science**, 2012.

OSHEA, N.; DORAN, L.; AUTY, M.; ARENDT, E.; GALLAGHER, E. The rheology, microstructure and sensory characteristics of a gluten-free bread formulation enhanced with orange pomace. **Food & Function**, 2013.

PACYNSKI, M.; WOJTASIAK, Z.; MILDNER-SZKUDLARZ, S. Improving the aroma of gluten-free bread. **LWT - Food Science and Technology**, 2015.

PEREIRA, B. S.; PEREIRA, B. S.; CARDOSO, E. S.; MENDONÇA, J. O. B.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M. P.; ZAGO, L.; FREITAS, S. M. L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra: alimentação, nutrição & saúde**, 2013.

PICO, J.; BERNAL, J. L.; GÓMEZ, M. Influence of different flours and starches on gluten-free bread aroma. **J Food Sci Technol.**, 2017.

RAI, S.; KAUR, A.; CHOPRA, C. S. Gluten-Free Products for Celiac Susceptible People. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, 2018.

RAKKAR, P. S. **Development of a Gluten-free Commercial Bread.** 88f. Thesis (Master of Applied Science) - Auckland University of Technology, Auckland, 2007.

REN, Y.; LINTER, B. R.; LINFORTH, R.; FOSTER, T. J. A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface Design and principal component analysis. **Food & Function**, 2020.

RINALDI, M.; PACIULLI, M.; CALIGIANI, A.; SCAZZINA, F.; CHIAVARO, E. Sourdough fermentation

and chestnut flour in gluten-free bread: a shelf-life evaluation. **Food Chemistry**, 2017.

RIOS, M. B.; IRIONDO-DEHOND, A.; IRIONDO-DEHOND, M.; HERRERA, T.; VELASCO, D.; GÓMEZ -ALONSO, S.; CALLEJO, M. J.; DEL CASTILLO, M. D. Effect of Coffee Cascara Dietary Fiber on the Physicochemical, Nutritional and Sensory Properties of a Gluten-Free Bread Formulation. **Molecules**, 2020.

RODRIGUES, C. M.; OLIVEIRA, V. R. UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE TRIGO SARRACENO EM ASSOCIAÇÃO COM FARINHA DE ARROZ E SOJA NA ELABORAÇÃO DE MINIPIZZAS. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, 2010.

RYBICKA, I.; DOBA, K.; BINCZAK, O. Improving the sensory and nutritional value of gluten-free bread. **International Journal of Food Science and Technology**, 2019.

SABANIS, D., LEBESI, C., TZIA, C. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. **LWT - Food Science and Technology,** n. 42, p. 1380-1389, 2009.

SANDRI, L. T. B.; SANTOS, F. G.; FRATELLI, C.; CAPRILES, V. D. Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. **Food Science & Nutrition**, 2017.

SANTANA, G. S.; FILHO, J. G. O.; EGEA, M. B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, 2017.

SAUERESSIG, A. L. C.; KAMINSKI, T. A.; ESCOBAR, T. D. Inclusão de fibra alimentar em pães isentos de glúten. **Braz. J. Food Technol.**, 2016.

SCHOBER, TL. J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S. R.; PARK, S. H.; ARENDT, E. K. Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences Among Hybrids. **Cereal Chemistry**, 2005.

SHIN, M.; GANG, D. O.; SONG, J. Y. Effects of Protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. **Food Sci. Biotechnol.**, 2010.

SHUMOY. H., BOCKSTAELE, F.; DEVECIOGLU, D.; RAES, K. Effect of sourdough addition and storage time on in vitro starch digestibility and estimated glycemic index of tef bread. **Food Chemistry.** 2018.

STAFFOLO, M. D.; BERTOLA, N. C.; MARTINO, M. A.; BEVILACQUA, Y. A. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. **International Dairy Journal**, 2004.

STEFFOLANI, E.; DE LA HERA, E.; PÉREZ, G.; GÓMEZ, M.Effect of chia (*Salvia Hispanica L*) addition on the quality of gluten-free bread. **Jounal of Food Quality**, n. 37, 2014.

STORCK, C. R.; PEREIRA, J. M.; PEREIRA, G. W; RODRIGUES, A. O.; GULARTE, M. A.; DIAS, A. R. G. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Journal of Food Technology**, II SSA, janeiro 2009.

TORSTEN, M.; AARON, L. Microbial Transglutaminase Is Immunogenic and Potentially Pathogenic in Pediatric Celiac Disease. **Frontiers in Pediatrics**, 2018.

TURKUT, G. M.; CAKMAK, H.; KUMCUOGLU, S.; TAVMAN, S. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, 2016.

VELÁZQUEZ, N.; SÁNCHEZ, H.; OSELLA, C.; SANTIAGO, L. G. Using white sorghum flour for gluten-free breadmaking. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 2012.

WOLTER, A.; HAGER, A. S.; ZANINI, E.; CZERNY, M.; ARENDT, E. K. Impact of sourdough fermented with Lactobacillus plantarum FST 1.7 on baking and sensory properties of gluten-free breads. **European Food Research & Technology**, v. 239, 2014.

ZANDONADI, R. P. **Psyllium como substituto de glúten**. Brasília, 2006. 107f. Dissertação de Mestrado em Nutrição Humana, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

ZANINI, E.; JONES, J. M.; RENZETTI, S.; ARENDT, E. K. Functional Replacements for Gluten. **Annual Reviews Food Sci. Technol**., 2012.

ZARDO, F. **Avaliação da adição de fibra de bambu em pães sem glúten**. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso, Tecnologia de Alimentos. Instituto Federal de Educação e Ciências do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2017.

ZIOBRO, R.; KORUS, J.; WITCZAK, M.; JUSZCZAK, L. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. **Food Hydrocolloids**, 2012.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PANORAMA TECNOLÓGICO DE PRODUTOS OBTIDOS A PARTIR DA CASCA DE JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*) E DA MANTEIGA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) NA FORMULAÇÃO DE COSMÉTICOS

TECHNOLOGICAL OVERVIEW OF PRODUCTS OBTAINED FROM JABUTICABA PEEL (*Myrciaria cauliflora*) AND TUCUMÃ BUTTER (*Astrocaryum aculeatum*) IN COSMETIC FORMULATIONS

SOUZA, Thais Rodrigues[1]*; MARIANO, Renata G. de Brito[2]; FREITAS, Suely Pereira[3]

[1]Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos/Universidade Federal do Rio de Janeiro; [2]Centro Federal de Educação Celso Sukow da Fonseca/Campus Petrópolis; [3]Departamento de Engenharia Química/Universidade Federal do Rio de Janeiro
*Contato: Thais_souza@eq.ufrj.br

RESUMO

A manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), além de rica em ácidos graxos saturados, como o ácido láurico, apresenta propriedades bioativas de interesse para aplicação cosmética. A casca da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*), rica em antocianinas, é subproduto abundante de sua cadeia de processamento, também apresenta propriedades de interesse para esse setor. Visando mapear a produção científica e tecnológica envolvendo o uso dessas matérias primas no setor cosmético, conduziu-se um estudo de prospecção tecnológica baseado em artigos e patentes divulgadas nos últimos 20 anos nas bases ScienceDirect, Scopus e Espacenet. Conduziu-se a busca com 5 palavras-chave e suas combinações, divididas em 2 grupos. Os dados foram tratados no Mendeley e em Excel. O programa VosViewer permitiu levantamento de principais palavras-chaves e suas ocorrências ao longo do período estudado. O mapeamento realizado indicou que das 179 patentes referentes à jabuticaba, 9% associam o uso da fruta ao termo cosmético. Quanto aos artigos científicos, dos 574 artigos levantados, apenas 61 apresentam relação da jabuticaba com aplicação cosmética, indicando como principal apelo sua composição em compostos bioativos. Os resultados obtidos associados à casca do fruto retornaram 17% dos artigos e nenhuma patente relacionados ao setor cosmético. A manteiga de tucumã retornou 3 artigos e 68 patentes, dos quais 67% e 51%, respectivamente, tratam de aplicação cosmética. Dado o exposto, entende-se que, apesar do crescente interesse industrial revelado pelo perfil de depósitos de patentes no período avaliado, constatou-se uma lacuna de estudos científicos que avaliem os potenciais usos na indústria de cosméticos das matérias primas estudadas.

Palavras-chave: Casca de jabuticaba, cosmético, manteiga de tucumã, prospecção tecnológica.

ABSTRACT

The Tucumã butter (*Astrocaryum aculeatum*), besides being rich in saturated fatty acids, such as lauric acid, contains bioactive properties of interest for cosmetic applications. The Jaboticaba peel (*Myrciaria cauliflora*), rich in anthocyanins and an abundant byproduct of its processing chain, also presents interesting properties for this sector. Aiming to map the scientific and technological production involving the use of these raw materials in the cosmetic sector, a study of technological prospection was conducted, based on articles

and patents published in the last 20 years in ScienceDirect, Scopus and Espacenet. Five keywords and their combinations, divided into 2 groups. were used for this purpose The data were processed in Mendeley and Excel. The VosViewer program allowed a survey of the main keywords and their occurrences throughout the studied period. The mapping performed indicated that of the 179 patents and 574 articles referring to jaboticaba, 9% and 11%, respectively, presented a relation between jaboticaba and cosmetic application, indicating as the main appeal its composition of bioactive compounds. The results obtained associated with the fruit peel returned 17% of the articles and no patent related to the cosmetic sector. The tucumã butter returned 3 articles and 68 patents, of which 67% and 51%, respectively, deal with cosmetic application. This work shows that, despite the growing industrial interest revealed by the profile of patent deposits in the evaluated period, there is a gap of technological studies that evaluate the potential uses of these raw materials in the cosmetics industry.

Keywords: Cosmetic, Jaboticaba peel, Technological prospecting, Tucumã butter.

INTRODUÇÃO

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) é um fruto nativo da Amazônia que possui duas frações lipídicas, o óleo encontrado na polpa e a gordura na castanha. O óleo é usado na formulação de alimentos, enquanto a gordura tem potencial aplicação nos setores alimentício e cosmético. A manteiga de tucumã apresenta um elevado teor de ácidos graxos saturados (cerca de 80%), sendo o ácido láurico o majoritário (cerca de 50%). Esse, usado como agente de limpeza, facilita a permeação de ativos através da pele quando associado a produtos cosméticos (Araujo et al., 2005).

A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) é um fruto nativo do Brasil cuja produção se concentra nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo, que, em 2018, produziu cerca de 2 mil toneladas do fruto (IEA, 2019). O potencial econômico do fruto pode ser explicado por seu alto consumo in natura e pelo processamento no setor farmacêutico e alimentício.

A casca da jabuticaba representa até 43%, em peso seco, do fruto (Resende; Oliveira; França, 2020). Durante seu processamento para obtenção de suco e geleia, a casca é, geralmente, descartada. Entretanto, essa parte do fruto é rica em antocianinas, compostos com comprovada atividade antioxidante. Segundo dados reportados na literatura, o teor de antocianinas nas cascas de jabuticaba é superior aos valores presentes em frutos como açaí, pitanga roxa e uva. A aplicação tópica desse composto reduz os danos oxidativos induzidos pela radiação UV, sendo, portanto, uma boa alternativa na proteção da pele contra o fotoenvelhecimento (Benvenutti, 2021; Meira et al., 2016).

Considerando o tradicional uso de plantas ricas em compostos bioativos em formulações cosméticas combinado com o atual incentivo por produtos e processos sustentáveis, esta pesquisa visa identificar a produção científica e tecnológica envolvendo o uso da casca da jabuticaba e a manteiga de tucumã na formulação de cosméticos.

METODOLOGIA

O mapeamento foi realizado a partir da base de dados de artigos científicos ScienceDirect e Scopus, para se obter um panorama mais amplo de produção científica. As patentes foram analisadas usando-se a base Espacenet, organizada e administrada pelo European Patent Office (EPO).

As palavras-chave e suas combinações foram divididas em 2 grupos: um referenciando-se à Jabuticaba e outro à manteiga de Tucumã. Para o segundo grupo, foi feito um levantamento de qual(is) seria(m) o(s) termo(s) mais assertivos para realização da pesquisa. Entre os termos avaliados estavam: “tucumã butter”, “tucumã” and “butter”, “tucumã fat”, “tucumã” and “fat” e “tucumã kernel fat”. Ademais, o termo “cosmetic” também foi utilizado para associação do fruto ao setor de interesse. A palavra-chave “tucumã” foi usada para avaliar qual seria o setor de maior aplicação do fruto a partir dos artigos obtidos. Quanto ao primeiro grupo, as palavras-chave utilizadas na busca de artigos foram: “jabuticaba”, “peel” e “cosmetics”.

Os documentos foram pesquisados usando as palavras-chave no “título” e/ou “resumo” utilizando-se o operador booleano “AND”. Para tratamento dos dados foram utilizados os softwares Mendeley e Microsoft Excel. O programa VosViewer permitiu levantamento de principais palavras-chaves e suas ocorrências ao longo do período estudado (2000 a 2021).

Para a busca por patentes considerou-se as palavras-chave anteriormente citadas, o nome científico das frutas e o termo “residue” para maior precisão do resultado obtido com as cascas de jabuticaba. O operador booleano “OR” foi usado para associar esses termos às matérias-primas de interesse e ao termo “peel”. O mesmo operador permitiu associação dos termos “butter” e “kernel fat” quando na pesquisa envolvendo o fruto de tucumã. O operador “AND” foi utilizado para ligar as palavras-chave no campo de busca avançada. O operador de truncagem “*” foi usado em “cosmetic” para que a busca contemplasse mais caracteres.

DESENVOLVIMENTO

Seleção de palavras-chave

Na literatura, as expressões em inglês, “tucumã kernel fat” e “tucumã butter” são usadas para se referir à manteiga de tucumã. Na Tabela 01 apresenta-se os resultados de artigos científicos e patentes levantados com uso de diferentes expressões que fazem alusão ao tucumã e sua gordura.

Tabela 01: Levantamento de artigos científicos e patentes com termo “tucumã”.

Palavras-chave	Artigos	
	Scopus	ScienceDirect
Tucumã	105	275
“Tucumã butter”	1	0
“Tucumã” and “butter”	5	?
“Tucumã fat”	1	0
“Tucumã” and “fat”	7	69
“Tucumã kernel fat”	0	2

Fonte: Própria (2021).

Apesar do termo “” tucumã” and “fat”” ter retornado maior número de trabalhos, a análise dos artigos resultantes mostrou que o termo “fat”, quando não relacionado à composição de ácidos graxos de óleos vegetais, referenciava metodologias analíticas para caracterização química de lipídios. O resultado da análise das palavras-chave “Tucumã” and “butter”, não foi diferente. O termo “butter” fazia alusão ou à manteiga utilizada na alimentação humana, ou à manteiga de cacau, a qual pode ser substituída por gorduras ricas em ácido láurico, como a de tucumã.

Neste cenário, ficou evidente a carência de trabalhos acadêmicos que contemplem estudos de aplicação e caracterização da gordura de tucumã nos mais variados setores da indústria. Mesmo com utilização de termos distintos, em ambas as plataformas, os artigos resultantes não a contemplam em seus escopos. Com base nesses resultados e no *International Nomeclature Cosmetic Ingredient*, definiu-se a pesquisa pelo termo “Tucumã butter” e “Tucumã kernel fat”.

Durante essa etapa, usou-se o programa VosViewer para avaliar as diferentes palavras-chaves fornecidas pelos autores dos trabalhos envolvendo o fruto do tucumã, ilustradas na Figura 01.

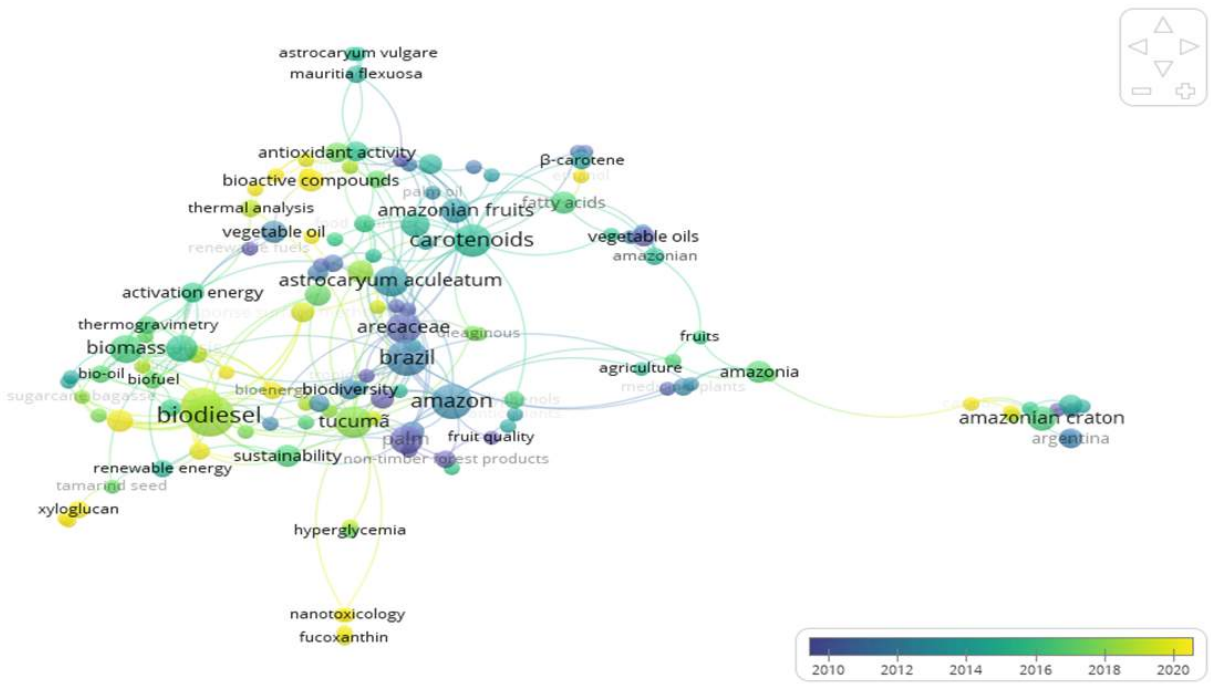


Figura 01: Palavras-chaves referentes ao fruto tucumã e sua distribuição ao longo de 20 anos.

Fonte: Própria (2021).

Nota-se que o setor de bioenergia é o que mais investiu no desenvolvimento de tecnologias a partir do tucumã. Outros objetos de estudo que vêm ganhando relevância nos últimos 5 anos são os compostos bioativos, transesterificação, e sustentabilidade. Neste contexto, estender os estudos envolvendo o fruto do tucumã para aplicação em outros setores, tal como cosmético, é um campo fértil para ser explorado.

Levantamento prospectivo de artigos envolvendo a Jabuticaba

Na Figura 02 apresenta-se o levantamento prospectivo dos artigos envolvendo o fruto jabuticaba. É perceptível o aumento em trabalhos envolvendo a jabuticaba ao longo do período estudado. Ademais, é possível observar a assimetria de resultados quando se associa o uso da casca da fruta e a carência de estudos envolvendo uso do fruto no setor cosmético. Nota-se que estudos envolvendo esse setor representam 11% dentro do conjunto de trabalhos com tema jabuticaba. Adicionalmente, observa-se que estudos relacionados à casca do fruto representam 44% do total de trabalhos no conjunto “A” e, desses, 43 relacionam-se ao setor cosmético, sendo 42% de origem brasileira.

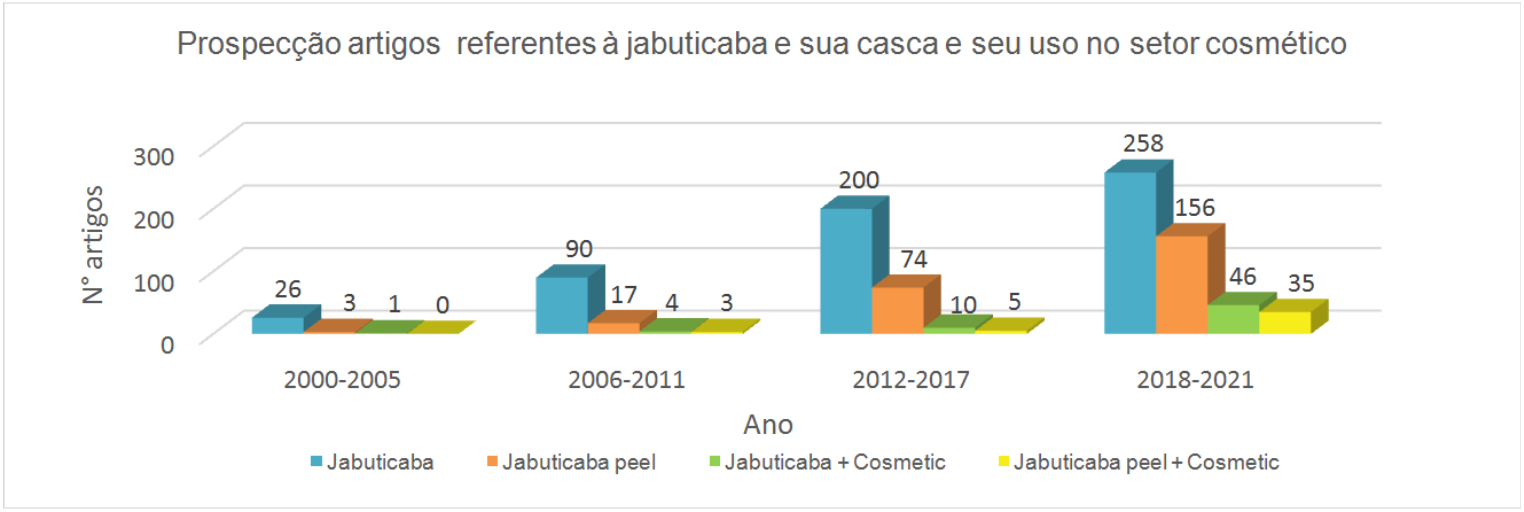


Figura 02: Prospecção artigos referentes à jabuticaba e sua casca e seu uso no setor cosmético.

Fonte: Própria (2021).

O Brasil foi o país que mais publicou artigos envolvendo o uso do fruto de jabuticaba e seu resíduo no setor cosmético. No caso da palavra-chave “Jabuticaba”, o país foi responsável pela elaboração de mais de 40% dos artigos levantados; enquanto que no caso de sua combinação com o termo “casca”, foi responsável pela produção de 42% dos trabalhos. O periódico com maior número de publicações foi o Food Research International, que em 2020, apresentava impact factor 6,475 e qualis A1.

Usando-se o programa Vosviewer pode-se avaliar as conexões entre palavras chave e sua ocorrência ao longo dos 20 anos. Como pode ser visto na Figura 03, escopos envolvendo compostos fenólicos, termos relacionados à saúde (como obesidade), atividade antioxidante e compostos bioativos são os mais estudados nos últimos 4 anos.

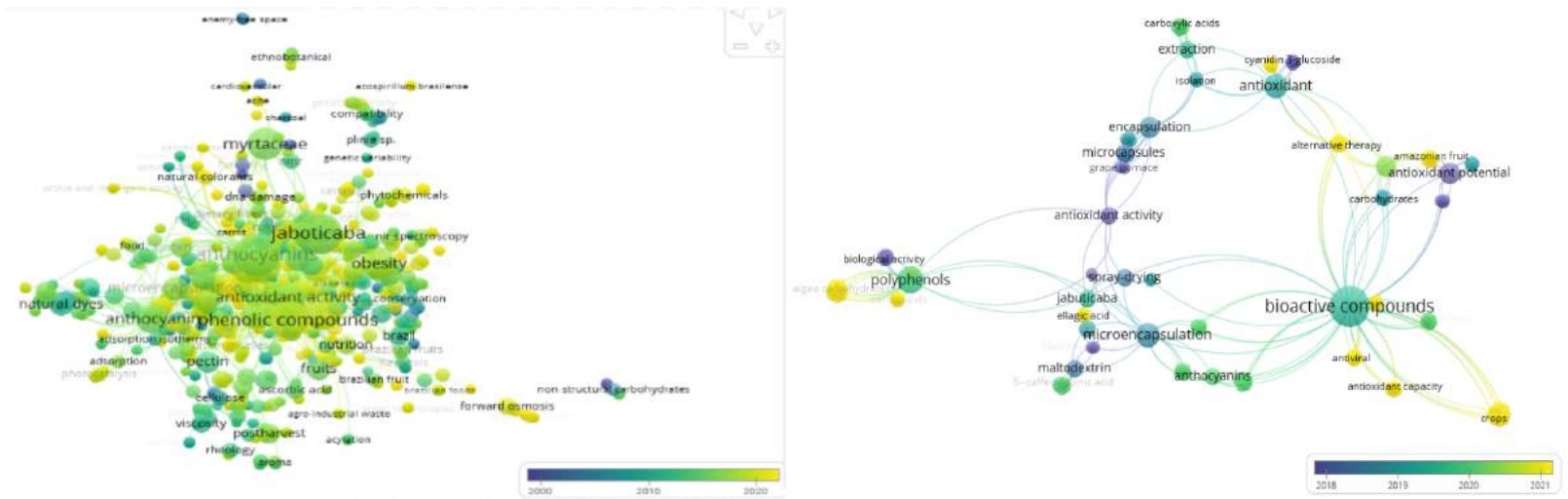


Figura 03: Palavras-chaves referentes a artigos relacionados ao fruto jabuticaba e sua casca, respectivamente, e sua distribuição ao longo do tempo.

Fonte: Própria (2021).

A análise no VosViewer mostra que o microencapsulamento de derivados da jabuticaba para aplicação no setor cosmético destaca-se como a principal técnica para proteger os compostos bioativos do fruto. Esse dado é reforçado pela tendência em se utilizar bioprodutos como "claim" para se obter vantagens competitivas.

Levantamento prospectivo de artigos envolvendo a manteiga de tucumã

O levantamento prospectivo dos artigos envolvendo a manteiga de tucumã indicou o interesse nessa matéria-prima apenas nos últimos 4 anos nas bases analisadas. Antes do período de 2018, nenhum trabalho foi encontrado tratando-se da manteiga do fruto. A Tabela 02 abaixo ilustra a distribuição de trabalhos nos últimos 4 anos:

Tabela 02: Distribuição dos artigos sobre manteiga de tucumã nos últimos anos.

Palavras-chave	2018	2019	2020	2021
"Tucumã butter"	-	-	-	1
"Tucumã kernel fat"	-	2	-	
"Tucumã butter" and "cosmetic"	-	-	-	1
"Tucumã kernel fat" and "cosmetic"	-	1	-	-

Fonte: Própria (2021).

Todos os 3 trabalhos retornados sobre a manteiga de tucumã são de origem brasileira e abordam diferentes temas. O trabalho realizado por Pereira et al. (2019) aborda o tema de equilíbrio sólido-líquido da manteiga visando aplicação na indústria alimentícia. Segundo os autores, essa abordagem permitiria o desenvolvimento de novos produtos à base de gordura, com menor custo. A pesquisa de Feitosa et al. (2021) buscou avaliar parâmetros físico-químicos e sensoriais da manteiga de tucumã, visando aplicação em bioprodutos. Como resultado de seu trabalho, ficou evidente a importância do controle de qualidade nos setores tanto farmacêutico quanto cosmético visto que algumas características físico-químicas do material são diretamente afetadas pela cadeia de transporte e processamento do fruto. O último tra-

balho retornado sobre a matéria-prima em questão foi realizado por Pereira et al. (2019). Os autores avaliaram as propriedades físicas e químicas da manteiga, como forma de incentivar sua aplicação industrial. Os testes de perfil em ácidos graxos, índice de aterogenicidade e trombogenicidade, índice de acidez, peróxidos e matéria insaponificável, concluíram que a manteiga poderia atuar como substituto da manteiga de cacau e que blendas envolvendo esse material poderia ser do interesse do setor alimentício.

Levantamento prospectivo de patentes envolvendo a jabuticaba e a manteiga de tucumã

O perfil de publicação de patentes na base Espacenet das matérias-primas de interesse desta pesquisa está ilustrado na Tabela 03.

Tabela 03: Publicação de patentes sobre manteiga de tucumã e jabuticaba publicada nos últimos an**os.**

Palavras-chave	2000 a 2005	2006 a 2011	2012 a 2017	2018 a 2021
Jabuticaba	4	17	103	55
“‘Jabuticaba peel”	1	5	43	12
“Jabuticaba & Cosmetic”	3	3	9	1
“Jabuticaba peel & Cosmetic”	0	0	0	0
“Tucumã butter”	1	14	44	9
“Tucumã butter & Cosmetic”	0	11	21	3

Fonte: Própria (2021).

O perfil de publicação de patentes apresenta caráter crescente ao longo do tempo para todas as palavras-chaves. O menor número de patentes referente ao período de 2018 a 2021 pode ser explicado pela pandemia de COVID-19, que impactou negativamente na produção tecnológica e científica mundial.

Patentes referente à manteiga de tucumã, diferente dos artigos, apresentam ocorrência desde o período de 2006 a 2011, independentemente da associação ao setor cosmético. Verifica-se que o interesse de aplicação desta matéria-prima no setor cosmético representa 50% do total de patentes depositadas. As empresas L’Oreal, Boticário e Natura se destacam como as principais depositantes no setor cosmético. Observa-se também a aplicação de patentes pelas universidades brasileiras: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade de São Paulo (USP).

Entre as patentes retornadas sobre o fruto tucumã, temos o Brasil (com 8 patentes aplicadas) ocupando o terceiro lugar, superado somente pelos Estados Unidos (com 31 patentes) e França (com 18 patentes). Quando se analisa a aplicação do fruto no setor de interesse, o Brasil passa a ocupar o segundo lugar (com 7 patentes), seguido pela França (responsável por 14 patentes). Na Tabela 04 estão listados os principais IPS’s referentes à manteiga de tucumã:

Tabela 04: Principais IPC's das patentes referentes à manteiga de tucumã.

Palavras-chave	IPC's	N° Documentos
"Tucumã butter"	A61K8	26
	A61Q19	19
	A61K9	12
	A61Q5	9
	A61K31	8
	A61K36	7
"Tucumã butter & Cosmetic"	A61K8	20
	A61Q19	16
	A61Q5	6
	A61K9	4
	A61Q1	4
	A61Q17	4

Fonte: Própria (2021).

Como é possível visualizar, os grupos que mais englobam patentes referentes ao fruto de tucumã são os A61K, que dispõe sobre preparações para fins medicinais, dental e sanitários e o A61Q, que dispõe sobre usos cosméticos específicos e preparação de sanitizantes.

Em relação às patentes referentes à jabuticaba, nota-se um crescimento vertiginoso de publicação de patentes no período de 2006 a 2017. O mapeamento indicou que 9% do total de patentes refere-se à aplicação cosmética. O uso de sua casca no setor cosmético não apresentou patentes publicadas. Apesar de ser uma fruta nativa do Brasil, a China se destaca com maior número de patentes publicadas, tanto para a jabuticaba (com 108 patentes) quanto para seu resíduo (com 41 patentes), associando-as ao setor alimentício. Apenas uma patente brasileira foi retornada envolvendo o tema jabuticaba e esta trata de edulcorantes para indústria de bebidas alcoólicas.

No setor cosmético, tem-se como aplicante a empresa Mary Key (com 2 patentes) e ausência de patentes brasileiras. Na Tabela 05 estão listados os principais IPC's referentes à jabuticaba.

Tabela 05: Principais IPC's das patentes referentes à jabuticaba.

Palavras-chave	IPC's	N° Documentos
Jaboticaba	A23L33	18
	A61K36	12
	A01G17	12
	A61Q19	11
"Jaboticaba & Cosmetic"	A61Q19	10
	A61K8	6
	A61Q19	6
	A61K36	4
"Jaboticaba peel"	A23L33	10
	C05G3	6
	A01G17	5
	C12G1	4

Fonte: Própria (2021).

Como é possível visualizar, os grupos que mais englobam patentes referentes ao fruto são os A61K, que dispõe sobre preparações para fins medicinais, dental e sanitários; o A61Q, que dispõe sobre usos cosméticos específicos e preparação de sanitizantes e o A23L, que dispõe sobre alimentos, insumos alimentares e bebidas não alcoólicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescente interesse do setor industrial em extrair e proteger compostos com atividade biológica da jabuticaba, o aumento de trabalhos acadêmicos envolvendo uso de frutos nativos no setor cosmético e o aceite de revistas conceituadas em publicar trabalhos envolvendo a jabuticaba em seu escopo, consolida o objetivo do trabalho em analisar a utilização dessa matéria-prima no setor de interesse. Quanto ao uso da casca de jabuticaba, vê-se que esta representa uma parcela de 44% do total de trabalhos e de 34% de patentes quando comparado ao total de estudos envolvendo o fruto. Neste contexto, concluiu-se que a utilização de subprodutos do processamento do fruto da jabuticaba para obtenção e microencapsulação de compostos bioativos, visando aplicação cosmética, não representa escopo esgotado ao longo desses 20 anos.

Constatou-se, adicionalmente, a ausência de patentes envolvendo uso dos subprodutos da jabuticaba para fins cosméticos e a carência de incentivo às empresas nacionais desse setor. Ademais, observou-se a necessidade de maiores esforços de investimento em pesquisa no Brasil para promover o uso sustentável da sua biodiversidade por empresas nacionais.

Os resultados do mapeamento conduzido neste trabalho demonstraram uma nítida defasagem na pesquisa nacional e mundial de trabalhos envolvendo a gordura de tucumã. O atual interesse do uso desse fruto no setor de bioenergia, que impulsiona seu plantio comercial, abre espaço para trabalhos inéditos e patentes envolvendo a utilização desta matéria-prima no setor cosmético. Além disso, nota-se uma nítida assimetria no que diz respeito à produção científica acadêmica e tecnológica em relação à manteiga de tucumã e a maior participação do país quanto à aplicação de patentes envolvendo esse material.

Conclui-se, portanto, o potencial de novos estudos científicos e tecnológicos envolvendo o uso das matérias-primas selecionadas na formulação de produtos cosméticos com atividade biológica com apresentação de dados inéditos e com objetivo de desenvolver e implementar um processo sustentável.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. F.; PASTORE Jr. F.; FERNAANDES, E. C.; PETRY, A. C.; ECHEVERRIA, R. M.; LEITE, F. H. F. Plantas da Amazônia para produção cosmética: uma abordagem química - 60 espécies do extrativismo florestal não madeireiro da Amazônia, **Universidade de Brasília (UnB)**, Brasília, 244 p., 2005.

BENVENUTTI, L.; ZIELINSKI, A. A. F.; FERREIRA, S. R. S.; Jaboticaba (Myrtaceae cauliflora) fruit and its by-products: Alternative sources for new foods and functional components, **Trends in Food Science & Technology**, 2021.

FEITOSA, J. M.; SILVA, T. S. A.; DE XAVIER, A. E. F.; RODRIGUES, W. C. S.; DA SILVA, A. C. E.; CORREA, C. V. P.; DE AGUIAR, F. S.; MOURAO R. H. V.; DE OLIVEIRA, E. G. B.; NUNES, K. M. Evaluation of the quality of Amazonian butters as sustainable raw materials for applications in bioproducts. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 42, p. 1-11, 2021.

GUIMARÃES, L. C., et al., Estudo prospectivo de produtos e processos tecnológicos com o açaí (Euterpe oleracea). **Caderno Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 2, p. 215-225, abr./jun. 2017.

Instituto de Economia Agrícola (IEA), 2019. Disponível em: <**http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=14735**>. Acesso em: 11/06/2021.

MEIRA, N. A. N.; PEREIRA, N. P.; MACIEL, L. F.; OLIVEIRA, D. D.; NASCIMENTO, Í. S.; SILVA, R. A. Flavonoides e antocianinas em myrciaria cauliflora (jabuticaba) visando à aplicabilidade cosmética. **Revista Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 17 n. 3, 2016.

PEREIRA, E.; FERREIRA, M. C.; SAMPAIO, K. A.; GRIMALDI, R.; DE ALMEIDA MEIRELLES, A. J.; MAXIMO, G. J. Physical properties of Amazonian fats and oils and their blends. **Food chemistry**, 278, p. 208-215.2019.

PEREIRA, E.; JUNQUEIRA, F. T.; MEIRELLES, A. J. A.; MAXIMO, G. J. Prediction of the melting behavior of edible fats using UNIFAC and UNIQUAC models. **Fluid Phase Equilibria**, v. 493, p. 58-66, 2019

RESENDE, L. M.; OLIVEIRA, L. S.; FRANCA, A. S. Characterization of jabuticaba (Plinia cauliflora) peel flours and prediction of compounds by FTIR analysis. **LWT**, v. 133, p. 110135, 2020.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CIRIGUELA RESIDUE FLOUR (SPONDIAS PURPUREA L.) AND CONVENTIONAL EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHA DO RESÍDUO DE CIRIGUELA (SPONDIAS PURPUREA L.) E EXTRAÇÃO CONVENCIONAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS

ARAÚJO, Maria Vitória Rolim Lemos[1]*; SILVA JUNIOR, Marcony Edson[2]; MACIEL, Maria Inês Sucupira[3]

[1]Bacharelado em Ciências do Consumo/Universidade Federal Rural de Pernambuco; [2]Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal da Paraiba; [3]Professora do Departamento de Ciências do Consumo/Universidade Federal Rural de Pernambuco. *Contato: vitoria.lemos.araujo@gmail.com

RESUMO

O estudo teve como objetivo caracterizar a farinha do resíduo de ciriguela (FRC) e obter extrato de compostos fenólicos da FRC utilizando extração convencional. A FRC foi obtida a partir da secagem das cascas da ciriguela e triturada em moinho. Análises de sólidos solúveis, acidez titulável, umidade, atividade de água, carotenoides totais e teor de compostos fenólicos foram realizadas. Foram realizados 5 experimentos para obtenção de extratos de compostos fenólicos da FRC por método convencional (maceração) com solução hidroetanólica (20%, 50% e 80%), taxa de solvente/resíduo (2,82, 5,5 e 8,18 mL/g) e tempo de extração (5, 10 e 15min). A FRC foi caracterizada contendo baixa atividade de água (0,265) e umidade (4,74%), e elevado teor de compostos fenólicos (30,10 ± 0,07 mg EAG/g de FRC). O extrato utilizando solvente hidroetanólico (80%), taxa de solvente resíduo (2,82 mL/g) e tempo de extração (15min) apresentou maior concentração de compostos fenólicos totais.

Palavras-chave: Cascas de ciriguela, extração por maceração, composto bioativos.

ABSTRACT

The study aimed to characterize the ciriguela residue flour (CRF) and obtain extract of phenolic compounds from CRF using conventional extraction. The CRF was obtained from the drying of ciriguela peels and ground in a mill. Analyses of soluble solids, titratable acidity, moisture, water activity, total carotenoids and total phenolic content were performed. Five experiments were performed to obtain extracts of phenolic compounds from CRF by conventional method (maceration) with hydroethanol solution (20%, 50% and 80%), solvent/residue ratio (2.82, 5.5 and 8.18 mL/g) and extraction time (5, 10 and 15min). The CRF was characterized containing low water activity (0.265) and moisture (4.74%), and high total phenolic content (30.10 ± 0.07 mg EAG/g of CRF). The extract using hydroethanolic solvent (80%), residual solvent rate (2.82 mL/g) and extraction time (15min) showed higher concentration of total phenolic compounds.

Keywords: Ciriguela peels, maceration extraction, bioactive compound.

INTRODUCTION

The Brazilian Northeast Region, in the year 2019 accounted for 34.4% of the national production of fruits, having as one of the explanations for the good performance of fruit farming, the conditions of light, temperature and relative humidity of the air, which give the region greater ease for the cultivation of native and exotic fruits (Vidal and Ximenes, 2020). Ciriguela belongs to the *Anacardeaceae* family, which originates in Central America, but also has distributions in tropical, subtropical and temperate regions. The ciriguela is consumed raw or processed into pulp, juices, jellies, flours, nectars and other food products. The fruit has high nutritional value, presenting in its composition, bioactive compounds with antioxidant properties (Rocha et al., 2019).

In recent decades, the great occurrence of economic and environmental problems, and the use of agroindustrial waste shows a great opportunity for the development of new products, as well as, aggregation of lost value and sustainable use of these wastes (Costa filho et al., 2017). The waste generated with the manufacture of products arising from ciriguela present bioactive compounds that can be used in food industries (Kwiatkowski et al., 2019), with that the extraction of bioactive compounds from ciriguela can generate products of high added value (Kringel et al., 2020).

The conventional extraction is performed through the application of organic solvents added to heating and/or agitation, with variation in the type of solvent, extraction time, temperature and liquid/solid ratio. Given the above, this work aims to characterize the flour of the residue of ciriguela (CRF) and obtain extracts of phenolic compounds of CRF using conventional extraction.

MATERIAL AND METHODS

Raw material

The ciriguela residues (peels and seeds) were supplied by a frozen fruit pulp industry, located in João Pessoa/PB.

Obtaining the CRF

The ciriguela peels were separated from the seeds manually and dried at 60°C for 18h, in an oven with air circulation MA035/2 (MARCONI), until it reached a humidity equal to or less than 10%, then it was ground in a multi-purpose mill TE 631/2 (TECNAL) and sieved #40 (425 µm). The obtained flour was packed in polyethylene bags, wrapped with laminated paper and stored at -18ºC.

Physico-chemical analysis of CRF

Soluble solids: performed in digital refractometer (Reichert/r2 i300) and the results expressed in °Brix (A.O.A.C., 2012).

Titratable Acidity: Performed by titratometric method, according to the methodology described by A.O.A.C. (2012). Results expressed in g of citric acid/100g of CRF.

Moisture: Determined in infrared balance and results expressed in (%).

Water Activity: Performed in water activity analyzer (AQUA LAB - 4TE) at 25°C.

Analysis of bioactive compounds in CRF and CRF extracts

Total carotenoidsh Carried out according to the methodology described by Rodriguez-Amaya (1999) and quantified by absorption spectrum registered at a wavelength of 450 nm.

Total phenolic content: Determined by spectrophotometric method, absorbance (725 nm) and using Follin Ciocaulteau reagent (Merck), as described by Wettasinghe and Shahidi (1999) and the results expressed in mg of gallic acid equivalent per gram of sample.

Obtaining the CRF extracts

Five experiments were performed to obtain the extracts based on the study by Sharayei et al. (2019) with modifications. 10 g of FRC were extracted in 40 mL of ethanol-water by constant stirring for 20min, centrifugation (2500 rpm/10 min) and filtration. The extract obtained was stored in amber glass at a temperature of -20 ºC. To determine the best extraction condition of phenolic compounds from FRC, the type of solvent (ethanol at 20%, 50% or 80%, acidified at 0.1% HCl), solvent/residue ratio (2.82, 5.5 and 8.18 mL/g) and time (5, 10 and 15 min) were used.

Statistical Analysis

The results obtained were analysed and expressed as mean ± standard deviation using Statistica 7.0 software (StatSoft Inc., USA). Tukey›s test was used to detect significant differences ($p < 0.05$) between samples.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Table 01 shows the results obtained from the physicochemical characterisation of FRC foods.

Table 01: Physicochemical characterization and bioactive compounds of the ciriguela residue flour.

Analysis	CRF*
Soluble solids (°Brix)	4.63 ± 0.15
Moisture (%)	4.74 ± 0.87
Water activity (aw)	0.265 ± 0.003
Titratable acidity (g of citric acid/100 g of CRF)	1.52 ± 0.01
Total carotenoids (μg β-carotene g^{-1})	119.60 ± 3.27
Total phenolic content (mg EAG/g)	30.10 ± 0.07

Own source (2021).
CRF: Ciriguela residue flour; GAE: Galic acid equivalent.
*Mean of triplicate ± standard deviation.

The CRF presented a soluble solids content of 4.63°Brix, indicating the presence of water-soluble compounds and substances, such as sugars, acids and some pectins (Reis et al., 2017) and low amount of organic acids in its composition (1.52 g of citric acid/100g of CRF). Neris et al. (2017) characterizing ciriguela peel obtained 1.66 g of citric acid/100g.

The CRF is considered low moisture (4.74%), the legislation recommends that dry products should present moisture between 3.5 to 15%, this being a protective factor to the development of deteriorating and pathogenic microorganisms (BRASIL, 2010). Table 01 shows that the aw of CRF (0.265) was low; the lower the aw values, the slower the biochemical reactions and the lower the increase in enzyme activity (Menezes Filho and Castro, 2020).

In Table 01 it is observed that the content of carotenoids obtained in CRF (119.60 μg β-carotene/g-1) was higher than that found by Moreno (2016), when analyzing pineapple peel flour (3.55 μg β-carotene/g-1) and mango peel flour (3.81 μg β-carotene/g-1).

The CRF showed phenolic compounds content (30.10 mg GAE/g) higher than that found by Carnaval (2019), who obtained 10.13 mg GAE/g with hydroethanolic extract of the flour of ciriguela residue, and that obtained by Bramont et al. (2018), when analysing ciriguela peel and found 24.18 mg GAE/g.

After characterization of the raw material, five experiments were performed (Table 02) to obtain the extracts of phenolic compounds using conventional extraction.

Table 02: Extraction of phenolic compounds by macerated of ciriguela residue flour.

Experiments	Solvent concentration (%) ethanol	Solvent/residue ratio (mL/g)	Extraction time (min)	TPC (mg GAE/g CRF)*
1	20	2.82	15	$18.56^{e} \pm 0.10$
2	80	2.82	15	$30.10^{a} \pm 0.07$
3	20	8.18	5	$22.80^{c} \pm 0.23$
4	80	8.18	5	$20.24^{d} \pm 0.23$
5	50	5.5	10	$28.91^{b} \pm 0.15$

Own source (2021).
TPC: Total phenolic content; GAE: Galic acid equivalent.
*Means ± standard deviation. Means in column followed by different superscript letters were significantly different ($p<0.05$) by Tukey's test.

It is observed in Table 02 that the content of phenolic compounds ranged from 18.56 to 30.10 mg/EAG/g, and showed significant difference ($p < 0.05$) among all experiments performed. Experiment 2 showed the highest value of phenolic compounds, using 80% ethanol, solvent/residue ratio 2.82 mL/g and time of 15min. The highest contents of phenolic compounds were obtained using ethanol at 80% and 50% (Experiments 2 and 5), respectively. And the lowest contents of phenolic compounds were obtained using 20% ethanol (Experiments 1 and 3) and the combination 80% ethanol and 5 min extraction time (Experiment 4).

CONCLUSION

The physicochemical characterization and the determination of bioactive compounds of the CRF confirm the potential of the ciriguela flour residue to be used to obtain extracts rich in phenolic compounds. Based on the extraction experiments used in the present study, the ideal condition for extraction of phenolic compounds from CRF is with the use of 80% hydroethanolic solvent, solvent/residue ratio of 2.82 mL/g and extraction time of 15min.

REFERENCES

AOAC - **Official Method of Analysis:** Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC, 121-130, 2012.

BRAMONT, W. B.; LEAL, I. L.; UMSZA-GUEZ, M. A.; GUEDES, A. S.; ALVES, S. C. O.; REIS, J. H. O.; BARBOSA, J. D. V.; MACHADO, B. A. S. Comparação da Composição Centesimal, Mineral e Fitoquímica de Polpas e Cascas de Dez Diferentes Frutas. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 4, 2018.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Instrução normativa nº 16, de 24 de maio de 2010. Regulamento técnico para o café torrado em grão e para o café torrado e moído. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=-visualizarAtoPortalMapa&chave=794116535>. Acesso em: 28 de junho de 2021.

CARNAVAL, L. S. C. Potencial aplicação do extrato de resíduo de seriguela (Spondias purpurea L.) em filmes ativos à base de resíduo de mandioca. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2019.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **Congresso Internacional das Ciências Agrárias** - COINTER, 2017. Disponível em: <pdvagro.com.br>.

KRINGEL, D. H.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R.; GANDRA, E. A. Fruit Wastes as Promising Sources of Starch: Extraction, Properties, and Applications. **Starch – Stärke**, v. 72, p. 1900200, 2020.

KWIATKOWSKI, A.; SANTOS, J. V. de A.; SOUZA, D. A; SILVA, M. E. A.; SILVA, A. G. P.; SANTOS, T. C. Determinação de compostos bioativos da semente de seriguela (spondias purpurea). **Anais do III Simpósio de Frutos Nativos e Exóticos**, Campo Grande - MS, p. 35-38, 2019.

MENEZES FILHO, A. C. P.; CASTRO, C. F. S. Avaliação físico-química e tecnológica de farinhas obtidas a partir dos resíduos de frutos. Revista Eixo. v. 9, n. 3, 2020.

MORENO, J. S. Obtenção, caracterização e aplicação de farinha de resíduos de frutas em cookies. 2016. **Dissertação** (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016.

NERIS, T. S.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. F. Caracterização físico-química da seriguela (Spondias purpurea L.) coletadas no município de Barra do Bugres/MT em diferentes estágios de maturação. **Natural Resources**, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2017.

REIS, D. S.; FIGUEIRO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 20, n. e2015083, 2017.

ROCHA, G. T.; SILVA, A. G. ; PEIXOTO, N.; MARTINS, J. B.; RODRIGUES, F. Vegetative propagation of red mombin (Spondias purpurea) with immersion in indole-3-acetic acid. **Research Gate**. DOI: 10.5039/agraria.v14i2a5650. 2019.

RODRIGUES-AMAYA, B. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILST Press. p. 64, 1999.

SHARAYEI, P.; AZARPAZHOOH, E.; ZOMORODI, S.; RAMASWAMYC, H. S. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate (Punica granatum L.) peel. **LWT - Food Science Technology**, v. 101, p. 342–350, 2019.

VIDAL, F. Fruticultura na área de atuação do BNB: produção, mercado e perspectivas. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 5, 2020.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1801-1812, 1999.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PITAYA (HYLOCEREUS SPP.): UMA BREVE REVISÃO

PITAYA (HYLOCEREUS SPP.): A BRIEF REVIEW

VIEIRA, Thaís Regina Rodrigues[1]*; MACIEL, Maria Inês Sucupira[1]

[1]Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal Rural de Pernambuco
*Contato: thattybutterfly_@hotmail.com

RESUMO

O comércio global de frutas tropicais e exóticas aumentou significativamente na última década devido à conscientização crescente dos consumidores acerca dos benefícios nutricionais que as frutas trazem à saúde humana. A pitaya (Hylocereus spp.) tem sido cultivada em diversas regiões do mundo devido aspectos como sabor agradável, coloração atraente, perfil nutricional e de compostos bioativos e efeitos benéficos à saúde. Atrelado a estes fatores, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com o propósito de estudar novos métodos de processamento utilizando a pitaya, bem como a sua aplicação na indústria de alimentos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica acerca da pitaya. Realizou-se um levantamento bibliográfico utilizando artigos científicos experimentais, de revisão e capítulos de livros nas bases de dados Scielo, PubMed e ScienceDirect entre os anos de 1998 a 2021. Foram selecionadas 33 publicações com temas relevantes no campo da Ciência e Tecnologia de Alimentos. Diversos estudos abordados na presente revisão apontaram aspectos positivos acerca da pitaya, tais como os efeitos benéficos no enfrentamento de doenças cardiovasculares, colesterolêmicas, hepáticas, obesidade, anemias e câncer. Para além disso, observou-se a aplicação de técnicas emergentes de processamento na extração de compostos de interesse e melhoramento de características tecnológicas, como a utilização de ultrassom, micro-ondas, ultra-altra pressão, plasma frio, campo elétrico pulsado e termossonicação. Assim como a aplicação em alimentos como hambúrgueres, nuggets, iogurte, sorvete e bebida fermentada. Com isso, a pitaya se caracteriza como uma fruta exótica com excelente potencial no processamento e aplicação na indústria de alimentos.

Palavras-chave: Betalaínas, cactáceas, compostos fenólicos, indústria de alimentos.

ABSTRACT

The global trade in tropical and exotic fruits has increased significantly in the last decade due to the growing awareness of consumers about the nutritional benefits that fruits bring to human health. Pitaya (*Hylocereus spp.*) has been cultivated in several regions of the world due to aspects such as pleasant taste, attractive color, nutritional profile and bioactive compounds and beneficial effects on health. Linked to these factors, many researches have been developed with the purpose of studying new processing methods using pitaya, as well as its application in the food industry. The objective of this work was to carry out a bibliographical review about the pitaya. A bibliographic survey was carried out using experimental scientific articles, review articles and

book chapters in the Scielo, PubMed and ScienceDirect databases between the years 1998 to 2021. 33 publications with relevant topics in the field of Food Science and Technology were selected. Several studies addressed in this review pointed out positive aspects about pitaya, such as its beneficial effects in the fight against cardiovascular, cholesterolemic, liver, obesity, anemia and cancer. Furthermore, it was observed the application of emerging processing techniques in the extraction of compounds of interest and improvement of technological characteristics, such as the use of ultrasound, microwave, ultra-high pressure, cold plasma, pulsed electric field and thermosonication. As well as application in foods such as hamburgers, nuggets, yogurt, ice cream and fermented beverages. Thus, the pitaya is characterized as an exotic fruit with excellent potential for processing and application in the food industry.

Keywords: Betalains, cactaceae, food industry, phenolic compounds.

INTRODUCTION

Pitaya (*Hylocereus* spp.), also known as pitaya, pithaya or dragon fruit, is an exotic fruit belonging to the *Cactaceae* family and originating from the tropical regions of southern Mexico and Central America and has currently been cultivated in several countries. Due to it's attractive color, pleasant taste, nutritional and antioxidant profile, and economic potential, pitaya has stood out in the global fruit market (Celli and Brooks, 2017).

Fruits are a rich source of antioxidant compounds, such as polyphenols and betalains, which can help protect cell constituents and, therefore, limit the risk of developing degenerative diseases associated with oxidative stress, as well as having an anti-inflammatory, antibacterial and antiobesogenic effect (Ferreres et al., 2017; Celli and Brooks, 2017).

In recent years pitaya has attracted interest due to its potential biological activity (Celli and Brooks, 2017). Recent researches have been developed using the fruit to fight cardiovascular and liver diseases, obesity and insulin resistance, anemia in pregnant women, cancer and dyslipidemia and changes in cholesterol (Ramli et al., 2014; Song et al., 2016; Widyaningsih et al., 2016; Joshi and Prabhakar, 2020; Holanda et al., 2021).

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015), the global trade in tropical fruits has increased significantly in recent years, mainly due to the growing awareness of consumers about the nutritional benefits that fruits bring to human health. Linked to this fact, the food processing industry has also increased, in order to meet consumer demand. Pitaya has been widely used in processed products, such as jellies, minimally processed pitaya, beverages, ice cream and yoghurt, in addition to the development of innovative projects that allow the application of peel and residues in new products (Chuck-Hernández et al., 2016 ; Gengatharan et al., 2017; Li et al., 2019; Bueno et al., 2020; Utpott et al., 2020; Liao et al., 2020).

Thus, the aim of this literature review was to present aspects such as nutritional and bioactive profile of pitaya (*Hylocereus* spp.), as well as to present the main processing methods and applications of the fruit in the food industry.

METHODOLOGY

This research is a literature review. A bibliographic survey of experimental scientific articles, review articles and book chapters on pitaya was carried out in the scientific bases Scielo, PubMed and Science Direct between the periods 1998 to 2021. Thirty-three publications were selected that addressed relevant aspects of the proposed theme in the field of Food Science and Technology.

DEVELOPMENT

Between 1998 and 2021, 813 publications were found in the Scielo (74 publications), PubMed (137 publications) and ScienceDirect (602 publications) databases, including research articles, review articles, book chapters, encyclopedias, clinical trials , meta-analysis studies and randomized controlled trials (Figure 01).

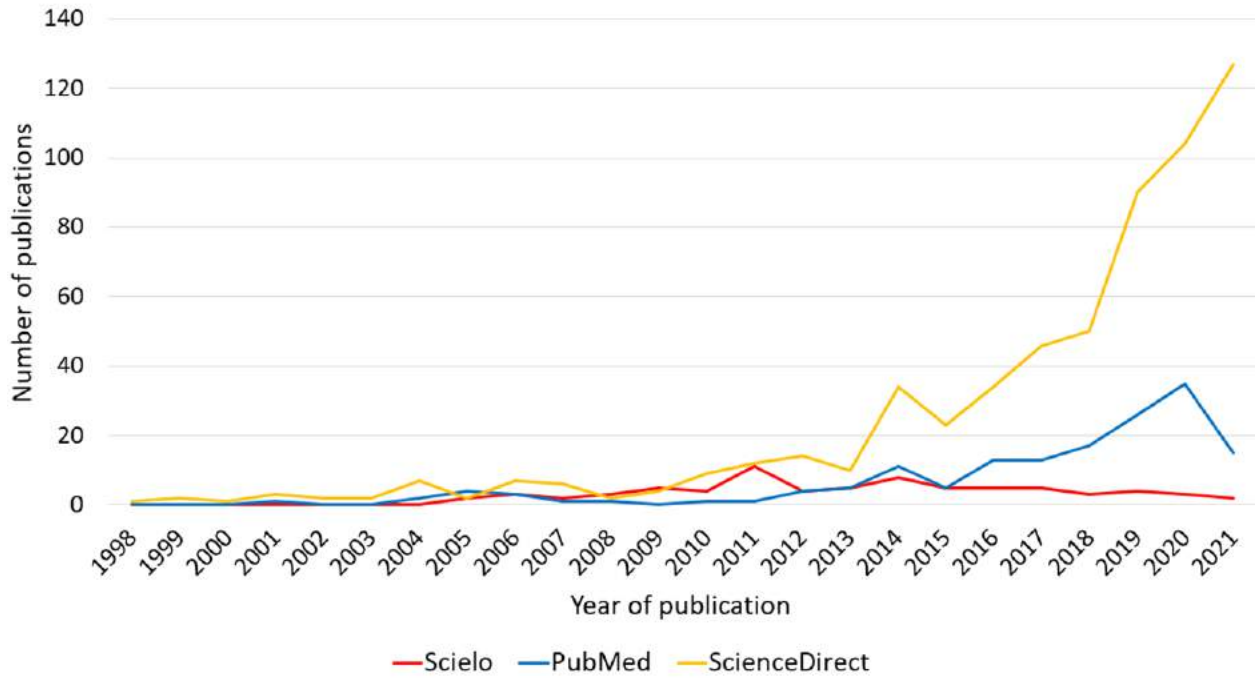


Figure 01:. Pitaya publications in Scielo, PubMed and ScienceDirect databases from 1998 to 2021.
Source: Own Source (2021).

Pitaya: general aspects

Cacti are prosperous crops and are highlighted in arid and semi-arid regions due to their low need for water and good use of natural resources. Ancient populations from the Mexican and southern regions of the United States traditionally selected cacti according to their usefulness, such as using biomass, forage, water source, building material, carbohydrate source, or as decorative plants (Chuck-Hernández et al., 2016).

The genus *Hylocereus* (Figure 02) is characterized by having climbing plants with aerial roots, angular stems and white, fragrant flowers that only open at night. Its fruits have bright red pericarp, overlapping green sepals and presence of bracts, and are known as “dragon fruit”. The plant has an affinity for slightly acidic, sandy and stony soils with an optimal growth temperature in the range of 10 to 34°C (Chuck-Hernández et al., 2016; Le Bellec et al., 2006).

Figure 02: Pitaya plant.

Source: Own Source (2021).

The generic term “pitaya” includes different species and the most common are the yellow pitaya (*Hylocereus megalanthus* Bauer) (Figure 03 A) and the red pitaya (*Hylocereus* spp. Britt & Rose). In the species *Hylocereus* spp., the red-fleshed pitaya (*Hylocereus undatus*) (Figure 03 B) and the red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) (Figure 03 C) (Dembitsky et al., 2011; Le Bellec and Vaillant, 2011).

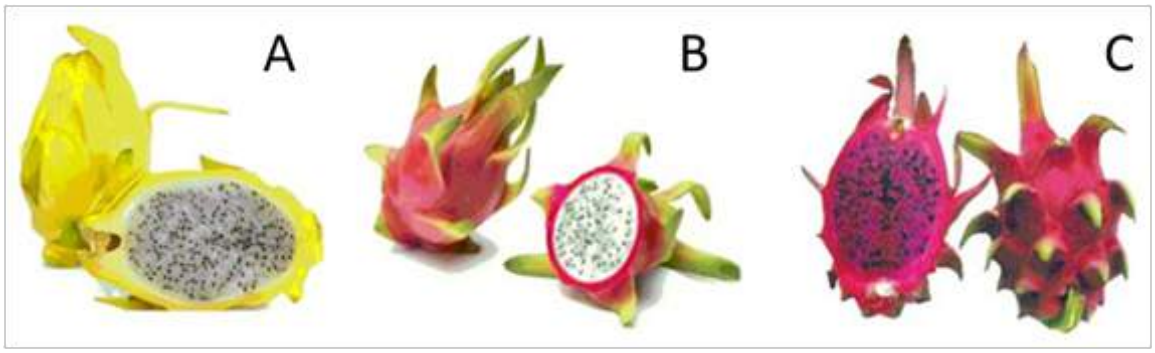


Figure 03: Different Pitaya species.

Source: Ibrahim et al. (2018).

The pulp of the pitaya corresponds to about 60% to 80% of the total weight of the fruit, which varies between 300 and 350 g, with the presence of black seeds, its main pigment being betacyanins and betaxanthines, which may be present in the pulp and in the peel and have broad stability over a wide pH range, ranging from 3 to 7, which suggests the possibility of application in a variety of foods (Dembitsky et al., 2011; Gengatharan, 2017). The fruit is classified as non-climacteric and highly perishable, that is, the later the harvest, the more the quality and post-harvest life are reduced (Le Bellec et al., 2006).

The dragon fruit has stood out in the world’s fruit industry, being cultivated in several countries, such as Mexico, Martinique, Colombia, Nicaragua, Guatemala, Costa Rica, Peru, Venezuela, Honduras, Chile, China, Bahamas, Bermuda, Australia, United States, India, Thailand, Taiwan, Malaysia, Philippines, Japan, New Zealand, Vietnam, Spain, Cambodia, Reunion Island, Indonesia, Israel and recently Brazil (Ibrahim et al., 2018). In Brazil, the main productions are arranged in the South, Southeast and Northeast regions, being the cultivation in the semi-arid regions of the country quite recent. A particular advantage of cultivating pitayas in

arid regions is the potential to contribute to agricultural development due to their high tolerance to long-term water stress and poor soils (Hua et al., 2018; Ibrahim et al., 2018).

Nutritional, betalamic and phenolic profile

Pitaya pulp is considered a good source of antioxidants, vitamins, carotenoids, phenolic compounds, fatty acids, sterols, triterpenes and betalains (Ibrahim et al., 2018). The main vitamins found are thiamine, riboflavin, niacin, pyridoxine, cobalamin and ascorbic acid (Table 01) (Mercado-Silva, 2018).

Table 01: Nutritional composition of the pulp of three main species of pitaya fruit (100 g of fresh pulp).

		Species	
Constituent	***Hylocereus megalanthus***	***Hylocereus undatus***	***Hylocereus polyrhizus***
Moisture (%)	85.00	89.00	83.00
Protein (g)	0.16 – 0.23	0.5	0.16 – 0.23
Fat (g)	0.21 – 0.61	0.1	0.21 – 0.61
Fiber (g)	0.7 – 0.9	0.3	0.7 – 0.9
Ash (g)	0.54 – 0.68	0.5	0.54 – 0.68
Calcium (mg)	6.3 – 8.8	6.0	6.3 – 8.8
Phosphorus (mg)	30.2 – 36.1	19.00	30.2 – 36.1
Iron (mg)	0.55 – 0.65	0.4	0.55 – 0,65
Carotene (mg)	0.005 – 0.012	NR	0.005 – 0.012
Thiamine (mg)	0.28 – 0.43	0	0.28 – 0.43
Roboflavin (mg)	0.28 – 0.45	0	0.28 – 0.45
Niacin (mg)	0.297 – 0.430	0.2	0.297 – 0.430
Ascorbic acid (mg)	8.0 – 9.0	25.00	8.0 – 9.0

Source: Mercado-Silva (2018).

Pitaya is considered one of the main sources of betalains. Betalains are natural hydrophilic pigments that contain nitrogen with betalamic acid as a chromophore (Jiang et al., 2021). Study by Stintzing et al. (2002) using HPLC-PDA in *H. polyrhizus*, identified betacyanins as bougainvillein-rI, betanin, isobetanin, phylocactin, iso-phylocactin, (6'-O-3-hydroxy-3-methyl-glutaryl)-betanine, its stereoisomer C15 and (6'-O-3-hydroxy-3-butyryl)-betanine. Tenore et al. (2012) using HPLC-DAD in *H. polyrhizus* found flavonoids such as Isorhamnetin triglycoside, Quercetin-3-O-rutinoside, Flavonol glycoside, Kaempferol-3-O-rutinoside, Isorhamnetin-3-O-rutinoside and Isorhamnetin-3-O- glucoside and phenolic acids such as Gallic acid, Protocatechuic acid, p-Hydroxybenzoic acid, Vanillic acid, Caffeic acid, Syringic acid, and p-Coumaric acid.

Pitaya peel also have several nutrients, including lipids, proteins and carbohydrates (Table 02). When compared to fruit peels such as pineapple, papaya, blueberry, olive and pequi, pitaya peels may contain higher levels of ash, suggesting a higher mineral content. In addition, the total fiber content of pitaya peel also stands out, showing potential to become a new source of dietary fiber (Jiang et al., 2021).

Table 02: Nutritional composition of the peel of two main species of pitaya fruit (100 g of fresh peel).

Constituent	*Hylocereus undatus*	Autor	*Hylocereus polyrhizus*	Autor
Protein (g)	10.36 ± 0.23	Madane et al. (2020)	6.30 ± 0.18	Utpott et al. (2020)
Fat (g)	2.34 ± 0.18		1.31 ± 0.16	
Ash (g)	4.48 ± 0.31		17.56 ± 0.29	
Carbohydrates (g)	8.43 ± 0.00	Zhuang et al. (2012)	8.92 ± 1.15	
Total dietary fiber (g)	56.91 ± 0.51	Madane et al. (2020)	65.59 ± 1.65	

Source: Jiang et al. (2021).

Suh et al. (2014) studying the betalammic profile of the peel of *H. polyrhizus* and *H. undatus*, identified different types of betacyanins, such as decarboxylated betanin, phylocactin, decarboxylated phylocactin, neobetanin, decarboxylated, decarboxylated neobetanin, hylocerboxylated neophyllocactin, neocarboxylactin, neobetanin betanin II, tridecarboxylated hylocerenin, decarboxylated neohylocerenin, dehydrogena-tridecarboxylated, dehydrogenated-decarboxylated neohylocerenin, neohylocerenin and bidecarboxylated hylocerenin, and betaxanthin such as indicaxanthin, dopaxanthin, miraxanthin V, 3-methoxytyramine-betaxanthin-betaxanthin II, betaxanthin. Suleria et al. (2020) identified phenolic acids as chlorogenic acid, caffeine, singic acid, coumaric acid and ferulic acid. The main flavonoids found were catechin, quercetin 3-O-galactoside, kaempferol 3-O-glucoside and quercetin 3-O-glucuronide.

Hua et al. (2018) observed that three cultivars of pitaya had high antioxidant activity due to the content of betalains, total phenolics and total flavonoids for both pulp and peel, suggesting that both parts can act as a potential source of antioxidants in the food industry.

Processing and applications in food products

Pitaya is much appreciated in exotic fruit markets, however the short shelf life presents a challenge for post-harvest treatments. Thus, there are proposals for the processing and applications of the fruit on an industrial scale, and also for the development of innovative projects to include pulp and residues in new products, thus supporting local producers (Chuck-Hernández et al., 2016).

Faced with population growth and awareness of the environment, science has increasingly sought to apply emerging processing methods for extracting compounds of interest. In recent years, many emerging methods have been developed using pitaya as a matrix, such as microwave-assisted extraction of high-value compounds (Ferreres et al., 2017), enzymatic extraction on pitaya peel using ultra-high pressure (Chen et al., 2017). al., 2021), treatment using cold plasma in minimally processed pitaya (Li et al., 2019), use of pulsed electric field in the extraction of compounds and application to pork hamburgers (Bellucci et al., 2021), treatment by thermosonication of pitaya juice (Liao et al., 2020) and extraction of pitaya peel phytocom-

pounds using ultrasound (Raj and Dash, 2020).

Pitaya has numerous benefits, as mentioned above. In recent years, many researches have been carried out using the fruit. Cunha et al. (2018) evaluating the effect of microencapsulated pitaya peel extract on the color, texture and oxidative stability of pork hamburgers, observed that hamburgers treated with the microencapsulated extract showed less damage to the oxidative processes of proteins, thus minimizing changes in texture to the during storage.

Effects of incorporating propiotics on the content and bioaccessibility of phenolic compounds in red pitaya pulp were studied by Morais et al. (2019). These authors observe that fruit fermentation was an alternative to increase the bioaccessibility of phenolic compounds, such as catechin, epigallocatechin gallate and procyanidin B2.

Madane et al. (2020) evaluating the effectiveness of pitaya peel in improving the quality and susceptibility to lipid oxidation of chicken nuggets observed a decrease in lipid peroxidation, as well as an improvement in emulsion stability and cooking yield, in addition to presenting a higher content of fiber and phenolics and lower lipid content.

Microfiltered red–purple pitaya colorant (MRPPC) was useful as a food colorant in yogurt, where it improved color quality without affecting aroma and other characteristics. These results indicate that MRPPC is promising food ingredient as a natural red–purple colorant (Lima et al., 2020).

Utppot et al. (2020) used pitaya peel powder to replace fat in strawberry ice cream and observed that the peel had adequate technological characteristics, high fiber content, in addition to presenting good sensory evaluation, suggesting the possibility of use in various products to improve value nutritional and physical parameters of ice cream in the food industry.

Bellucci et al. (2021) evaluating the antioxidant effect of pitaya pulp extract on pork hamburgers, they observed that the hamburger color was enhanced when it was used. Burgers treated with pitaya extract showed similar values to samples treated with sodium erythorbate, indicating that pitaya extract is an effective natural antioxidant to delay color deterioration and oxidative damage.

With the purpose of diversifying the consumption of pitaya, Bueno et al. (2021) developed a new drink using red pitaya as a substrate from kefir grains. It was observed that the formulation presented a satisfactory score in the sensory evaluation and good results for bioactive compounds in the first seven days of storage, indicating that the fruit can be used in the production of a new functional drink.

FINAL CONSIDERATIONS

Pitaya is an exotic fruit with potential for growing in poorly irrigated areas and with a good cost-benefit ratio, due to its nutritional and sensory profile and the presence of bioactive compounds such as betalains, phenolic compounds and flavonoids. Due to its appear-

ance, several researches have been developed and more and more products are processed based on this fruit that have market potential. However, there is still a lot to be explored and discussed, mainly due to toxicological studies of its by- products and the evaluation of in vivo clinical trials.

REFERENCES

BELLUCCI, E. R. B.; MUNEKATA, P. E. S.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; BARRETTO, A. C. S. Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat. **Meat Science**, v. 171, p. 108284, 2021.

BUENO, R. S.; RESSUTTE, J. B.; HATA, N. N. Y.; BANA, F. C. H.; GUERGOLETTO, K. B. DE OLIVEIRA, A. G.; SPINOSA, W. Quality and shelf life assessment of a new beverage produced from water kefir grains and red pitaya. **LWT – Food Science and Technology**, v. 140, p. 110770 2020.

CELLI, G. B.; BROOKS, M. S. L. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins – a current review. **Food Research International**, v. 100, p. 501-509, 2017.

CHEN, R.; LUO, S.; WANG, C.; BAI, H.; LU, J.; TIAN, LI. GAO, M.; WU, J.; BAI, C.; SUN, H. Effects of ultra-high pressure enzyme extraction on characteristics and functional properties of red Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel pectic polysaccharides. **Food hydrocolloids,** 2021. Doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107016.

CHUCK-HERNÁNDEZ, C.; PARRA-SALDÍVAR, R.; SANDATE-FLORES, L. Pitaya. In **Encyclopedia of Food and Health**, Ed. Academic Press, v. 1, p. 385-391, 2016.

CUNHA, L. C. M.; MONTEIRO, M. L. G.; COSTA-LIMA, B. R. C. Effect of microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel on color, texture and oxidative stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 49, p. 136-145, 2018.

DEMBITSKY, V. M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v. 44, p. 1671-1701, 2011.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Promotion of Fruit and Vegetables for Health: Report of the Pacific Regional Workshop. 2015. Disponível em: **<http://www.fao.org/3/a-i4935e.pdf**>.

FERRERES, F.; GROSSO, C.; GIL-IZQUIERDO, A.; VALENTÃO, P.; MOTA, A. T.; ANDRADE, P. B. Optimization of the recovery of high-value compounds from pitaya fruit byproducts using microwave-assisted extraction. **Food Chemistry**, v. 230, p. 463-474, 2017.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, W. S. The effect of pH treatment and refrigerated storage on natural colourant preparations (betacyanins) from red pitahaya and their potential application in yoghurt. **Food Science and Technology**, v. 80, p. 437-445, 2017.

HOLANDA, M. O.; LIRA, S. M.; SILVA, J. Y. G.; MARQUES, C. G.; COELHO, L. C.; LIMA, C. L. S.; COSTA, J. T. G.; SILVA, G. S.; SANTOS, G. B. M.; ZOCOLO, G. J.; DIONÍSIO, A. P.; GUEDES, M. I. F. Intake of pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose) beneficially affects the cholesterolemic profile of dislipidemic C57BL/6 mice. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101181, 2021.

HUA, Q.; CHEN, C.; TEL ZUR, N.; WANG, H.; WU, J.; CHEN, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, J.; HU, G.; QIN, Y. Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-peelned cultivars with different pulp colors. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 126, p. 117-125, 2018.

IBRAHIM, S. R. M.; MOHAMED, G. A.; KHEDR, A. I. M.; ZAYED, M. F.; EL-KHOLY, A. A. E. S. Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance – A review. **Journal of Food Biochemistry**, v. 42, p. 1-29, 2018.

JIANG, H.; ZHANG, W.; LI, X.; SHU, C.; JIANG, W.; CAO, J. Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus* spp.) peels: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, 2021. Doi: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.040

JOSHI, M.; PRABHAKAR, B. Phytoconstituents and pharmaco□therapeutic benefits of pitaya: A wonder fruit. **Journal of Food Biochemistry**, v. 44, p. e13260, 2020.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v, 61 (4), p. 237-250, 2006.

LI, X.; LI, M.; JI, N.; JIN, P.; ZHANG, J.; ZHENG, Y.; ZHANG.; X.; LI, F. Cold plasma treatment induces

phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit. **LWT,** v.115, p. 108447, 2019.

LIAO, H.; ZHU, W.; ZHONG, K.; LIU, Y. Evaluation of colour stability of clear red pitaya juice treated by thermosonication. **LWT - Food Science and Technology**, v. 121, p. 1089-1097, 2020.

LIMA, C. V. A.; DIONÍSIO, A. P.; DE ABREU, F. A. P.; SILVA, G. S.; LIMA JÚNIOR, R. D.; MAGALHÃES, H. C. R.; GARRUTI, D, S.; ARAÚJO, I. M. S.; ARTUR, A. G.; TANIGUCHI, C. A. K.; RODRIGUES, M. C. P.; ZOCOLO, G. J. Microfiltered red-purple pitaya colorant: UPLC-ESI-QTOF-MSE-based metabolic profile and its potential application as a natural food ingredient. **Food Chemistry**, v. 330, p. 127222, 2020.

MADANE, P.; DAS, A. K.; NANDA, P. K.; BANDYOPADHYAY, S.; JAGTAP, P.; SHEWALKAR, A.; MAITY, B. Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, p. 1449-1461, 2020.

MERCADO-SILVA, E. M. Pitaya - *Hylocereus undatus* (Haw). In **Exotic Fruits**, Ed. Academic Press, v. 1, p. 339-349, 2018.

MORAIS, S. G. G.; BORGES, G. S. C.; LIMA, M. S.; MARTÍN-BELLOSO, O.; MAGNANI, M. Effects of probiotics on the content and bioaccessibility of phenolic compounds in red pitaya pulp. **Food Research International**, v. 126, p. 108681, 2019.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILLO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**. v. 3, p. 220-237, 2012.

RAJ, G. B.; DASH, K. K. Ultrasound-assisted extraction of phytocompounds from dragon fruit peel: Optimization, kinetics and thermodynamic studies. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 68, p. 105180, 2020.

RAMLI, N. S.; BROWN, L.; ISMAIL, P.; RAHMAT, A. Effects of red pitaya juice supplementation on cardiovascular and hepatic changes in high-carbohydrate, high-fat diet-induced metabolic syndrome rats. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 14, p. 1-10, 2014.

SONG, H.; CHU, Q.; XU, D.; XU, Y.; ZHENG, X. Purified betacyanins from *Hylocereus undatus* peel ameliorate obesity and insulin resistance in high-fat-diet-fed mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p. 236-244, 2016.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose. **Food Chemistry**, v. 77, p. 101-106, 2002.

SUH, D. H.; LEE, S.; HEO, D. Y.; KIM, Y. S.; CHO, S. K.; LEE, S.; LEE, C. H. Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 8764-8771, 2014.

SULERIA, H. A.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R. Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. **Foods**, v. 9, p. 1-26, 2020.

TENORE, G. C.; NOVELLINO, E.; BASILE, A. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 129-136, 2012.

UTPOTT, M.; RAMOS DE ARAUJO, R.; GALARZA VARGAS, C.; NUNES PAIVA, A. R.; TISCHER, B.; DE OLIVEIRA RIOS, A.; FLÔRES, S. H. Characterization and application of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder as a fat replacer in ice cream. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, p. 1-10, 2020.

WIDYANINGSIH, A.; SETIYANI, O.; UMAROH, U.; SOFRO, M. A. U.; AMRI, F. Effect of consuming red dragon fruit (*Hylocereus costaricensis*) juice on the levels of hemoglobin and erythrocyte among pregnant women. **Belitung Nursing Journal**, v. 3, p. 255-264, 2017.

ZHUANG, Y.; ZHANG, Y.; SUN, L. Characteristics of fibre□rich powder and antioxidant activity of pitaya (*Hylocereus undatus*) peels. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 1279-1285, 2012.

2021 WICTA
16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

POTENCIAL DE UMA BEBIDA TROPICAL VEGANA RICA EM PROTEÍNAS

POTENTIAL OF A PROTEIN-RICH VEGAN TROPICAL DRINK

SILVA, Flávia Luiza Araújo Tavares da[1]*; SANTOS, Taís Letícia de Oliveira[2]; CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa[3]

[1]Graduanda em Engenharia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe; [2]Graduanda em Tecnologia de Alimentos/Instituto Federal de Sergipe; [3]Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe
*Contato: flavialuats@hotmail.com

RESUMO

Os novos hábitos alimentares em busca de alimentos saudáveis com algum benefício, tem crescido juntamente com a atual necessidade de diminuir o consumo de alimentos de origem animal. As condições climáticas do Brasil, assim como sua extensão territorial, favorecem o desenvolvimento da fruticultura no país. Desta forma, a indústria de alimentos surge para sanar essa demanda investindo nas bebidas vegetais de diversas matrizes. A atuação da indústria de alimentos perante o processamento de frutas é de extrema importância na redução de eventuais desperdícios, na conservação e disponibilidade das mesmas. O objetivo desse estudo foi analisar o potencial de uma bebida à base de água de coco, manga e hortelã, sem adição de açúcar, enriquecida com proteína da ervilha, como opção de bebida proteica para veganos. A metodologia é baseada na elaboração da bebida e na prospecção sobre potencial de venda, bem como contribuição patentária. A presente invenção surge como contribuição para o crescente mercado de consumidores e para o depósito de patentes nacional. Como a maioria dos sucos integrais e naturais se encontram na margem de preço de R$ 4,00 a R$ 7,00, a proposta da bebida tropical vegana rica em proteínas com custo total de R$ 4,67, é extremamente favorável à comercialização. É igualmente notório a contribuição para a agricultura regional, visto que ambas as matérias primas selecionadas fazem parte do mercado produtor do Nordeste e dada essa proposta, esse novo alimento pode ser avaliado como grande potencial de alimento, fonte inovadora e de contribuição econômica para a região.

Palavras-chave: Inovação, bebida, vegana, proteínas.

ABSTRACT

New eating habits in search of healthy foods with some benefits have grown together with the current need to reduce the consumption of animal foods. The climatic conditions in Brazil, as well as its territorial extension, favor the development of fruit growing in the country. Thus, the food industry emerges to meet this demand by investing in vegetable drinks from various matrices. The role of the food industry in fruit processing is extremely important in reducing any waste, in their conservation and availability. The aim of this study was to analyze the potential of a drink made from coconut, mango and mint water, without added sugar, enriched with pea protein, as a protein drink option for vegans. The methodology is based on the preparation of the drink and on prospecting for sales poten-

tial, as well as a patent contribution. The present invention appears as a contribution to the growing consumer market and to the national patent filing. As most whole and natural juices are in the price range of BRL 4.00 to BRL 7.00, the proposal of the tropical vegan drink rich in proteins, with a total cost of BRL 4.67, is extremely favorable to commercialization. The contribution to regional agriculture is equally notorious, since both selected raw materials are part of the Northeastern producer market and given this proposal, this new food can be evaluated as a great food potential, innovative source and economic contribution to the region.

Keywords: Innovation, drink, vegan, protein.

INTRODUÇÃO

Aquino (2017) afirma que o favorecimento das condições climáticas e a extensão do território brasileiro têm um papel importante no desenvolvimento da fruticultura no país. Além desses fatores, o seu consumo também está relacionado aos benefícios que a ingestão diária de frutas representa para a saúde.

As frutas tropicais apresentam tanto propriedades sensoriais bastante atrativas, como também nutricionais. São ricas em ácidos ascórbicos, minerais, fibras e antioxidantes. Por serem frutas com um grande percentual de açúcares, são reconhecidas por serem saborosas (VIDAL, 2012).

As características dos frutos tropicais são o que os tornam inconfundíveis. Possuem sabor e aroma distintos, além de uma grande diversidade de vitaminas, minerais e carboidratos. Dentre os frutos tropicais mais produzidos e apreciados no Nordeste, temos a manga (NACHBAR, 2018).

A manga (*Mangifera indica*, L.) é descrita como uma rica fonte de carotenoides e carboidratos. De acordo com um estudo realizado por Abreu et al., (2011), em que a manga representava 21% da sua formulação de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adicionadas de probióticos, concluiu-se que a mesma possuiu uma ótima aceitação sensorial, além de agregar valor nutricional ao produto.

Sethi, Tyagi e Anurag, (2016), afirmam que o coco é uma das matrizes mais utilizadas em bebidas vegetais devido a sua composição rica em minerais e vitaminas, que atuam como antioxidantes, influenciam positivamente no processo digestivo e é uma alternativa para os alérgicos.

Em relação ao coco, seu subproduto principal é a sua água, rica em sais minerais como: potássio, sódio, magnésio, cálcio, manganês, vitamina C, vitaminas do complexo B (biotina, riboflavina, ácido fólico, ácido pantotênico e ácido nicotínico) e aminoácido L-arginina. Devido a sua grande quantidade de sódio e potássio, seu consumo diário se restringe a 900 mililitros (BONTEMPO, 2008; PERRONI, 2017).

A composição nutricional das proteínas vegetais tem sido usada como matéria-prima para a indústria de alimentos, devido a seus benefícios de consumo e pelo preço que torna os alimentos mais acessíveis (DAVIS et al., 2010).

Os produtos com maior potencial de serem utilizados nas formulações de novos produtos na indústria de alimentos são: concentrado proteico de ervilha e o isolado proteico de ervilha. O primeiro possui um teor de proteína de 47%, já o segundo, 80% (CHOI; HAN, 2001).

A utilização da ervilha em formulações alimentícias vem sendo bastante estudada, e sua proteína isolada tem ganhado mercado na área de alimentos vegetarianos. Essa proteína entra na formulação de alimentos na forma de substituto de proteína animal, como no desenvolvimento de alguns hambúrgueres vegetais (NASCIMENTO, 2017).

A hortelã verde (*Mentha arvensis*) é comumente utilizada na medicina popular por possuir efeitos diuréticos, antiespasmódicos, antirreumáticos, e agindo contra tosses e asma. No Brasil seu cultivo é extenso e é utilizada em indústrias de alimentos, farmacêuticas e químicas. Um grande produto bastante comercializado é seu óleo essencial que possui propriedades diversas (ROSA *et al*., 2011). O óleo essencial obtido do hortelã é seguro para humanos, pois não apresenta toxicidade. Possui propriedades antiviral, antifúngica e antibacteriana, como também antioxidante. Vem sendo utilizado para fins terapêuticos, cosméticos e alimentícios. Desta forma, incrementa a crescente demanda da produção do mesmo (MELO *et al*., 2020).

As folhas de hortelã são utilizadas na indústria de alimentos como agente flavorizante, e na produção de alimentos e bebidas. A população tem consumido em maior proporção em forma de chá para má digestão. Detêm um aroma forte e agradável (BÚFALO, 2015).

O crescente consumo de alimentos veganos tem impulsionado a indústria de alimentos a investir em inovações para suprir essa demanda. Esta pesquisa tem como objetivo a elaboração de uma bebida vegana que tem em sua base de ingredientes, matérias-primas de fácil acesso, bem como acessibilidade econômica. Sendo assim, a presente pesquisa se justifica com base no atual cenário econômico-social, onde o aumento do número de consumidores em busca de alternativas alimentares tem crescido tanto quanto a necessidade de impulsionar o comércio regional. Pois, além de possuir características nutricionais elevadas devido ao enriquecimento do produto com a proteína da ervilha, esta bebida impulsiona o comércio produtor de frutas tropicais como uma nova forma de rentabilidade econômica.

METODOLOGIA

A metodologia baseou-se na formulação da bebida, bem como o preparo das matérias-primas e análise de custo. Foi realizada uma prospecção sobre o potencial de venda através de websites disponíveis e análise patentária no site do INPI e *Google Patents* com os seguintes descritores: “bebida vegana”, “bebida proteica” e “bebida tropical”.

Para o preparo da matéria-prima manga, primeiramente foi feita a lavagem, para tal processo utilizou-se água tratada e bacteriologicamente pura; a concentração de cloro é importante por relacionar o tempo de contato entre a matéria-prima e a água de lavagem: valores entre 0,5 a 2,0 ppm na última água de lavagem; os tanques de lavagem utilizados foram de materiais

não absorventes. Em seguida foi feita a seleção descartando todas as mangas que não estavam em conformidade ou estágio de maturação adequado. O descascamento foi realizado com o uso de facas, de modo manual, a retirar toda a casca presente na manga, e o corte foi de modo a obter cubos, fazendo o descarte do caroço. Para o branqueamento colocou-se os cubos de manga em água fervente na temperatura de 60 a 80ºC por 1 minuto e em seguida lavou-os com água fria, a fim de reduzir a atividade enzimática. Logo em seguida adicionou-se os cubos de manga em um triturador por 5 minutos para o processo de esmagamento. Por fim, o produto foi armazenado em temperatura de 5ºC até o processamento da bebida.

As folhas de hortelã foram lavadas em água corrente para retirar as impurezas, e foi feita a seleção com o descarte das folhas que se encontravam com algum dano ou em processo de deterioração. No processo de sanitização as folhas foram imersas, por 10 minutos, em solução clorada de 150 a 200 ppm em temperatura de 5ºC, em seguida sofreram enxague em água corrente. Elas foram então colocadas em água fervente, a 100ºC, por 1 hora em panela abafada com tampa para a infusão. Após o tempo determinado elas foram retiradas e descartadas, e o líquido da infusão foi resfriado e armazenado em temperatura de 5ºC até a etapa de processamento da bebida.

Tanto a água de coco quanto a proteína da ervilha foram adquiridas em comércio local. A bebida foi elaborada em liquidificador. Adicionou-se 200 mL de água de coco, 20 g de proteína da ervilha, 40 g da polpa da manga e a 20 mL da infusão da hortelã no liquidificador, e processou, por aproximadamente 5 minutos, até obter uma bebida com consistência uniforme. A bebida foi envasada em garrafas do tipo PET, com enchimento asséptico, e rotuladas com a descrição do produto elaborado.

DESENVOLVIMENTO

Para o projeto proposto é esperado uma bebida com alta qualidade sensorial, acessível e com um grande aporte nutricional em decorrência de suas matérias-primas (Tabela 01). Há um grande potencial comercial esperado devido a todos os setores que a mesma pode fazer parte, como: alimentação vegana, por não apresentar produtos de origem animal ou ser testada nos mesmos; alimentação restrita, para intolerantes à lactose ou alérgicos; alimentação de suplementação para atletas devido a sua composição proteica, como também por ser uma bebida isotônica e auxiliar na reposição de minerais.

Tabela 01: Formulação da bebida tropical vegana rica em proteínas.

Ingrediente	Quantidade	%
Água de coco	200 mL	71,4
Polpa de manga	40 g	14,32
Proteína de ervilha	20 g	7,14
Infusão de Hortelã	20 mL	7,14

Fonte: Elaboração Própria, (2021).

Dada a sua inovação através da utilização da proteína de ervilha, garante à população que se declara vegetariana ou vegana, um novo produto enriquecido com a quantidade de proteínas adequadas para uma dieta de 2000 kcal.

Seguindo a busca de anterioridade da inovação, foram encontrados alguns trabalhos acadêmicos que se aproximam desse projeto. O trabalho intitulado “Bebida Proteica Vegana” de autoria de Marina Nóbrega Nascimento, Veridiana de Carvalho Antunes, André Fioravante Guerra, e Rosa Helena Luchese (2020), dispõe de duas formulações de bebidas veganas com base de leite de coco, enriquecidas uma com proteína de ervilha e outra com soja, ambas com sabor morango. O trabalho intitulado “Desenvolvimento de um novo Produto: Cappuccino Vegano” de autoria de Lara Ferreira Passos, Maria Eduarda Silva, Alessandra de Fátima Barcelos, Natália Corrêa Costa Silva, e Rafaela Corrêa Pereira (2020), dispõe de uma bebida à base de extrato de inhame, saborizada com café para ser substituto das demais bebidas lácteas com sabor de café. E o trabalho intitulado “Análise sensorial de bebida vegetal à base de grão de bico” de autoria de Bruna Araújo Luchine (2019), dispõe de uma análise do potencial do grão-de-bico em bebidas com objetivo de identificar os pontos positivos e quais devem ser melhorados.

Através de uma busca patentária no Google Patents, onde foram utilizados como descritores “bebida vegana”, “bebida proteica” e “bebida tropical”, resultou em, respectivamente, 114, 1358 e 0 patentes, como pode ser observado no Gráfico 01.

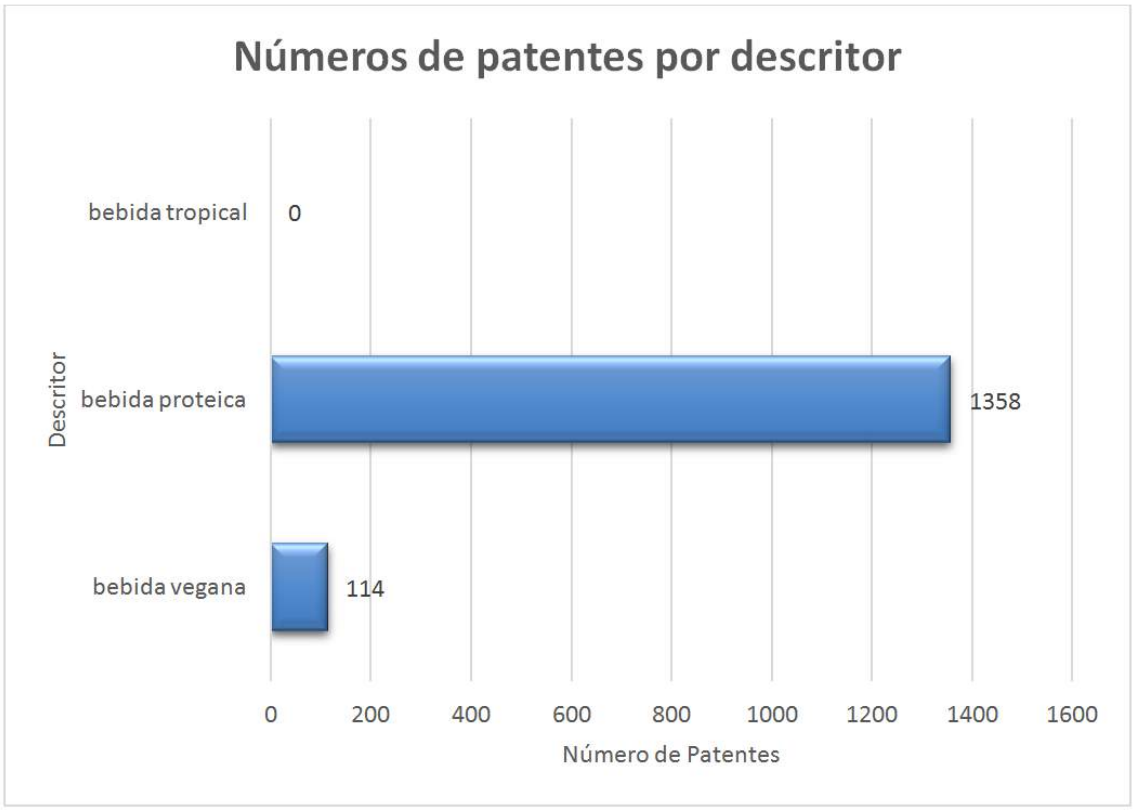


Gráfico 01: Busca patentária Google Patents.

Fonte: Elaboração própria através de dados de websites, 2021.

Em outra busca patentária, no site do INPI, utilizou-se como descritores “bebida”, “vegana”, “proteica” e “tropical”, o que resultou, respectivamente, como expresso no Gráfico 02, em 2157, 2, 5 e 1 patentes.

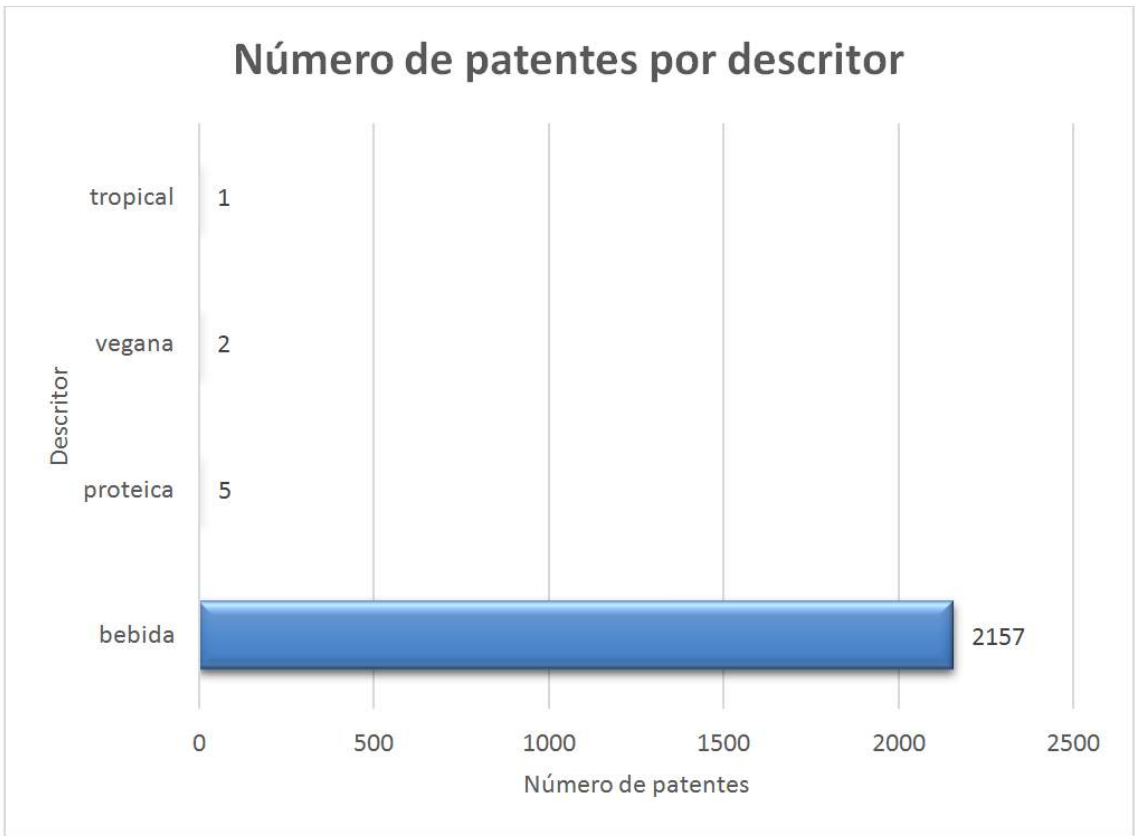


Gráfico 02: Busca Patentária INPI.

Fonte: Elaboração própria através de dados do INPI, 2021

De porte de toda a busca relacionada à inovação proposta, conclui-se que apesar de vários estudos encontrados, todos diferem do projeto proposto, pelos seguintes fatores: tipos de matérias-primas utilizadas e processo de obtenção da bebida.

É notório que há uma escassez de produtos com essa proposta devido aos dados obtidos nos gráficos anteriores. À vista disso, a presente invenção surge como contribuição de depósito de patente nacional, assim como apresenta um ótimo custo-benefício para produção, gerando um alimento que pode ser tanto incluindo na alimentação de pessoas onívoras, como na crescente demanda dos consumidores veganos e também a de intolerantes à lactose.

Através da formulação proposta da bebida juntamente com a precificação do processo foi obtido o custo total por unidade, visto na Tabela 02.

Tabela 02: Custo total por unidade da bebida proposta.

Ingrediente	Quantidade	Preço
Água de coco	200 mL	R$ 0,80
Polpa de manga	40 g	R$ 0,12
Proteína de ervilha	20 g	R$ 2,60
Infusão de Hortelã	20 mL	R$ 0,05
Processo	1	R$ 0,50
Garrafa	1	R$ 0,50
Rótulo	1	R$ 0,10
Total		**R$ 4,67**

Fonte: Elaboração Própria, (2021).

Como a maioria dos sucos integrais e naturais se encontram na margem de preço de R$ 4,00 a R$ 7,00, a proposta da bebida tropical vegana rica em proteínas com custo total de R$

4,67, é extremamente favorável à comercialização.

Em relação às bebidas proteicas, foi encontrado uma faixa de R$ 5,00 a R$ 20,00 por garrafa de aproximadamente 300 mL. O que torna o produto proposto em um alimento de acessibilidade econômica viável para o consumo de grande parte da população. Além disso, sendo sua composição constituída de grande parte por matérias-primas regionais do Nordeste, resulta em uma valorização do comércio local, como também das suas frutas tropicais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos neste trabalho, nota-se o grande potencial da elaboração e comercialização da bebida tropical vegana e rica em proteínas. O produto formulado atende as expectativas de mercado por ser economicamente acessível quando comparada a bebidas similares desse setor. Em detrimento a utilização de um ingrediente que possui alto teor proteico, sugere uma nova alternativa de alimento para os consumidores vegetarianos e veganos.

De maneira geral, o produto proposto incentiva a valorização das frutas tropicais, o comércio local, bem como a estimulação inovadora na formulação de outros produtos.
Acentuando a necessidade de disseminar a importância da contribuição e registro de inovações para próximos estudos.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. A.; SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebidas mistas à base de manga, maracujá e caju adicionadas de prebióticos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 197-203, abr./jun. 2011.

Aquino, J. R.; Freire, J. A.; & de Carvalho, A. C. A. (2017). Importância, heterogeneidade e pobreza da agricultura familiar no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Geotemas**, 7(2), 66-92.

BONTEMPO, M. **O poder medicinal do coco e do óleo de coco extra virgem.** São
Paulo: Alaúde Editorial, 2008.

BÚFALO, J. **Mentha x piperita, Ocimum basilicum e Salvia deserta, (Lamiaceae): abordagens fisiológicas e fitoquímicas**. 2015. 101p. Tese [Doutorado]. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/142964/000864887.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 jan. 2021.

CHOI, W-S.; & HAN, J. H. Physical and Mechanical Properties of Pea-Protein-based. Edible Films. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 319-322, 2001.

DAVIS, J.; SONESSON, U.; BAUMGARTNER, D. U.; & NEMECEK, T. Environmental impact of four meals with different protein sources: Case studies in Spain and Sweden. **Food Research International**, v. 43, p. 1874-1884, 2010.

Melo, W. F. M. F.; Maracajá, P. B.; Linhares, P. C. F.; Forny, P. F.; Melo, W. F. de; Rolim, F. D.; Mota, A. C.; Rolim, A. B.; Linhares, R. S.; & Melo, E. de. (2020). Propriedades físico-químicas da hortelã (Mentha piperita L.) e seus benefícios à saúde. **Informativo Técnico Do Semiárido,** 12(2), 08-13. Recuperado de: <https://www.editoraverde.org/gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/8519>.

NACHBAR, A. L. (2018). Correlações entre caracteres morfoagronômicos de frutos de genótipos de Cucurbita spp. **Revista de ciências agroambientais**,15(2), 175-180.

NASCIMENTO, R. F. **Estudo do processo de aglomeração de proteína isolada de ervilha em leito fluidizado pulsado**. Dissertação de mestrado (Faculdade de Engenharia Química) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. S.P. 26 jul. 2017. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/330380/1/Nascimento_RaulFaaro_M.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2021.

ROSA, N. C.; TRINTIM, L. T.; CORRÊA, R. C. G.; VIEIRA, A. M. S.; BERGAMASCO, R. Elaboração de geleia de abacaxi com hortelã zero açúcar: processamento, parâmetros físico-químicos e análise sensorial. **Revista Tecnológica: Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Paraná, v. 1, n. 1, p. 83-89, out. 2011.

SETHI, S.; TYAGI, S. K.; ANURAG, R. K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 9, p. 3408-3423, 2016.

VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. P. S.; CORREIA, M. G. S. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. Caderno de Graduação - Ciências Biológicas e **Revista UniScientiae** | UNIVIÇOSA Volume1, Número1, p.1-12 jan./jun. 2018 Amanda Martins Amorim et al | 12 da Saúde-UNIT, v. 1, n. 1, p. 43-52, 2012. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernobiologicas/article/view/284/112>. Acesso em: 01 fev. 2021.

2021 WICTA
16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PRÉ-TRATAMENTOS APLICADOS A MORANGOS CONGELADOS

PRETREATMENTS APPLIED TO FROZEN STRAWBERRIES

PRIETSCH, Kennia Mendes[1]*; BORGES, Caroline Dellinghausen[2]; MENDONÇA, Carla Rosane Boarboza[2]; GRANDA, Eliezer Avila[2].

[1]Mestrado em Nutrição e Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [2]Centro das Ciências Químicas Farmacêuticas e de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas. *Contato: kenniaprietsch@hotmail.com

RESUMO

O congelamento é considerado uma das maneiras mais fáceis de preservar a qualidade dos alimentos, entretanto os morangos são um dos produtos agrícolas mais sensíveis à degradação pelo congelamento. Este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca dos pré-tratamento aplicados no congelamento do morango, a fim de reduzir suas alterações. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema de setembro de 2019 a janeiro de 2020, com a utilização de livros e por meio de busca eletrônica no portal de Periódicos CAPES e Google acadêmico. A busca on-line ocorreu mediante consulta dos termos/descritores nos idiomas português e inglês: morango (*strawberry*), congelamento (*freezing*), congelado (*frozen*), pré-tratamento (*pretreatment*) e revestimento comestível (*edible coating*). Tem-se avaliado a utilização de revestimentos como pré-tratamento ao congelamento, sendo compostos de carboidratos, agentes de firmeza e antioxidantes, utilizados isoladamente ou associados. Como resultado há, principalmente, redução da perda por exsudação em função do controle na formação dos cristais de gelo e com isso a manutenção da firmeza e a redução das reações de oxidação.

Palavras-chave: Revestimento comestível, agente de firmeza, antioxidante.

ABSTRACT

Freezing is considered one of the easiest ways to preserve food quality, however strawberries are one of the agricultural products most sensitive to degradation by freezing. This work aims to carry out a literature review about the pretreatment applied in strawberry freezing, in order to reduce its alterations. A literature search was carried out on the topic from september 2019 to january 2020, using books and through electronic search on the CAPES Journals and Academic Google portal. The online search was carried out by consulting the terms/descriptors in portuguese and english: morango (strawberry), congelamento (freezing), congelado (frozen), pré-treatment (pretreatment) and revestimento comestível (edible coating). The use of coatings as a pretreatment to freezing has been evaluated, being composed of carbohydrates, firming agents and antioxidants, used alone or in association. As a result, there is, mainly, a reduction in exudation loss due to the control in the formation of ice crystals, thus maintaining firmness and reducing oxidation reactions.

Keywords: Edible coating, firming agent, antioxidant.

INTRODUÇÃO

As frutas vermelhas, como morango, framboesa, amora e mirtilo apresentam grande aceitação pelo seu sabor, aparência e aroma, mas também pela presença dominante de compostos fenólicos, os quais estão diretamente associados a diversas atividades funcionais e, principalmente à prevenção de doenças crônicas (AABY et al. 2012).

O morango (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) pertencente à família Rosaceae, está entre as frutas vermelhas mais consumidas no mundo por apresentar aroma e gosto agradável e textura suculenta, além disso, é considerado uma boa fonte de folato e potássio, e uma ótima fonte de fibra alimentar, vitamina C, manganês e substâncias antioxidantes como fitoquímicos (CEREZO et al. 2010; GARCIA et al., 1996).

O morango é não climatérico, entretanto, apresenta alta perecibilidade, podendo apenas ser estocado por pequenos períodos (BRON, 2007). Assim, técnicas de preservação eficazes são necessárias para prolongar a vida útil do morango, a fim de manter suas propriedades físicas e nutricionais. O congelamento é uma das técnicas de preservação de alimentos mais comuns e bem estabelecidas, que diminui a taxa de deterioração, reduzindo a mobilidade molecular, as atividades microbianas, enzimáticas, oxidativas e a taxa respiratória (BILBAO-SAINZ et al., 2019).

Ainda que o congelamento seja considerado uma das maneiras mais fáceis de preservar a qualidade dos alimentos, a preservação do morango por congelamento traz consequências danosas, pois se verifica a alteração da coloração do fruto, em função da perda de antocianinas, oxidação dos compostos fenólicos pela polifenoloxidase e da oxidação da vitamina C, além da perda de exsudado e de textura, devido ao dano provocado pelos cristais de gelo (ABD-ELHADY, 2014; BERBARI et al., 1998; BULUT et al., 2018; RENO et al., 2011).

Assim, diferentes pré-tratamentos têm sido avaliados com o intuito de manter as características do morango submetido ao congelamento, como imersão em sacarose, cloreto de cálcio, pectina associada à aplicação de calor (BERBARI et al., 1998); sacarose e cloreto de cálcio (SUUTARINEN et al., 2000); revestimento de quitosana adicionado de lactato de cálcio/gluconato de cálcio e vitamina E (HAN et al., 2004); infusão a vácuo de cloreto de cálcio e da enzima pectinametilesterase (BUGGENHOUT et al., 2006); pré-tratamento à base de ácido ascórbico, sacarose e pectina de baixo teor de metoxilação (OSZMIAŃSKI et al., 2009); imersão de morangos em soluções de pectimetilesterase e cloreto de cálcio (GALETTO et al., 2010); impregnação a vácuo de cloreto de cálcio, pectina e glicose (RENO et al., 2011); imersão em ácido cítrico e lactato de cálcio associado ao resfriamento a 5ºC *overnight* (ABD-ELHADY, 2014) e tratamento com suco de limão, ácido ascórbico, sacarose, cloreto de cálcio, alginato e pectina de baixo teor de metoxilação (YU; LIAO, 2016).

De modo geral, os trabalhos utilizam um agente de firmeza (cloreto de cálcio, lactato de cálcio ou gluconato de cálcio) e um agente antioxidante (ácido cítrico ou ácido ascórbico),

sendo principalmente utilizados como revestimento carboidratos, como sacarose, glicose e pectina; poucos são os trabalhos que avaliaram a utilização de outros polissacarídeos, como quitosana e alginato (BERBARI et al., 1998; HAN et al., 2004; OSZMIAŃSKI et al., 2009).

Este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca dos pré-tratamento aplicados no congelamento do morango, a fim de reduzir suas alterações.

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema de setembro de 2019 a janeiro de 2020, em livros e por meio da busca eletrônica no portal de Periódicos CAPES e Google Acadêmico, utilizando os termos/descritores nos idiomas português e inglês: morango (*strawberry*), congelamento (*freezing*), congelado (*frozen*), pré-tratamento (*pretreatment*) e revestimento comestível (*edible coating*).

DESENVOLVIMENTO

Morango

O morangueiro é uma planta perene, rasteira e herbácea, que pertence à família Rosacea e ao gênero *Fragaria* (GOMES, 2007). O morango é um pseudofruto, pois é originado de uma única flor com vários ovários. O desenvolvimento de cada ovário produz uma fruta. Cada um dos pequenos pontos escuros do morango, chamado popularmente de semente, é cientificamente conhecido como aquênio, que na verdade é o verdadeiro fruto. A porção suculenta do morango origina-se do receptáculo floral, assim como se dá na maçã e na pera, em que o fruto verdadeiro é a parte central endurecida que contém as sementes (PEREIRA et al., 2011).

A cultura do morango está presente em todas as regiões do Brasil. Em 2017 foram produzidas no Brasil 146.477 toneladas de morango, sendo o Sudeste (110.337 toneladas) e o Sul (28.622 toneladas), as regiões que concentraram os maiores valores de produção, seguidas da região Centro-Oeste com 4.650 toneladas e Nordeste com 2.867 toneladas (IBGE, 2019).

No Brasil, o padrão varietal concentra-se em um número reduzido de cultivares, sendo Oso Grande na região Sudeste, e Camarosa, Aromas e Albion na região Sul.

O morango é apreciado por sua cor característica, sabor e aroma. Apresenta alto teor de umidade (90%), é rico em vitamina C (63,6 mg.100g^{-1}) e boa fonte de fibras dietéticas (1,7 g.100g^{-1}), folato (0,027 mg.100g^{-1}), potássio (184 mg.100g^{-1}) e outros compostos antioxidantes, como flavonoides e outros fenólicos. Adicionalmente é pobre em caloria (ANTUNES et al., 2016; PRASANNA et al., 2007; ROBARDS et al., 1999; TACO, 2011).

Segundo Severo (2009), o morango Camarosa em maturação 5 (ideal para consumo), apresenta teores de antocianinas totais de 23,42 mg cianidina 3 glicosídeo.100 g^{-1}, capacidade antioxidante de 2,24 µmol TE.g^{-1} e fenóis totais de 752,04 mg GAE.100 g^{-1}. Já em relação aos fenóis individuais foram observados 206,29 mg.100 g^{-1} de ácido gálico, 113,69 mg.100 g^{-1} de

ácido hidroxibenzoico, 4,58 mg.100 g^{-1} de ácido cumárico, 3,45 mg.100 g^{-1} de ácido ferúlico, 0,62 mg.100 g^{-1} de ácido cafeico, 3,05 mg.100 g^{-1} de catequina, 1,68 mg.100 g^{-1} de epicatequina, 0,29 mg.100 g^{-1} de quercetina e 3,6 mg.100 g^{-1} de kaempferol.

As características do morango estão relacionadas à presença de flavonoides (antocianinas, flavonóis), ácidos fenólicos e vitamina C. Esses compostos apresentam atividade anticarcinogênica e anti-inflamatória. Atuam por meio da remoção de radicais livres, o que limita a formação dessas substâncias e neutraliza o estresse oxidativo. Podem reduzir o risco de doenças degenerativas, obesidade, diabetes mellitus, doenças cardiovasculares, doenças neurológicas e cânceres (NUNES; NOVELHO, 2020).

O morango é uma fruta não climatérica, assim deve ser colhida muito próximo à sua maturação para que suas características sensoriais se expressem de forma total, entretanto, apresenta alta perecibilidade na conservação pós-colheita, devido a sua intensa atividade metabólica e grande suscetibilidade ao ataque de microrganismos deterioradores causadores de alterações microbiológicas, sendo as mais comuns as ocasionadas pelos fungos *Botrytis cinerea* e *Rhizopus stolonifer* (CANTILLANO et al., 2010).

Congelamento

O congelamento é uma forma de conservação de alimentos que ocorre com a redução da atividade de água, pois parte da água presente no alimento deixa de ser líquida, ocorrendo a formação de cristais de gelo (CARELLE et al., 2014).

O tamanho e a localização dos cristais de gelo formados nos tecidos dependem da velocidade de congelamento. O congelamento rápido proporciona a formação de cristais de gelo muito pequenos e intracelulares, que não provocam o rompimento das células, com isso a textura do alimento é mantida. Além disso, reduz a difusão dos sais e a separação da água na forma de gelo, impedindo a formação de soluções hipertônicas no produto. No congelamento lento, ocorre o contrário, uma vez que há a formação de grandes cristais de gelo, os quais rompem as células e desorganizam a estrutura do alimento (OETTERER et al., 2006). Quando os alimentos congelados pelo método lento são descongelados, os tecidos desidratados não se reidratam e com isso a textura do alimento fica comprometida (CAMPELL-PLATT, 2015).

Em função da taxa de congelamento, os métodos são classificados em: congelamento lento (0,2 $cm.h^{-1}$), congelamento rápido (0,5 a 3 $cm.h^{-1}$), congelamento muito rápido (5 a 10 $cm.h^{-1}$) e congelamento ultrarrápido (10 a 100 $cm.h^{-1}$) (FELLOWS, 2006).

Entretanto, apesar dos benefícios do congelamento rápido, essa tecnologia não é viável para muitas agroindústrias, em função do custo inicial para a aquisição do equipamento.

Dependendo do alimento, o congelamento não constitui um método de redução microbiana, pois atinge somente uma parte da microbiota. Em relação a atividade enzimática há somente redução desta (OETTERER et al., 2006). O congelamento ocasiona a desnaturação e precipitação de proteínas e enzimas, reduzindo assim a população de alguns microrganis-

mos e ocasionando a redução da atividade enzimática. Os cristais de gelo formados também podem afetar a viabilidade microbiana, principalmente, de células bacterianas bastonetes Gram negativos, os quais provocam o rompimento da membrana citoplasmática que é mais sensível que as Gram positivas. De uma forma geral, o congelamento afeta pouco o valor nutricional dos alimentos (SILVA, 2000).

A manutenção da qualidade das frutas na pós-colheita e o prolongamento da vida útil, estão diretamente relacionados com os tratamentos adicionais realizados nessa fase (ANTUNES et al., 2016).

A utilização de baixas temperaturas é essencial para o armazenamento, transporte a longas distâncias e comercialização de morangos. Entretanto, para o seu armazenamento prolongado apenas a redução da temperatura não é suficiente para manter a qualidade das frutas, sendo necessário usar também outras técnicas que visam prolongar a vida útil das frutas na pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA 1990).

Apesar dos morangos serem um dos produtos agrícolas mais sensíveis à degradação no congelamento, existe uma grande demanda de morangos congelados (DELGADO; RUBIOLO, 2005), principalmente para a indústria de doces. Há pouca disponibilidade de morango congelado no mercado varejista.

Entretanto, em morangos congelados, verifica-se alteração da coloração do fruto, em função da perda de antocianinas, oxidação dos compostos fenólicos pela polifenoloxidase e da vitamina C, além da perda de exsudado e de textura, devido ao dano provocado pelos cristais de gelo (ABD-ELHADY, 2014; BERBARI et al., 1998; BULUT et al., 2018; RENO et al., 2011).

Efeitos dos pré-tratamentos aplicados a morangos submetidos ao congelamento

Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de manter as características dos morangos submetidos ao congelamento. Berbari et al. (1998) observaram que o revestimento de morangos com 0,5% de pectina e 0,2% de cloreto de cálcio utilizado como pré-tratamento ao congelamento a -25ºC, diminuiu a perda de líquido por exsudação, assim como reduziu as perdas de ácido ascórbico, não interferindo no sabor e na cor do produto.

Pré-tratamentos constituídos pela imersão ou aspersão de sacarose e cloreto de cálcio a morangos submetidos ao congelamento a -20ºC e armazenamento por 2 meses foram avaliados por Suutarinen et al. (2000). Os tratamentos não afetaram a perda por exsudação, entretanto, de forma geral tornaram a textura mais firme.

Han et al. (2004) demonstraram que o revestimento à base de quitosana, gluconato de cálcio/lactato de cálcio e vitamina E aplicado a morangos submetidos ao congelamento a -23ºC por 6 meses, reduziu a perda por exsudação e melhorou a textura.

Sacarose, pectina de baixo teor de metoxilação e ácido ascórbico ocasionaram proteção dos compostos fenólicos de morangos submetidos ao congelamento a -20ºC por 6 meses, principalmente para antocianinas, proantocianinas e beta-catequina, em relação aos fla-

vonóis e ácidos fenólicos, sendo também observada a influência da variedade do morango (OSZMIAŃSKI et al., 2009).

O efeito da imersão de morangos em soluções de pectimetilesterase e de cloreto de cálcio previamente ao congelamento (-22ºC) e armazenamento por 55 dias foi avaliado por Galetto et al. (2010). Os resultados demonstraram que a firmeza dos frutos descongelados diminuiu aproximadamente 74% em relação aos morangos frescos, e nenhum dos tratamentos avaliados proporcionou benefício significativo na manutenção da firmeza. No entanto, o congelamento por imersão em cloreto de cálcio proporcionou um benefício significativo na redução da perda por exsudação dos morangos descongelados.

Reno et al. (2011) avaliaram um pré-tratamento ao congelamento (-18ºC) de morangos, constituído da impregnação a vácuo de diferentes concentrações de cloreto de cálcio, pectina e glicose. A concentração de pectina teve influência e demonstrou potencial para a proteção do tecido de amostras congeladas. As fotomicrografias mostraram que a perda de fluido celular ocorreu durante o crescimento do gelo formado nos espaços intercelulares, sendo retardada em tratamentos com altas concentrações de pectina.

No estudo de Abd-Elhady (2014), a imersão dos morangos em 0,4% de ácido cítrico associado a 1% de lactato de cálcio, previamente ao congelamento a -40ºC, com posterior armazenamento a -18ºC por 12 meses, resultou em menor perda por exsudação e aumento da firmeza, retenção de ácido ascórbico e antocianinas.

Yu e Liao (2016) avaliaram o uso de pré-tratamentos com suco de limão, ácido ascórbico, sacarose, cloreto de cálcio, alginato e pectina de baixo teor de metoxilação em morangos submetidos ao congelamento criomecânico (nitrogênio líquido e ar forçado -25ºC) e *air blast* (ar forçado -25ºC) e armazenamento a -18ºC de 6 meses, dependendo do experimento. De acordo com seus resultados, o pré-tratamento com suco de limão combinado ao tratamento com alginato e cloreto de cálcio mostrou-se eficaz na minimização de instabilidade de cor e textura dos morangos, independentemente do método de congelamento.

Revestimentos comestíveis como carreadores de agentes de firmeza e agentes antioxidantes

Uma técnica de preservação que vem sendo utilizada para vegetais é a aplicação de revestimentos comestíveis. Esses se caracterizam como uma dispersão que é aplicada diretamente sobre a superfície do alimento e logo após a secagem, formam uma fina película sobre o produto (VILLADIEGO et al. 2005). A aplicação do revestimento pode ser realizada de duas formas: por meio de imersão rápida do fruto em uma solução filmogênica ou por meio de aspersão, cujo processo é semelhante, porém a solução é aspergida sobre o alimento (BESINELA JUNIOR et al. 2010).

Com a aplicação do revestimento nos vegetais tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, o que reduz a transferência de umi-

dade e as trocas gasosas (ASSIS et al. 2009).

De acordo com Oetterer et al. (2006), os revestimentos coloidais protegem contra os danos do frio, diminuem a cristalização e retêm a fase líquida no interior da célula. Sendo úteis quando a velocidade de congelamento é lenta, entretanto, seu emprego pode ser prejudicial durante o congelamento rápido, pois servem como núcleos para a cristalização intracelular (ORDÓÑEZ et al. 2005).

O revestimento não tem como objetivo substituir o emprego de materiais convencionais de embalagens, além disso, ele deve apresentar certas características como ter aderência suficiente para não ser facilmente removido no manuseio, ser invisível e não introduzir alterações no gosto ou odores originais (ASSIS et al. 2009).

De acordo com a composição, os revestimentos são classificados em três categorias: hidrocoloidais, são à base de polissacarídeos ou proteínas, apresentam baixa permeabilidade ao oxigênio, dióxido de carbono e lipídeos; lipídicos, são compostos orgânicos, os quais por sua natureza hidrofóbica, apresentam baixa permeabilidade ao vapor de água; compostos, são à base de proteínas e lipídeos, ou polissacarídeos e lipídeos (VILLADIEGO et al., 2005).
Em morangos congelados tem-se avaliado como revestimento comestível, principalmente carboidratos como sacarose, glicose, pectina, quitosana e alginato. Os revestimentos influenciam, principalmente, na redução da perda por exsudação em função do controle na formação dos cristais de gelo e de reações de oxidação (BERBARI et al. 1998; HAN et al., 2004; OSZMIAŃSKI et al., 2009).

Os revestimentos têm sido também utilizados como carreadores de agentes de firmeza, antioxidantes, conservantes, entre outros**.** De modo geral, os trabalhos com morangos congelados utilizam um agente de firmeza (cloreto de cálcio, lactato de cálcio ou gluconato de cálcio) e um agente antioxidante (ácido cítrico ou ácido ascórbico) (BERBARI et al., 1998; HAN et al., 2004; OSZMIANSKI et al., 2009).

O ácido cítrico e o ácido ascórbico tem sido aplicados como antioxidantes para controlar a oxidação dos compostos fenólicos pela enzima polifenoloxidase e com isso o escurecimento enzimático em função de reduzir o pH e inativar a enzima (KOBLITZ, 2008).

Os sais de cálcio, quando aplicados na pós-colheita dos frutos, atuam na preservação da firmeza. O cálcio ao ligar-se covalentemente às pectinas dá origem ao pectato de cálcio, que restringe a ação da pectinametilesterase e poligalacturonase, retardando o amaciamento e assim, mantendo a firmeza do fruto (YAMAMOTO et al., 2011).

Frequentemente, plastificantes como o glicerol e sorbitol são usados no revestimento comestível, com o intuito de conferir mais plasticidade e para melhorar a adesão deste ao vegetal. As moléculas do plastificante diminuem as forças intermoleculares facilitando o movimento das cadeias do revestimento (ASSIS; BRITTO, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser sensível às alterações ocasionadas pelo congelamento, os morangos necessitam de um pré-tratamento para reduzir tais efeitos ocasionados pelas baixas temperaturas. Tem-se avaliado a utilização de revestimentos como pré-tratamento ao congelamento, sendo compostos de carboidratos, agentes de firmeza e antioxidantes, utilizados isoladamente ou associados. Como resultado há, principalmente, redução na perda por exsudação em função do controle na formação dos cristais de gelo e com isso a manutenção da firmeza e a redução das reações de oxidação.

REFERÊNCIAS

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening**. Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 86-97, 2012.

ABD-ELHADY, M. Effect of citric acid, calcium lactate and low temperature prefreezing treatment on the quality of frozen strawberry. **Agricultural Science**, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2014.

ANTUNES, L. E.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro.** Brasília: Embrapa, 2016. 590p.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. DE. Revisão: coberturas protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ASSIS, O. B. G.; BRITO, D.; FORATO, L. A. **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2009. 23p.

BERBARI, S. A. G.; NOGUEIRA, J. N.; CAMPOS, S. D. S. Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 82-86, 1998.

BESINELA JÚNIOR, E.; MONARIM, M. M. S.; CAMARGO, M.; MAHL, C. R. A.; SIMÕES, M. R.; SILVA, C. F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* l) minimamente processado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 1, n. 1, p.131-142, 2010.

BILBAO-SAINZ, C.; SINROD, A.; POWELL-PALM, M. J. Preservation of sweet cherry by isochoric (constant volume) freezing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 52, p. 108-115, 2019.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Classificação de frutos por "climatério" é conceito em extinção? **Visão Agrícola**, v. 7, p. 8-10, 2007.

BUGGENHOUT, S. V.; MESSAGIE, I.; MAES, V.; DUVETTER, T.; LOEY, A. V.; HENDRICKX. M. Minimizing texture loss of frozen strawberries: effect of infusion with pectinmethylesterase and calcium combined with different freezing conditions and effect of subsequent storage/thawing conditions. **European Food Research and Technology**, v. 223, p. 395-404, 2006.

BULUT, M.; BAYER, Ö.; KIRTIL, E.; BAYINDIRLI, A. Effect of freezing rate and storage on the texture and quality parameters of strawberry and green bean frozen in home type freezer. **International Journal of Refrigeration**, v. 88, p. 360-369, 2018.

CAMPELL-PLATT, G. **Food Science and Technology.** Barueri: Editora Manole, 2015. 548p.

CANTILLANO, R. F. F.; DA SILVA, M. M. da S. **Manuseio pós-colheita de morangos.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 10-11, 2010.

CARELLE, A. C.; CÂNDIDO, C. C. **Tecnologia dos alimentos – Principais etapas da cadeia produtiva**. São José dos Campos: Editora Érica, 2014. 144p.

CEREZO, A. B.; CUEVAS, E.; WINTERHALTER, P.; GARCIAPARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in Camarosa strawberry. **Food Chemistry**, v. 123, n. 3, p. 574-582, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESALFAEPE, 1990. 320p.

DELGADO, A. E.; RUBIOLO, A. C. Microstructural changes in strawberry after freezing and thawing processes. **Food Science and Technology,** v. 38, n. 2005, p. 135-142, 2004.

FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of The United Nations and World Health Organization. **Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria.** Córdoba: FAO/WHO, 2001. 34p.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos.** 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

GALETTO, C. D.; VERDINI, R. A.; ZORRILLA, S. E.; RUBIOLO, A. C. Freezing of strawberries by immersion in $CaCl_2$ solutions. **Food Chemistry**, v. 123, n. 2, p. 243-248, 2010.

GARCIA, J. M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 44, n. 1, p. 30-33, 1996.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 2007. 446p.

HAN, C.; ZHAO, Y.; LEONARD, S. W.; TRABER, M. G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) and raspberries *(Rubus ideaus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 1, p. 67-78, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

NUNES, G.; NOVELLO, D. Ação antioxidante e propriedades funcionais do morango no organismo humano. **Revista Valore,** v. 5, n. 5004, p. 1-23, 2020.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri: Editora Manole, 2006. 632p.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos.** Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

OSZMIAŃSKI, A. J.; WOJDYŁO, A.; KOLNIAK, J. Efeito do tratamento com ácido L -ascórbico, açúcar, pectina e congelamento-descongelamento no conteúdo de polifenóis de morangos congelados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 42, n. 2 , p. 581-586, 2009.

PEREIRA, F. do A.; ANDRADE, L. M.; FORTALEZA, J. M. **Coleção plantar: a cultura do morango.** Brasília: Embrapa, 2011. 51p.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fenômenos de amadurecimento de frutas - Uma visão geral. **Revisões Críticas em Ciência e Nutrição de Alimentos,** v. 47, p. 1-19, 2007.

RENO, J. M.; PRADO, M. E. T.; DE RESENDE, J. V. Microstructural changes of frozen strawberries submitted to pre-treatments with additives and vacuum impregnation. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 1, n. 31, p. 247-256, 2011.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, p. 401-436, 1999.

SEVERO, J. **Maturação e UVC na expressão transcricional de genes envolvidos nas rotas metabólicas de parede celular, compostos fenólicos e aromas em morango**. 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas.

SILVA, J. A. **Tópicos em ciência e tecnologia de alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 2000. 664p.

SUUTARINEN, J.; HEISKA, K.; MOSS, P.; AUTIO, K. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. **Food Science and Technology,** v. 33, n. 2, p. 89-102, 2000.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** Universidade Estadual de Campinas. 4 ed, 2011.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, v. 52, n. 300, p. 221-244, 2005.

YAMAMOTO, E. L. M.; FERREIRA, R. M. R.; FERNANDES, P. L. M.; ALVEZ, L. B. A. E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde**, v. 6, n. 2, p. 49-55, 2011.

YU, A.; LIAO, H. Evaluation of three-step pretreatment combined with air blast or cryomechanical freezing in improving the quality of frozen strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Harunoka)**. International Journal of Food Engineering**, v. 12, n. 2, p. 153-163, 2016.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PROCESSAMENTO DE FILÉS DE TILÁPIA DO NILO: UMA REVISÃO

PROCESSING OF TILAPIA FILLETS: A REVIEW

SANTOS, Morgana Andrade dos[1]*; ROCHA, Meritaine da[1]

[1]Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos/FURG
*Contato: morgana.a.santos15@gmail.com

RESUMO

Os peixes são uma das proteínas animal em crescente aumento de consumo, sendo considerada a cadeia produtiva de proteína animal que mais se desenvolveu nos últimos anos. Devido a suas características intrínsecas, tais como uma alta atividade de água, pH próximo da neutralidade e conteúdo de nutrientes, favorecem o desenvolvimento de micro-organismos e reações, levando a diminuição da vida útil e segurança do produto. Dentre os procedimentos e ações que visam prevenir ou reduzir a contaminação química, física e biológica na produção de alimentos seguros, encontram-se as Boas Práticas de Fabricação (BPF). O objetivo desta revisão bibliográfica foi estudar o pescado, tilápia do Nilo, dada sua relevância, bem como os métodos de condução do processo produtivo, através de pesquisa bibliográfica qualitativa, relacionada a pescados, alterações físico-químicas e microbiológicas, processamento e conservação de tilápia do Nilo congelado e as BPF. Como resultado foi verificada a relevância da aplicação das BPF associada ao controle de temperatura ao longo da cadeia produtiva de pescado, na obtenção de um produto de qualidade, seguro ao consumo. Além disso, a adoção destas práticas possibilitará a produção de filés de tilápia do Nilo com vida útil prolongada em comparação ao peixe fresco ou resfriado, condições que contribuem à redução de perdas, contribuindo o comércio de peixe congelado para regiões mais distantes das unidades beneficiadoras.

Palavras-chave: Segurança de alimentos, tilápia do Nilo, peixe, conservação, frio.

ABSTRACT

Fish are one of the animal proteins in increasing consumption, being considered the production chain of animal protein that has developed more in recent years. Due to their intrinsic characteristics, such as high water activity, pH near to neutrality and nutrient content, this contributed that the development of microorganisms and reactions, leading to the product's shelf life and safety reduction. Many the procedures and actions that aim to prevent or reduce chemical, physical and biological contamination in the safe food production, there are the Good Manufacture Practices (GMP). The aim of this literature review was to study fish, Nile tilapia, given its relevance, as well as the methods of conducting the production process, through qualitative bibliographic research, related to fish, physicochemical and microbiological changes, processing and conservation of tilapia of frozen Nile and GMP. As a result, it was verified the relevance of the application of GMP in association with temperature control along the fish production chain, in obtaining a quality product, safe for con-

sumption. In addition, the adoption of these practices will enable the production of Nile tilapia fillets with a longer shelf life compared to fresh or cooled fish, conditions that contribute to the reduction of losses, contributing to the frozen fish trade to regions farther away from the processing units.

Keywords: Food safety, Nile tilapia, fish, conservation, cold.

INTRODUÇÃO

Os pescados, incluindo, peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, répteis, equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana (Brasil, 2020a). Dentre estes, os peixes de aquicultura, juntos os animais oriundos da pesca, corroboram com a expansão da cadeia produtiva de proteína animal que mais se expandiu nos últimos anos (IBGE, 2020a) e encontra-se em uma crescente valorização de consumo (Peixe Br, 2021; IBGE 2020a). Os peixes, são responsáveis pelo suprimento de uma valiosa fonte de proteínas, são ricos em nutrientes, por exemplo: potássio, fósforo, iodo e aminoácidos essenciais, como a lisina, leucina e metionina capazes de suprir as necessidades dietéticas (FAO, 2014; Food Ingredients Brasil, 2009).

Em 2020, segundo dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO) a produção global de peixes atingiu 179 milhões de toneladas, destes 82 milhões provenientes da aquicultura (FAO, 2020). No Brasil, a aquicultura é responsável pela produção de 802,93 mil toneladas de peixes de diversas espécies (Peixe Br, 2021). Dentre os peixes mais explorados no mundo, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem se destacado devido suas características que favorecem seu cultivo, tendo como exemplo a capacidade de adaptação às condições ambientais, como sanilidade e temperatura da água de cultivo, elevada capacidade reprodutiva e de crescimento, além de serem resistentes a doenças (FAO, 2021a; Borges; Berthier, 2019). No Brasil a produção de tilápias, em 2020, correspondeu a mais de 60% da produção de peixes, com destaque a região sul do país, responsável pela maior contribuição, chegando a 213,35 mil toneladas de tilápias (Peixe Br, 2021). Para mais, sua carne possui boa aceitabilidade ao paladar, se trata de um peixe magro que apresenta sabor suave característico e poucos espinhos (Moura et al., 2009), que facilita seu consumo.

Com tudo, apesar de relevância imprescindível, os peixes, devido suas propriedades intrínsecas, tais como, pH próximo da neutralidade, elevada atividade de água, nutrientes facilmente utilizáveis por micro-organismos (Forsythe, 2013; Lidon; Silvestre, 2008), tornam-se mais propensos à deterioração (Jay, 2005). Neste contexto, técnicas de condução do processamento da matéria-prima, aliadas às Boas Práticas de Fabricação (BPF), referente aos procedimentos e ações que visam prevenir ou reduzir a contaminação química, física e biológica na produção de alimentos seguros, têm como um dos principais objetivos a proteção da saúde dos consumidores, se fazem indispensáveis (Forsythe, 2013; Tondo; Bartz, 2011; Brasil, 2002). O objetivo desta revisão bibliográfica foi estudar o pescado, tilápia do Nilo, dada sua relevância comercial e nutricional, bem como os métodos de condução do processo produtivo.

METODOLOGIA

A presente pesquisa qualitativa foi realizada através de uma revisão bibliográfica por meio de pesquisas relacionadas a pescados, alterações físico-químicas e microbiológicas, processamento e conservação de tilápia do Nilo congelado e as BPF utilizando material bibliográfico disponibilizado em livros, legislações e artigos científicos.

DESENVOLVIMENTO

Produção de pescado

Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), a aquicultura é definida como o cultivo de organismos aquáticos, incluindo peixes, moluscos, crustáceos e plantas aquáticas em ambiente selecionado (FAO, 2021b). A legislação brasileira, define "pescado", como os peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os répteis, os equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana (Brasil, 2020a).

O consumo mundial de pescado por habitante, em 2018, foi de 20,5 kg/ano; regiões e países desenvolvidos tendem a corroborar com o aumento da média de consumo mundial (FAO, 2020). No Brasil, as regiões norte e nordeste apresentam a frequência de consumo de pescados mais significativa (IBGE, 2020a). Em contrapartida, a região sul do país possui produção mais representativa de peixes de aquicultura, com 249,80 mil toneladas (31,1%), seguida da região nordeste (151,24 mil toneladas), norte (149,80 mil toneladas), sudeste (140,77 mil toneladas) e centro-oeste (111,31 mil toneladas), que em 2020, somadas totalizaram 802,93 mil toneladas (Peixe Br, 2021).

Neste contexto, dentre as espécies de pescado mais cultivadas, encontra-se a tilápia, com ampla produção nas regiões sul e sudeste (IBGE, 2020b), de boa aceitabilidade pelo mercado consumidor e é o peixe de água doce mais cultivado no Brasil (Peixe Br, 2021; IBGE, 2020b), atingindo a marca de 486,15 mil toneladas produzidas em 2020, crescimento de 12,5% em relação ao ano anterior (Peixe Br, 2021). Além de atender o mercado interno, as exportações encontram-se em crescimento. Os Estados Unidos, seguido do Chile, absorvem grande parte da produção brasileira de tilápias, na forma de filé fresco ou refrigerado (50,2%) e filé congelado (5,5%) (Peixe Br, 201).

Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia do Nilo (Figura 01), pertencente ao gênero *Oreochromis niloticus,* é uma espécie amplamente cultivada comercialmente (FAO, 2021a). De ocorrência em água doce, tolerando água salobra, possuindo hábitos diurnos, se alimentam de fitoplâncton ou algas, larvas de insetos e aceitam bem suplementação por ração. É uma espécie tropical, com temperatura preferida entre 31 a 36°C, e temperaturas inferiores a 8°C e superiores a 42°C afetam seu de-

senvolvimento, podendo ser letais (FAO, 2021a; Froese; Pauly, 2021). Salienta-se a alta capacidade de adaptação às condições ambientais, elevada capacidade reprodutiva e de crescimento, além de serem resistentes a doenças (FAO, 2021a; Borges; Berthier, 2019). A partir de 600 g de peso corpóreo, as tilápias do Nilo são aceitas pelo mercado brasileiro para industrialização, com 8 a 12 meses de criação podem atingir tamanhos maiores, de 800 g a 1 kg, destes, cerca de 30 a 40% corresponde ao corte filé (Faria; Morais, 2013; Leonhardt et al., 2006).

Figura 01: Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Fonte: Shutterstock (2021).

Como características internas, a carne de tilápia, possui coloração predominantemente branca, sendo a fração aderida à pele, de coloração que pode variar do claro ao rosado e linhas avermelhadas de diferentes intensidades ao longo da coluna e ausência de acúmulo de gordura subcutânea (MAPA, 2016).

Características do pescado

A composição físico-química dos pescados apresenta grandes variações entre as diferentes espécies e entre indivíduos da mesma espécie. Fatores ambientais, regime de criação, alimentação, forma de processamento, assim como idade e sexo dos animais exercem influência sob a composição química dos peixes (Carmo, 2020; Traverso; Avdalov, 2019; Moura et al., 2009; Oliveira et al., 2008). A carne de pescado possui proteínas de qualidade, altamente digeríveis e ricas em aminoácidos essenciais, como a lisina, leucina, metionina, obtidos exclusivamente através da alimentação (Food Ingredients Brasil, 2009). Possui atividade de água elevada, pH próximo da neutralidade e disponibilidade de nutrientes, a fibra muscular do pescado está relacionada a sensibilidade ao ataque de bactérias e a deterioração (Forsythe, 2013; Minozzo, 2011; Jay, 2005).

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) estabelece que para peixes frescos, sem prejuízo da avaliação das características sensoriais, o pH da carne deve ser inferior a 7,00 e Bases Voláteis Total (BVT) inferiores a 30 mg de nitrogênio/100 g de tecido muscular (Brasil, 2017a,b). Para o parâmetro microbiológico, é estabelecido o limite para os micro-organismos *Salmonella* spp., estafilococos (coagulase positiva) e *Escherichia coli.* A análise de histamina é exigida somente para peixes com elevado teor de histamina, condição que não se enquadra as tilápias (Brasil, 2019).

O peixe é facilmente contaminado com micro-organismos provenientes do solo, da água de lavagem, das mãos dos manipuladores e equipamentos que entram em contato, por conta-

minação cruzada originária do homem e animais; por micro-organismos provenientes do ambiente aquático (Cribb et al., 2018; Bartolomeu et al., 2011; Lindon; Silvestre, 2008), além da carga microbiológica natural, presente principalmente em seu intestino, nas brânquias e na superfície externa (pele) por decorrência do desenvolvimento de muco nesta região (Forsythe, 2013). Deste modo, os fatores extrínsecos, definidos pelo ambiente onde o alimento se encontra, tais como a temperatura do meio (Augusto, 2018), em associação às Boas Práticas de Fabricação (BPF) são fatores, que podem ser monitorados e controlados, que beneficiam a qualidade higiênico-sanitária e estendem a durabilidade do alimento (Jay, 2005; Brasil, 2002; 1997).

Conservação por congelamento

Na cadeia produtiva de pescado, a aplicação de frio é o método de conservação amplamente utilizado (Oetterer et al., 2012). A velocidade de congelamento, manutenção da temperatura de armazenamento, e o modo de descongelamento são importantes no processo de conservação de peixe congelado (Rehbein, 2002). O fator extrínseco temperatura exerce influência sobre as reações químico-enzimáticas, sob o desenvolvimento de micro-organismos, retardando o ritmo e a quantidade total dos mesmos; por consequência retardam a deterioração dos produtos (Augusto, 2018; Minozzo, 2011).

O peixe industrializado, comercializado congelado é aquele submetido a processos de congelamento sob temperatura igual ou inferior à -18°C (Brasil, 2017b), condição que propor-

ciona a redução da atividade de água e concentração de solutos, nesta temperatura inferiores, a maioria dos micro-organismos e enzimas são inativadas (Minozzo, 2011).

O processo de congelamento deve ser rápido, onde o centro do produto deve passar de 0°C a -5°C, num período inferior a duas horas, para evitar a formação de grandes cristais de gelo (Lindon; Silvestre, 2008). A formação de micro cristais de gelo proporciona menor dano físico as paredes celulares, fator que contribui para a qualidade sensorial do produto final, que durante o descongelamento tende a menor exsudação de água, mantendo características de suculência e menores perdas são percebidas (Minozzo, 2011; Lindon; Silvestre, 2008).

O método de estocagem de pescado sob congelamento apresenta vantagens como a manutenção do valor nutritivo, propiciar um produto de excelente qualidade sensorial e período de vida útil prolongado (Oetterer et al., 2012), podendo chegar a 12 meses de conservação se mantidos a temperaturas inferiores a -18°C (Minozzo, 2011; Oetterer et al., 2012).

Boas Práticas de Fabricação

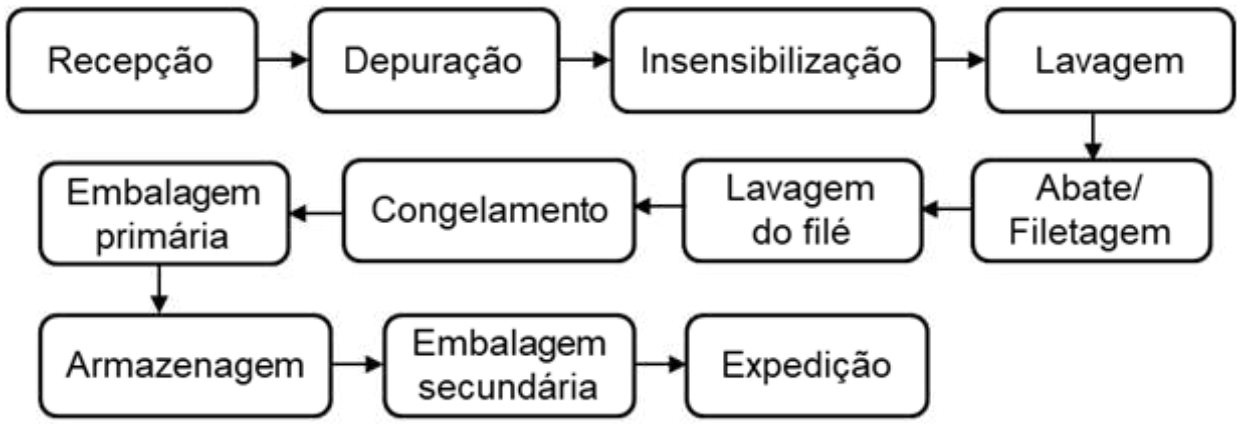
As Boas Práticas de Fabricação (BPF) têm sido muito utilizadas para evitar a contaminação de alimentos por perigos físicos, tais como pedaços de vidro, metais, ossos, insetos, por perigos químicos, tais como os resíduos de produtos de limpeza, antibióticos, agrotóxicos e biológicos. Entretanto, os perigos biológicos ocasionados por bactérias, fungos entre outros se destacam (Tondo; Bartz, 2011). As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's), de acordo

com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2020b) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2021), são aquelas causadas pela ingestão de alimentos e/ou água contaminados, principalmente por micro-organismos patogênicos e ou suas toxinas, estas podem ocorrer em qualquer fase da cadeia de produção, entrega e consumo de alimentos.

Neste contexto, as BPF abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos e pelos serviços de alimentação, a fim de garantir a qualidade sanitária dos produtos alimentícios e a conformidade com os regulamentos técnicos, visando a proteção à saúde da população, deve contemplar os requisitos sanitários das edificações e instalações, manutenção e higienização das instalações, dos equipamentos e dos utensílios, o controle da água de abastecimento, o controle integrado de vetores e pragas urbanas, controle da higiene e saúde dos manipuladores e garantia da qualidade do produto final (Brasil, 2002; Brasil, 1997). O cumprimento dos procedimentos de BPF é de responsabilidade de todos os colaboradores, e é fundamental o engajamento da alta direção (Machado, 2012).

Etapas produtivas de filé de tilápia congelado

O Fluxograma 01, apresenta o fluxo de processamento de filé de tilápia congelado. O processamento consiste em diversas etapas, entre elas: recepção, depuração, insensibilização, lavagem, abate e filetagem, lavagem do filé, congelamento, embalagem primária, armazenamento, embalagem secundária e expedição.



Fluxograma 01: Fluxograma de Processamento de filé de tilápia congelado.

Fonte: Autor (2021).

Inicialmente, os peixes vivos são recepcionados e descarregados diretamente nos tanques de depuração contendo água, onde permanecem sem o fornecimento de alimentação para esvaziamento do trato digestivo e eliminação de resíduos terapêuticos (Brasil, 2017a), etapa que favorece as características organolépticas por diminuição de sabores indesejáveis (*off-flavor*) (Schneider, 2019; Cribb et al., 2018; Kubitza, 2004). Na insensibilização a tilápia é imersa em água na presença de gelo, na temperatura de 0°C, e é realizada antes do abate com objetivo de ocasionar a perda imediata da consciência da tilápia ou induzindo a inconsciência, sem gerar desconforto ou dor ao animal, garantindo condições de bem estar animal (MAPA, 2015). A etapa de lavagem, por aspersão de água hiperclorada (5 ppm), promove a

remoção do muco superficial do pescado e sujidades (Brasil, 2017a).

Posteriormente, as tilápias passam pelo processo de corte dos filés, retirada da pele e remoção dos espinhos remanescentes pelo corte em “v” e toalete (Lins, 2011), padronizando o corte, finalizando com a remoção de resíduos das operações anteriores por lavagem em água corrente (Cribb et al., 2018). Nesta área deve haver controle de temperatura do ambiente. Na câmara de congelamento, os filés permanecem até que sua temperatura interna atinja -18°C, quanto mais rápido o processo, menor serão os cristais de gelo e melhor a qualidade do produto (Minozzo, 2011; Lindon; Silvestre, 2008). Em seguida, o processo de porcionamento é realizado, acondicionando o produto em embalagem primária que propicia a contenção e a proteção ao meio externo (Gava, 1998). Os produtos embalados são acondicionados em câmaras de armazenamento, em temperatura igual ou inferior a -18°C até sua expedição. Momento anterior à expedição, os produtos são acondicionados em embalagem secundária, caixas de papelão, e rapidamente acomodados em veículo com sistema de frio, seguindo para entrega.

Os resíduos gerados ao longo do processamento, tanto de natureza líquida, como sólida, são destinados ao correto tratamento, minimizando o risco ambiental das operações (FEPAM, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os peixes se destacam na cadeia produtiva de proteína animal. Devido a suas características intrínsecas, apresentam condições que favorecem o desenvolvimento de micro-organismos, levando a deterioração precoce. Assim, a adoção de Boas práticas de Fabricação ao longo de todo o processo produtivo de filé de tilápia do Nilo, que envolvem as etapas de recepção, depuração, insensibilização, lavagem, abate e filetagem, lavagem do filé, congelamento, embalagem primária, armazenamento, embalagem secundária e expedição, bem como o controle de temperatura se fazem indispensáveis. A adoção destas práticas possibilitará a produção de filés de tilápia do Nilo com qualidade e seguros para o consumo, de prolongada vida útil em comparação ao peixe fresco ou resfriado, condições que contribuem à redução de perdas, contribuindo o comércio de peixe congelado para regiões mais distantes das unidades beneficiadoras.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO, P. **Princípios de Tecnologia de Alimentos.** v. 3, 3 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2018.

BARTOLOMEU, D.; DALLABONA, B.; MACEDO, R.; KIRSCHNIK, P. Contaminação microbiológica durante as etapas de processamento de filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Archives of Veterinary Science**, v. 16, n. 1, p. 21-30, 2011.

BORGES, A.; BERTHIER, F. **Criação de Tilápias** (3. ed.). Brasília: EMATER-DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria da Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos** (Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos** (Resolução – RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal** (Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2017a.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estabelece o Regulamento Técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado** (Instrução Normativa n° 21, de 31 de maio de 2017). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2017b.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos.** (Introdução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2019.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal** (Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2020a.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Doenças transmitidas por alimentos.** 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z-1/d/doencas-transmitidas-por-alimentos>. Acesso em: 30 maio 2021.

CARMO, F. **Caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial de filé de Tilápia do Nilo cultivada em diferentes ambientes** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

CRIBB, A.; SEIXAS FILHO, J.; MELO, S. **Manual técnico de manipulação e conservação de pescado** (1. ed.). Brasília: Embrapa, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization. Fish trade and human nutrition. **Committee on Fisheries**, v. 14, p. 6, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab825f/AB825F00.htm#TOC>. Acesso em: 30 mar. 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action.** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization**. Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)**. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en>. Acesso em: 12 abr. 2021. 2021a.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Fish and seafood utilization**. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/utilization/en#:~:text=>. Acesso em: 29 mar. 2021. 2021b.

FARIA, R.; MORAIS, M. Manual de criação de peixes em viveiros. **Companhia de desenvolvimento dos Vales São Francisco e do Parnaíba.** Brasília: Codevasf, 2013.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Diretriz Técnica referente ao descarte e ao reuso de efluentes líquidos no âmbito do estado do Rio Grande do Sul** (Diretriz Técnica n° 05/2017), 2. ed., 2019.

FORSYTHE, S. **Microbiologia da Segurança dos Alimentos** (2. ed.). Porto Alegre: Artmed, 2013.

FROESE, R.; PAULY, D. *Oreochromis niloticus* (Linnaeaus 1758) - Nile tilapia. 2021. Disponível em: **<www.fishbase.org>.**

GAVA, A. **Princípios de tecnologia de alimentos** (1. ed.). São Paulo: Nobel, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2019.** Rio de Janeiro, 2020a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018:** análise de consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: Coordenação de Trabalho e Rendimentos, 2020b.

JAY, J. **Microbiologia de Alimentos** (3. ed.). Porto Alegre: Artmed, 2005.

KUBITZA, F. *Off-flavor* nos peixes cultivados. **Panorama da Aquicultura**, v. 14, n. 84, p. 15-25, 2004.

LEONHARDT, J.; CAETANO FILHO, M.; FROSSARD, H.; MORENO, A. Características morfométricas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, Oreochromis niloticus, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. **Semina Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 125-132, 2006.

LINDON, F.; SILVESTRE, M. **Conservação de Alimentos:** Princípios e Metodologias. Lisboa: Escolar Editora, 2008.

LINS, P. **Beneficiamento do Pescado**. Pará: Ministério da Educação, 2011.

MACHADO, S. **A questão da qualidade**. Ibhumas: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Código Sanitário de Animais Terrestres da OIE. **Comissão Técnica Permanente de Bem-Estar Animal** (cap. 7). 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar-animal/arquivos/Capitulo7_2.pdf>.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de inspeção para identificação de espécies de peixes e valores indicativos de substituições em produtos da pesca e aquicultura.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA, 2016.

MINOZZO, M. **Processamento e Conservação do Pescado.** Secretaria da Educação. Paraná: IFPR, 2011.

MOURA, M.; GALVÃO, J.; HENRIQUE, C.; SAVAY DA SILVA, L.; OETTERER, M. Caracterização físico-química e de frescor de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundas da pesca extrativista no médio Rio Tietê/SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 3, p. 487-495, 2009.

OETTERER, M.; SAVAY-DA-SILVA, L.; GALVÃO, J. Uso do gelo é peça-chave na conservação do pescado. **Visão Agrícola**, v. 8, n. 11, p. 134-136, 2012.

FOOD Ingredients Brasil. Propriedade funcional das proteínas do peixe. **Food Ingredients Brasil**, v. 8, p. 22-32, 2009.

OLIVEIRA, N.; OLIVEIRA, W. R.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, J. M.; VICENTE, E.; FIORINE, J. Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à sanitização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 83-89, 2008.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura 2021.** São Paulo, 2021.

REHBEIN, H. Measuring the shelf-life of frozen fish. In **Safety and quality issues in fish processing**, Ed. Woodhead Publishing Ltda, p.407-424, 2002.

SCHNEIDER, T. **Influência da depuração na qualidade do filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sob os aspectos físico-químicos, microbiológicos, e sensoriais** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2019.

SHUTTERSTOCK. Oreochromis niloticus on white background. 2021. Disponível em: **<https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/oreochromis-niloticus-on-white-background-1876890376>.**

TRAVERSO, J.; AVDALOV, N. El pescado como alimento. **Infopesca Internacional**, p. 14-15, 2019.

TONDO, E.; BARTZ, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos.** Porto Alegre: Meridional, 2011.

WHO. World Health Organization. Foodborne diseases. 2021. Disponível em: **<https://www.who.int/health-topics/foodborne-diseases#tab=tab_1>.**

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PRODUÇÃO DE QUEIJOS PROBIÓTICOS: UMA MINIR-REVISÃO

PROBIOTIC CHEESE PRODUCTION: A MINI REVIEW

SANTANA, Flávia Thais Correa[1]; FERNANDES, Ana Paula Stort[2]; BARROSO, Patrícia Barêa[2]; PINTO, Ellen Godinho[2]; MARTINS, Wiaslan Figueiredo[2]*

[1]Aluna do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos/IF Goiano – Campus Morrinhos; [2]Professor(a) do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos/IF Goiano – Campus Morrinhos. *Contato: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br

RESUMO

Com o passar dos anos, a população vem se atentando mais com a alimentação diária, em busca de produtos alimentícios que venham agregar ao seu cardápio, de forma que tenha um sabor agradável e um valor nutricional adequado. Os produtos lácteos podem se encaixar na demanda de produtos nutritivos, por serem alimentos de boa aceitação ao público e bom carreadores de microrganismos probióticos, destacando-se para os queijos, que possuem matriz sólida, podendo proteger os probióticos durante o armazenamento. Nesse sentido, o presente estudo se trata de uma minirrevisão sobre a produção de queijo Minas Padrão probiótico. Visto que o queijo Minas Padrão é um queijo de origem totalmente brasileira, podendo, assim, dar maior ênfase a um queijo nacional. Os resultados mostraram que a maior parte dos estudos abordados nessa revisão possuíram como grupo de microrganismos probióticos, predominante, o gênero *Lactobacillus*. Ainda, observou-se que na maioria dos estudos o valor de pH para queijos probióticos era inferior ao comparar com o queijo denominado controle (sem adição de probióticos). Além disso, destacou-se o encapsulamento de probióticos na produção de queijos como uma alternativa à proteção deles, como para auxiliar em seus aspectos sensoriais. Ademais, a avaliação da viabilidade dos microrganismos em queijos probióticos foi positiva em todos os estudos de caso, podendo, assim, destacar os queijos como bons carreadores de cepas probióticas. Assim, conclui-se que é necessária a realização de mais estudos, revisões e inovações tecnológicas sobre o queijo Minas Padrão probiótico, para um melhor embasamento teórico sobre essa temática.

Palavras-chave: Queijos, probióticos, valor nutricional.

ABSTRACT

Over the years, the population has been paying more attention to the daily diet, looking for food products that will add to their menus in such a way that they have a pleasant taste and adequate nutritional value. Dairy products can fit the demand for nutritional products, as they are foods with good acceptance by the public and good carriers of probiotic microorganisms, standing out for cheeses, which have a solid matrix that can protect probiotics during storage. In this sense, the present study is a mini review of the production of probiotic Standard Minas cheese. Since, the Standard Minas cheese is a cheese of entirely Brazilian origin, thus being able to give greater emphasis to a national cheese. The

results showed that most of the studies addressed in this review had as a group of probiotic microorganisms, predominantly *Lactobacillus* genus. Furthermore, it was observed that in most studies, the pH value for probiotic cheeses was lower when compared to the so-called control cheese (without the addition of probiotics). In addition, the encapsulation of probiotics in cheese production was highlighted as an alternative to their protection, as an aid in their sensory aspects. Furthermore, the assessment of the viability of microorganisms in probiotic cheeses was positive in all case studies, thus highlighting the cheeses as good carriers of probiotic strains. Thus, it is concluded that it is necessary to carry out more studies, revisions, and technological innovations on the probiotic Standard Minas cheese, for a better theoretical basis of this theme.

Keywords: Cheeses, probiotics, nutritional value.

INTRODUÇÃO

A alimentação é um dos fatores que mais contribui para um estilo de vida saudável da população (BETORET et al., 2003). A indústria láctea tem aplicado os conhecimentos das propriedades funcionais e de saúde no desenvolvimento de novos produtos, sendo um desafio para os produtores de alimentos, à medida que procuram atender à demanda dos consumidores por produtos que sejam saudáveis e atrativos ao mesmo tempo (DELFINO, 2013).

Os produtos lácteos constituem o principal grupo de produtos capazes de transportar e entregar bactérias probióticas, e entre elas, os leites fermentados e os queijos são os mais consumidos em todo o mundo. Leite e produtos lácteos possuem características nutricionais que permitem o crescimento e a sobrevivência de bactérias probióticas, ou seja, por possuírem alto teor de lactose (FREITAS, 2014).

Os queijos são particularmente uma boa opção como alimentos portadores de bactérias probióticas para o organismo humano. Por serem produtos sólidos, de baixa acidez e alto teor de proteínas e gordura, eles favorecem a sobrevivência dessas bactérias no período de estocagem, e as protegem durante a passagem pelo trato gastrointestinal (GI), contribuindo para que cheguem vivas ao intestino. Uma fatia de queijo, com cerca de 30 g, é suficiente para fornecer a quantidade de probióticos necessária (BRASIL, 2010). Em geral, a indústria de laticínios estabeleceu um número mínimo de bactérias probióticas ($\geq 10^6$ UFC/g), que é necessário no momento da ingestão, a fim de garantir um impacto favorável na saúde do consumidor (BEZERRA et al., 2016). Isso significa que as bactérias probióticas devem ser cultiváveis até alta densidade celular para inoculação na cuba de queijo ou ser capazes de proliferar durante o processo de fabricação ou o período de maturação (KARIMI et al., 2011).

O queijo Minas Padrão é de origem brasileira e, provavelmente, um dos primeiros queijos produzidos em escala industrial no país tendo sua origem perdida no tempo (FURTADO, 2005). A utilização de bactérias láticas na produção de queijos confere ao produto uma característica peculiar, pois além de melhorar a qualidade sensorial, característica dos produtos fermentados, pode ser usada como um probiótico (MARQUES et al., 2011).

Caracteriza-se como probióticos os microrganismos vivos que administrados em quanti-

dade adequada, conferem benefícios à saúde do hospedeiro. Para serem eficazes, os probióticos necessitam conter uma concentração mínima no produto durante a sua vida útil. Dessa forma, um produto lácteo deve-se ter pelo menos 10^5 Unidades Formadoras de Colônia (UFC) por grama ou mililitro de alimento, no momento de consumo (ROLIM, 2015).

Nesse contexto, destaca-se a importância e relevância da realização de uma minirrevisão de literatura sobre a utilização de probióticos na produção de queijos, sabendo que os produtos lácteos possuem grande potencial para a adesão de microrganismos probióticos, agregando assim, um produto atrativo com maior valor nutricional.

METODOLOGIA

Deste modo, o presente estudo se refere a uma minirrevisão bibliográfica narrativa sobre a produção de queijos probióticos, especialmente o queijo Minas Padrão. Selecionou-se preferencialmente, estudos de pesquisa sobre probióticos em alimentos, abordando os benefícios das culturas para à saúde e enriquecimento da produção de queijos, com a adição de probióticos.

Para identificar os estudos que abordavam o tema, foram realizadas buscas sistematizadas nas bases de dados *ScienceDirect* (https://www.sciencedirect.com), *Google Scholar* (https://scholar.google.com.br), e *SciElo* (https://www.scielo.br). Os termos de busca utilizados nas bases foram: *probiotcs*, *probiotcs cheese*, *food probiotcs*, *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, em todos os campos de buscas

Utilizando como forma de exclusão estudos que empregavam o uso de animais, assim como temas que não abordavam de forma direta ao assunto escolhido e aqueles em que não apresentavam fontes seguras.

DESENVOLVIMENTO

A revisão da literatura narrativa ou tradicional é abordada de forma mais aberta, não existindo um protocolo rígido para sua elaboração. As buscas pelas fontes não são bem definidas e específicas, sendo frequentemente menos abrangente (CORDEIRO; OLIVEIRA, 2007). Enquanto as revisões integrativas e sistemáticas são métodos de pesquisa criteriosos utilizados para fornecer os melhores conhecimentos sobre um assunto ou problema. Sendo a revisão sistemática de cunho científico e tendo por objetivo reunir, avaliar criticamente e conduzir uma síntese dos resultados de múltiplos estudos primários (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014; CORDEIRO; OLIVEIRA, 2007).

Contudo, a revisão integrativa reúne resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão. Permite a inclusão de pesquisa quase-experimental e experimental, combinando dados de literatura teórica e empírica, proporcionando a compreensão completa do tema abordado (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

Dessa forma, para chegar à pré-seleção, buscou-se os títulos e/ou palavras chaves que poderiam ter relação com a temática da revisão deste trabalho. Foram usadas as seguintes palavras para localizar os títulos dos artigos: *probiotcs*, *probiotcs cheese*, *food probiotcs*, *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, as palavras foram buscadas em inglês, idioma de origem dos artigos. Em seguida, foi realizada uma leitura para melhor entendimento do conteúdo dos mesmos.

No Quadro 01 estão representadas as principais pesquisas selecionadas para esta minirrevisão, a abordagem do artigo, o principal objetivo do estudo, os resultados e a referência.

Quadro 01: Relação de estudos analisados destacando abordagem, objetivo e resultados obtidos nos artigos escolhidos para a minirrevisão.

Abordagem	Objetivo	Resultados	Referência
Revisão	Versar a utilização de queijos como matrizes para o transporte das cepas probióticas, e a avaliação *in vivo* ou *in vitro* desses produtos	A aplicação de probióticos em queijo tem se expandido bastante devido aos seus efeitos benéficos. E os testes *in vivo* e *in vitro* são necessários para validar os produtos de acordo com as instituições reguladoras	Rolim et al. (2020)
Estudo de caso	Avaliar a adição de *L. casei* Zhang na produção de queijo Minas frescal	A utilização da cepa *L. casei* Zhang em queijo Minas frescal afetou negativamente a aceitação sensorial. Enfatizando que é necessário se observar a dosagem correta da cepa para utilização em queijo	Dantas et al. (2016)
Estudo de caso	Avaliar a incorporação dos probióticos *B. animalis* ou *L. acidophilus* em ricota cabra, analisando as propriedades físico-químicas, parâmetros físicos e sensoriais do produto durante o armazenamento	A incorporação das cepas não afetou o rendimento e nem a sinérese da ricota caprina. O queijo composto por probióticos apresentou sabor mais ácido, contudo, todas as amostras obtiveram resultados de queijo macio com textura homogênea	Meira et al. (2015)
Estudo de caso	Analisar a incorporação de células probióticas *L. acidophilus* em queijo ricota com leite de búfala	Observou-se que a incorporação das células probióticas não alterou as composições do queijo ricota. Sendo uma alternativa o queijo de ricota com leite de búfala um portador adequado do organismo probiótico sem afetar sua qualidade sensorial	Sameer et al. (2020)
Estudo de caso	Averiguar o impacto da encapsulação na estabilidade e viabilidade de bactérias probióticas *B. bifidum*, em queijo cheddar e em condições gastrointestinais *in vitro*	O encapsulamento garantiu uma melhor viabilidade das bactérias probióticas, sobrevivendo melhor em condições gastrointestinais estimuladas	Afzaal et al. (2020)
Estudo de caso	Produzir três versões de queijo coalho (tradicional, sem lactose e probiótico) e realizar as análises físico-químicas	As três formulações produzidas atenderam as normas físico-químicas e microbiológicas estabelecidas pela lei. Sendo considerado também, um produto com potencial probiótico	Leite et al. (2021)
Estudo de caso	Avaliar as características microbiológicas, sensoriais e de textura de queijo *Petit suisse* probiótico com reduzido teor de lactose	A hidrólise da lactose do leite não influenciou na contagem de *L. casei* dos queijos, considerando-o probiótico. Influenciando apenas na textura e aspectos sensoriais do produto, mesmo assim, a intenção de compra foi a mesma para todas as amostras	Colosio; Nascimento e Viana (2020)
Estudo de caso	Avaliar a influência da cultura CT *Light* (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* e *Leuconostoc* sp.) nas características físico-químicas do queijo Minas Padrão com reduzido teor de gordura	A adição de cultura não interferiu nos parâmetros de umidade, cloretos, cinzas, proteína, índice de extensão e profundidade de maturação. Contudo, não foi considerado um produto *Light*	Rodrigues et al. (2020)

Fonte: Própria (2021).

Na Figura 01 é possível verificar as duas abordagens dos artigos selecionadas para esta minirrevisão narrativa. Predominando o estudo de caso com 87,5%, seguido da revisão de literatura com 12,5%, isso implica a escassez de artigos utilizando revisões bibliográficas e renovações tecnológicas sobre o uso de probióticos em queijo.

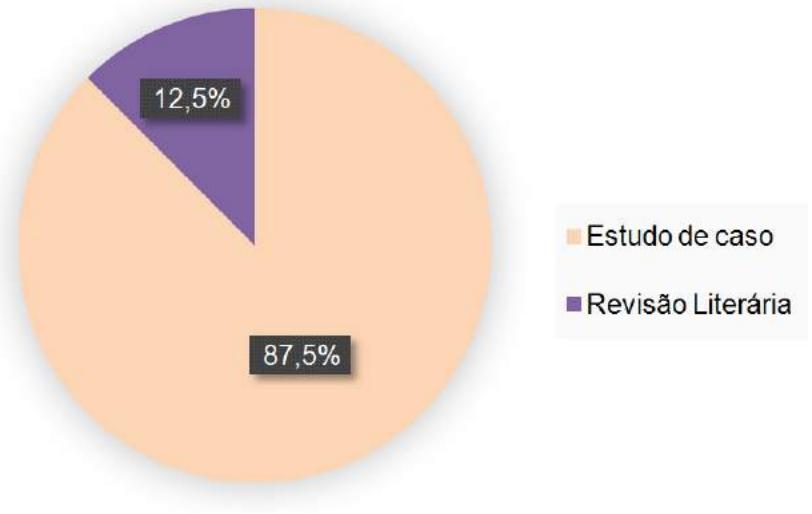


Figura 01: Metodologias dos estudos selecionados para a minirrevisão narrativa.

Fonte: Própria (2021).

Dentre os 8 estudos analisados, um foi de revisão literária, sobre a produção de queijos como portadores de probióticos. A Figura 02 representa, dentre os 7 estudos, a utilização das cepas probióticas escolhidas para a produção de queijo probiótico. Dessa forma, 42,87% utilizaram no estudo como cepas probióticas *L. casei*, 28,57% utilizaram *L. acidophilus*, 14,28% utilizaram *Lactococcus* e 14,28% utilizaram *Bifidobacterium* (Figura 02).

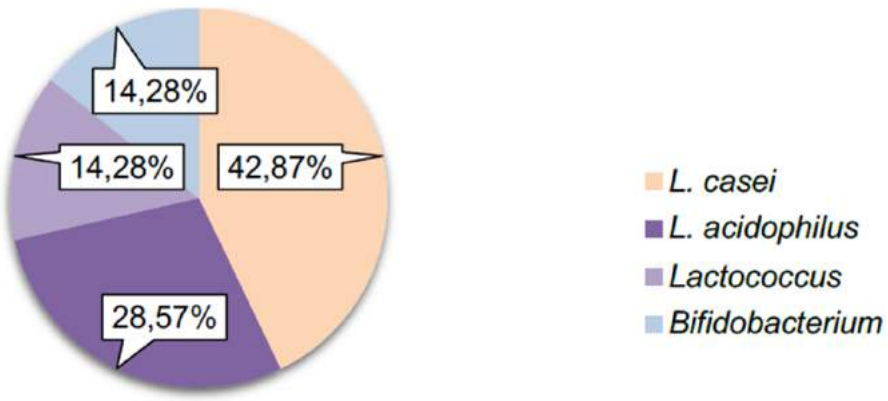


Figura 02: Abordagem dos tipos de cepas selecionadas pelos artigos analisados.

Fonte: Própria (2021).

Observou-se que a maioria dos estudos utilizaram como cepa probiótica o grupo *Lactobacillus*. Por ser uma bactéria láctea, possuir vários gêneros e, em conjunta a sua adição ao queijo, pode ser uma alternativa viável como veículo para administração de bactérias probióticas em número suficiente para promover benefícios à saúde (BURITI; SAAD, 2007).

O estudo realizado por Dantas et al. (2016) com queijo coalho, tendo adição de *L. casei* Zhang apresentou pH mais baixo durante o armazenamento e alta proteólise, mesmo que após o armazenamento as células probióticas permanecessem viáveis, os atributos sensoriais para o queijo probiótico obtiveram menor valor, comparado ao controle. Assim como na pro-

dução de queijo ricota com introdução de *L. acidophilus*, a amostra se apresentou ácida com os passar dos dias (SAMEER et al., 2020).

A adição de *L. acidophilus* e *B. lactis* em ricota caprina obteve menor valor de pH durante o armazenamento e maior nível de acidez. O aumento na acidez dos queijos probióticos foi, provavelmente, devido ao aumento do teor de ácidos orgânicos causado pelo metabolismo dos probióticos adicionados a esses queijos (MEIRA et al., 2015). Apesar disso, nesse estudo, não se apresentou diferenças sensoriais nas amostras controle e probióticas.

Bactérias probióticas consomem o conteúdo de lactose do leite e queijo e produzem ácidos orgânicos que resultam em pH mais baixo e aumentam a acidez, conforme discutido por Batista et al. (2017). Contudo, em pesquisa realizada por Colosio; Nascimento e Viana (2020), o queijo *Petit suisse* com adição de *L. casei* manteve-se na ordem de 10^8 UFC/g durante o período de análise, e a sua avaliação sensorial apresentou boa aceitação. Assim como na introdução de culturas *starter* de *L. casei* em queijo tipo Feta, em que obteve-se maior preferência sensorial para o mesmo, quando comparada ao queijo sem cultura *starter* (DIMITRELLOU et al., 2014).

No estudo realizado por Afzzal et al. (2020), os autores demonstraram que a produção de queijo cheddar com adição de *B. bifidum* encapsulado apresentou uma redução lenta no pH. Sendo o encapsulamento uma opção viável, tanto para garantir a estabilidade e a viabilidade das bactérias probióticas, como para auxiliar na redução de pH.

Os queijos atuam como matrizes protetoras para cepas probióticas porque eles possuem alguns fatores que podem contribuir para a viabilidade desses microrganismos (ROLIM et al., 2020). Dessa forma, o queijo Minas Padrão também é uma escolha interessante para a introdução de probióticos, como foi realizado no estudo de Rodrigues et al. (2020), na produção de queijo Minas Padrão com variações no teor de gordura. Os autores relataram que a introdução da cultura CT (constituída por *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* e *Leuconostoc* sp.) não influenciou nas características físico-químicas dos queijos Minas Padrão.

Em síntese, ao comparar os resultados obtidos nesta revisão de literatura, grande parte da produção de queijos com introdução de microrganismos probióticos resulta em valores de pH baixo e acidez alta devido a ação metabólica dos microrganismos adicionados aos queijos. A acidez nos queijos probióticos pode interferir na qualidade ou nos parâmetros físico-químicos do queijo probiótico. Dessa forma, é importante salientar a precaução nas dosagens de probióticos ao queijo. Podendo, ainda, realizar uma combinação que venha auxiliar ao queijo probiótico, resultando em um produto atrativo, saudável e de qualidade sensorial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer desse estudo observou-se a diversidade de cepas utilizadas na produção de queijos, seguido da viabilidade delas ao final dos dias de armazenamento. Destacando-se o

queijo como um bom portador de bactérias probióticas, quando adicionadas em quantidades adequadas para que possa agir de forma benéfica ao hospedeiro.

A encapsulação de bactérias probióticas pode ser uma alternativa para um melhor resultado nos queijos probióticos, pois o encapsulamento pode atuar na proteção e estabilidade ao probiótico auxiliando, assim, nos aspectos sensoriais e físico-químicos do queijo. Ademais, observou-se a produção de diversos tipos de queijos em que se podem introduzir probióticos, visto que, estudos com a utilização de queijo Minas Padrão são escassos, sugerindo assim, mais pesquisas e inovações tecnológicas utilizando microrganismos probióticos em queijo Minas Padrão.

REFERÊNCIAS

AFZAAL, M.; SAEED, F.; ATEEQ, H.; AHMED, A.; TUFAIL, T.; ISMAIL, Z.; ANJUM, F. Encapsulation of *Bifidobacterium bifidum* by internal gelation method to access the viability in cheddar cheese and under simulated gastrointestinal conditions. **Food Science Nutrition**, v. 8, p. 2739-2747, 2020.

BATISTA, A.; SILVA, R.; CAPPATO, L. P.; FERREIRA, M. V. S.; NASCIMENTO, K. O.; SCHMIELE, M.; ESMERINO, E.; BALTHAZAR, C.; SILVA, H.; MORAES, J.; PIMENTEL, T.; FREITAS, M.; RAICES, R.; SILVA, M.; CRUZ, A. Development of a symbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 242-250, 2017.

BETORET, N.; PUENTE, L.; DÍAZ, M. J.; PAGÁN, M. J.; GARCÍA, M. J.; GRAS, M. L.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; FITO, P. Development of probiotic enriched dried fruits by vacuum impregnation. **Journal Food Engineering**, v. 56, p. 273-277, 2003.

BEZERRA, T. K.; DE ARAUJO, A. R.; DO NASCIMENTO, E. S.; DE MATOS PAZ, J. E.; GADELHA, C. A.; GADELHA, T. S.; PACHECO, M. T.; DO EGYPTO QUEIROGA RDE, C.; DE OLIVEIRA, M. E.; MADRUGA, M. S. Proteolysis in goat "Coalho" cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. **Food Chemistry**, v. 196, p. 359-366, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 4.279, de 30 de dezembro de 2010.** Estabelece diretrizes para a organização da Rede de Atenção à Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 31 dez. 2010. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2010/prt4279_30_12_2010.html>. Acesso em: 03 mar. 2021.

BURITI, F.; SAAD, S. Bacteria of the *Lactobacillus casei* group: characterization, viability as probiotics in food and their importance for human health. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 57, n. 4, p. 373-379, 2007.

COLOSIO, A.; NASCIMENTO, A.; VIANNA, P. Petit suisse probiotic with reduced lactose content. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 2543- 25440, 2020.

CORDEIRO, A.; OLIVEIRA, G. **Revisão sistemática: uma revisão narrativa.** Rio de Janeiro, p. 428-431, 2007.

DANTAS, A.; JESUS, V.; SILVA, R.; ALMADA, C.; ESMERINO, E. CAPPATO, L.; SILVA, M.; RAICES, R.; CAVALCANTI, R.; CARVALHO, C.; SANT'ANA, A.; BOLINI, H.; FREITAS, M.; CRUZ, A. Manufacture of probiotic Minas Frescal cheese with *Lactobacillus casei* Zhang. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 18-30, 2016.

DELFINO, N. C. **Desenvolvimento de queijo petit suisse com adição de probiótico *lactobacillus casei***. 2013. 187 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Animal) - Universidade Federal da Bahia, Cuz das Almas, 2013.

DIMITRELLOU, D.; KANDYLIS, P.; SIDIRA, M.; KOUTINAS, A.; KOURKOUTAS, Y. Free and immobilized *Lactobacillus casei* ATCC 393 on whey protein as starter cultures for probiotic Feta- type cheese production. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 4675-4685, 2014.

ERCOLE, F.; MELO, L.; ALCOFORADO, C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **Revista Mineira de Enfermagem**, Belo Horizonte, v. 18.1, 2014.

FREITAS, A.; SILVA J. Probiotic Bacteria: Fundamentals, Therapy, and Technological Aspects. v. 1. **Broken Sound Parkway NW**, 96 p. 2014.

FURTADO, M. **Quesos típicos de latinoamérica.** São Paulo: Fonte Comunicações e Editora. 192 p. 2005.

KARIMI, R.; MORTAZAVIAN, A. M.; DA CRUZ, A. G. Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: A review. **Dairy Science & Technology**, v. 91, p. 283-308, 2011.

LEITE, A.; CORTEZ, N.; ALBUQUERQUE, S.; SHINOHARA, N.; MACEDO, I.; ANDRADE, S. Desenvolvimento de queijo de coalho trufado nas versões tradicionais, delactosado e com adição de probiótico. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, 2021.

MARQUES, K.; FERREIRA, R.; MARTIS, A.; SOARES, B.; MARTINS, M.; MARTINS, J. Características físico-químicas e sensoriais de queijo Minas padrão probiótico. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, n. 378, p. 18, 2011.

MEIRA, Q.; MAGNANI, M.; MEDEIROS, F.; QUEIROGA, R.; MADRUGA, M.; GULLÓN, B.; GOMES, A.; PINTADO, M.; SOUZA, E. Effects of added *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis*

probiotics on the quality characteristics of goat ricotta and their survival under simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 76, p. 828-838, 2015.

RODRIGUES, M.; MARTINS, J.; SILVA, V.; JUNIOR, C.; PAULA, C.; NOGUEIRA, C. Influência de cultura mista nas propriedades físico-químicas e sensoriais de queijo Minas Padrão com variações no teor de gordura. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 6, 2020.

ROLIM, F. **Avaliação do efeito protetor de queijo de coalho caprino na sobrevivência de uma nova cepa com potencial probiótico.** Dissertação (Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB, 72f. 2015.

ROLIM, F.; NETO, O.; OLIVEIRA, M.; OLIVEIRA, C.; QUEIROGA, R. Cheeses as food matrixes for probiotics: in vitro and in vivo tests. **Trends in Food Science & Technology**, João Pessoa, v. 100, p. 138-154, 2020.

SAMEER, B.; GANGULY, S.; KHETRA, Y.; SABIKHI, L. Development and Characterization of Probiotic Buffalo Milk Ricotta Cheese. **Food Science and Tecnhology**, India, v. 121, 2020.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

PRÓPOLIS COMO CONSERVANTE DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO

PROPOLIS AS A FOOD PRESERVER: A REVIEW

FERREIRA, Joselena Mendonça[1]*; DOMINGOS, Hérica Girlane Tertulino[2]; GRAMACHO, Kátia Peres[3]

[1]Departamento de Biociências/UFERSA; [2]Departamento de Ciências Animais/UFERSA; [3]Departamento de Ciências Animais/UFERSA. *Contato: joselena.ferreira@ufersa.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão de literatura a respeito do uso de extratos de própolis como conservante de alimentos. Para isto, foi realizada uma busca refinada na base de dados Periódicos Capes, avaliando artigos indexados no intervalo de 2000 a 2021. Foram encontrados um total de 64 artigos científicos entre os anos de 2007 e 2021, no entanto, os trabalhos que não estavam ligados diretamente a temática "própolis como conservante de alimentos", foram excluídos, restando assim, 31 artigos. Todos os trabalhos demonstraram resultados promissores do uso da própolis como possível conservante natural, relacionados a sua capacidade sequestradora de radicais livres e atividade antimicrobiana, associada ou não a algum outro composto. Dentre os produtos estudados, os trabalhos com filé de peixe foram mais amplamente encontrados, podendo estar relacionado ao fato desta ser uma carne muito perecível e a vida útil de produtos à base de peixe ser rapidamente comprometida pela deterioração enzimática e microbiana. Uma das principais desvantagens vistas no uso de extrato de própolis em alimentos é seu aroma forte. Porém, métodos de desodorização de própolis já estão sendo aplicados para que isso seja resolvido. A própolis tem demonstrado um potencial promissor como conservante de alimentos diversos graças ao seu potencial antioxidante e antimicrobiano que aumenta o tempo de vida útil dos produtos consideravelmente, podendo substituir conservantes químicos comumente utilizados na indústria alimentícia.

Palavras-chave: Produto apícola, resina de abelha, conservante natural, indústria alimentícia.

ABSTRACT

The aim of this work was to review the literature regarding the use of propolis extracts as a food preservative. For this, a refined search was carried out in the Capes Periodicals database, evaluating articles indexed in the 2000-2021 range. A total of 64 scientific articles were found between the years 2007 and 2021, however, the works that were not directly linked to the theme "propolis as a food preservative" were excluded, leaving 31 articles. All studies showed promising results from the use of propolis as a possible natural preservative, related to its free radical scavenging capacity and antimicrobial activity, associated or not with any other compound. Among the products studied, works with fish fillet were more widely found, which may be related to the fact that this is a very perishable meat and the shelf life of fish-based products is quickly compromised by enzymatic and microbial deterioration. One of the main dis-

advantages seen in using propolis extract in foods is its strong aroma. However, propolis deodorization methods are already being applied to solve this problem. Propolis has shown a promising potential as a preservative in various foods thanks to its antioxidant and antimicrobial potential, which considerably increases the shelf life of products, and can replace chemical preservatives commonly used in the food industry.

Keywords: Bee product, bee resin, natural preservative, food industry.

INTRODUÇÃO

A própolis é um material apícola composto por resinas coletadas de gemas e exsudatos de plantas e misturada com secreções de glândulas salivares e cera de abelha. Ela é coletada por abelhas operárias em plantas específicas e tem sido utilizada como medicamento natural humano desde a antiguidade (Castaldo; Capasso, 2002).

Pesquisadores de todo o mundo têm despertado o interesse por este produto apícola e verificado que ele possui muitas propriedades, principalmente em relação às atividades biológicas contra agentes patogênicos humanos e, mais recentemente, no combate à células cancerígenas (Zulhendri et al., 2021; Patel et al., 2016; Zingue et al., 2021). Na última década a sua utilização como conservante natural de alimentos também tem ganhado destaque (Özer, 2020).

Vários estudos têm enfatizado o uso de extratos de própolis para fins de conservação de alimentos devido às suas atividades antioxidantes e antimicrobianas (Cruz et al., 2021, Ebadi et al., 2019, Ozturk, 2015). Esse produto das abelhas têm demonstrado bons resultados como um substituto alternativo para os conservantes químicos comumente utilizados na indústria alimentícia, prolongando seu tempo de vida útil. Objetivou-se com este trabalho fazer uma revisão de literatura geral a respeito do uso de extratos de própolis como conservantes de alimentos diversos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para identificar o número e os conteúdos dos artigos científicos que tiveram por objetivo a avaliação de extratos de própolis na conservação de alimentos foi realizado um procedimento de busca e avaliação de periódicos na base de dados Periódicos Capes (https://www.periodicos.capes.gov.br).

Foram avaliados artigos indexados no intervalo de 2000 a 2021. A pesquisa quali-quantitativa se deu realizando inicialmente uma busca utilizando os termos em inglês “propolis” e “food preservative”. Em seguida, foi feito um refinamento da pesquisa para selecionar apenas os periódicos que fossem “revisados por pares”. Por fim, foi feito um último refinamento para que estes fossem agrupados dos “mais recentes” aos “mais antigos”.

Os trabalhos foram tabulados de acordo com datas, tipo de alimento e extratos de própolis utilizados, parâmetros avaliados e tempo de vida útil observados nos diferentes tratamentos. Em seguida foi feita uma avaliação qualitativa quanto aos principais métodos utiliza-

dos no uso de extratos de própolis na conservação de alimentos, os tipos de análises e seus resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da busca refinada na base de dados, foram encontrados um total de 64 artigos científicos entre os anos de 2007 e 2021. Dentre esses trabalhos, foram excluídos aqueles relacionados à dieta e/ou suplementação animal, conservação de madeira com extrato de própolis, própolis em odontologia e em patologias humanas ou animais, ou quaisquer outros que não estavam relacionados a temática “própolis como conservante de alimentos”, restando um total de 46 artigos.

Dentre os 46 artigos, 15 deles tratavam sobre própolis como possível conservante com testes microbianos apenas *in vitro*, no controle de pragas em frutos, na higienização de hortaliças, própolis agregada a sistema de embalagens, artigos de revisão de literatura sobre própolis e conservação de alimentos, tecnologias inovadoras com extratos de própolis que podem ser utilizados como conservantes em trabalhos futuros. Os 31 trabalhos restantes foram agrupados na Tabela 01.

Tabela 01: Aplicações da própolis como conservante de produtos alimentícios

Alimento	Extrato/ Preparação	Embalagem/ Armazenamento	Conservação: Vida útil	Parâmetros avaliados	Autores
Filé de peixe	Revestimento: alginato de sódio com extrato hidroalcoólico de própolis verde.	Bandejas de polietileno cobertas com filme de PVC, armazenados à 4°C.	Prolongada em até 11 dias quando comparada ao grupo controle.	Físico-químicos, microbiológicos, antioxidante e análise sensorial.	Cruz et al., 2021
	Revestimento de gelatina com extrato etanólico de própolis.	Armazenados 4 ± 1°C por 15 dias.	Retardo da oxidação lipídica e deterioração sensorial e microbiana.	Físico-químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Ucak et al., 2020
	Revestimentos de quitosana com extrato etanólico de própolis.	Sacos de polietileno, 4 ± 1°C.	Prolongada em até 10 dias quando comparada ao grupo controle.	Físico-químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Ebadi et al., 2019
	Revestimento de gelatina com extrato etanólico de própolis.	Sacos de polietileno, 4 ± 1°C.	Controle: 4 dias. Amostras tratadas: 8 dias.	Físico-químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Nessianpour;Khodanazary; Hosseini, 2019
	Extrato aquoso	Embalados a vácuo, 2°C.	Controle: 9 dias. Amostras tratadas: entre 15 e 21 dias.	Químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Duman; Ozpolat, 2015
	Extrato etanólico	Embalados a vácuo, 3°C.	Controle: 20 dias. Amostras tratadas: até 24 dias.	Microbiológicos e análise sensorial.	Suarez M. et al., 2014.
Filé de frango	Revestimentos de quitosana com extrato etanólico de própolis.	Sacos plásticos estéreis, 4°C.	Controle: 3 dias. Amostras tratadas: 10 dias.	Químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Jonaidi Jafari et al., 2018

Carne de porco	Solução de extrato aquoso de própolis com especiarias.	Embalados a vácuo, 4°C.	Melhor capacidade conservante contra microrganismos em 21 dias.	Químicos e microbiológicos.	Li et al., 2020
Carne de vaca e carneiro	Conservante natural composto com extrato etanólico de própolis.	Embalados a vácuo, 4 ± 1°C.	Estendeu a vida útil das carnes em uma semana.	Físico-químicos e microbiológicos.	Hao et al., 2013
Carne de lagostim	Revestimentos de quitosana com extrato hidroalcoólico de própolis.	Saco de polietileno estéril, 4°C.	Aumento da vida útil em 7 dias.	Físico-químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Çoban, 2021
Linguiça	Extrato etanólico	Invólucro de celulose, 2ºC.	Atraso na oxidação lipídica e crescimento microbiano	Químicos e microbiológicos.	Çoban; Emir Çoban; Fadiloğlu, 2019
	Extrato etanólico	Invólucros de colágeno artificial,câmara de fermentação, 24°, 22° e 18°C.	Diminuição significativa de leveduras e bolores.	Químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Ozturk, 2015
	Extrato etanólico	Sacos de polietileno, 5°C.	Controle: 12 dias. Amostras tratadas: 21 dias.	Químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Ali; Kassem; Atta-Alla, 2011
Salsicha	Extrato etanólico	Sacos Stomacher®, 4°C.	Redução significativa de bactérias até o 62º dia.	Conteúdo fenólico total e microbiológicos.	Casquete et al., 2016
	Extrato etanólico	Sacos Stomacher®, 12°C.	Atividade relativa. Controle (natamicina) teve atividade superior.	Microbiológicos e análise sensorial.	Correa et al., 2019
Queijo	Extrato aquoso	Sacos plásticos, 10°C.	Crescimento de fungos e produção de toxinas completamente inibidos por 90 dias.	Químico (toxina) e Microbiológicos (bactérias e fungos).	Aly; Elewa, 2007
Leite	Extrato etanólico	30°C por 72h, antes e depois da pasteurização.	Reduções significativas de bactérias Gram +	Microbiológicos.	Pedonese et al., 2019
	Extrato etanólico desodorizado associado a glicerol.	Embalagens plásticas, 4 e 10°C.	Retardo do crescimento microbiano 2x maior que o grupo controle.	Químicos (HPLC), microbiológicos e análise sensorial.	Thamnopoulos et al. 2018
Iogurte	Extrato etanólico.	Recipientes de vidro hermético, 2-4°C.	Apresentou atividade antimicrobiana, redução da viscosidade e não houve diferenças significativas nas análises sensoriais.	Físico, microbiológicos e análise sensorial.	Santos et al., 2020
Achocolatado	Extrato etanólico desodorizado e não desodorizado associados a glicerol.	4° e 10°C.	Inibição microbiológica por 20 dias de armazenamento à 4°C. Aumento de 2,22 dias tempo de vida útil.	Microbiológicos e análise sensorial.	Michailidis; Thamnopoulos; Fletouris, 2020

Suco de maçã	Extrato de propilenoglicol.	Teste à 51°C, servido à temperatura ambiente.	Efeito antimicrobiano sinérgico do calor e extrato de própolis	Físico-químicos, antioxidante e microbiológicos.	Luis-Villaroya et al., 2015
	Extrato etanólico.	48 horas a 20°C.	Atividade antifúngica significativa.	Físico-químicos e antifúngico.	Silici; Karaman, 2014
Suco de laranja	Extrato aquoso (provindo de etanol) diluído em água, Tween-80, fosfolipídio hidrofílico e PEG 400.	Frasco de vidro em incubadora, 25°C.	Protegeu com eficácia as propriedades das amostras tratadas por até 5 semanas.	Físico-químicos, antioxidante e microbiológicos.	Yang et al., 2017
Refrigerante	Solução aquosa de própolis em hidroxipropil-beta-ciclodextrina.	4°, 25 e 45°C durante 120 dias.	Diminuição da degradação do ácido ascórbico e da colonização microbiana.	Químicos e microbiológicos.	Vasilaki et al., 2019
Arroz integral	Extratos aquosos (provindos de etanol, cloreto de metileno e hexano).	Incubadora, 30°C.	Inibiu a colonização bacteriana pós-inoculação.	Físico-químicos, antioxidante e microbiológicos.	Griffiths, et al., 2008
Uvas de mesa	Revestimento à base de hidroxipropilmetilcelulose e extrato etanólico de própolis.	Bandejas PET perfuradas, incubadora a 1-2°C.	Perda de peso significativamente menor nas amostras tratadas (até o 24º dia) e menor crescimento microbiano.	Físico-químicos, microbiológicos e análise sensorial.	Pastor et al., 2011
Tomate cereja	Revestimento de pululano contendo extrato etanólico de própolis.	Refrigerado a 10ºC por 21 dias.	Inibiu significativamente crescimento bacteriano, manteve as características sensoriais.	Físico-químicos, microbiológicos e sensoriais.	Pobiega et al., 2020
Pimentão	Extrato etanólico.	13°C por 28 dias.	Inibiu significativamente o crescimento dos fungos.	Físico-químicos, antifúngico.	Ali et al., 2015
Vegetais prontos para sopa	Solução com extrato etanólico de própolis.	Caixas de contenção, 5° e 15°C por 14 dias.	Efeitos inibitórios significativos na atividade da peroxidase.	Físico-químicos e sensoriais.	Alvarez; Moreira; Ponce, 2015
Balas de gelatina	Extrato etanólico.	Embalagens plásticas, 25°C por 90 dias.	Sensorialmente aceitáveis para adultos e crianças, atividade microbiológica satisfatória.	Físico-químicos, antimicrobiano e análise sensorial.	Rivero et al., 2021
Sorvete	Extrato etanólico.	Embalagem plástica em freezer, -2 e -20°C.	Contagem microbiológica reduzida em comparação ao controle.	Antimicrobiano.	El-Bassiony; Nagah; El-Zamkan, 2012

Fonte: Própria (2021).

Pode-se perceber um amplo espectro de produtos em que a própolis já foi testada como possível conservante natural. Todos os trabalhos trazem resultados promissores relacionados a sua capacidade sequestradora de radicais livres e atividade antimicrobiana, associada ou não a algum outro composto.

Existem três métodos para o processamento/inclusão da própolis desintegrada por imersão, incluindo extratos em etanol, glicerol e/ou água. Sendo assim, o extrato de própolis (EP)

pode ser adicionado diretamente aos alimentos (1), os alimentos podem ser imersos diretamente no EP (2), ou podem ser revestidos com camadas desenvolvidas especificamente à base de polímeros contendo o EP (3) (Nessianpour; Khodanazary, Hosseini, 2019). Foi possível observar esses diferentes métodos nos trabalhos encontrados nesta pesquisa – adicionado diretamente à alimentos líquidos (leite, sucos, preparo de balas de gelatina), imersos em EP (carnes em geral) e ainda em filmes ou revestimentos a base de polímeros (frutos e produtos cárneos).

Dentre os tipos de extratos utilizados, o etanólico foi o mais comum, seguido pelo aquoso ou hidroalcoólico. No caso dos extratos aquosos, estes são, na verdade, compostos de própolis extraídos em etanol ou algum outro solvente mais apolar (metanol, hexano, etc.) e posteriormente passados por processos de evaporação destes solventes (com nitrogênio líquido, por exemplo) para então serem dissolvidos em água, juntamente com algum produto com a função de surfactante e emulsificante (Tween-80 e PEG 400, por exemplo) (Vasilaki et al., 2019).

Os tipos de revestimentos com camadas de polímeros encontrados foram variados, como alginato de sódio, gelatina, quitosana e hidroxipropilmetilcelulose (Cruz et al., 2021; Ebadi et al., 2019; Nessianpour; Khodanazary, Hosseini, 2019; Pastor et al., 2011; Ucak et al., 2020). Essa variedade pode ser considerada algo positivo para que se possa fazer um comparativo entre os tipos de revestimentos em que o uso da própolis se adeque melhor na conservação de diferentes alimentos.

O número maior de trabalhos encontrados que trazem a proposta de testar o extrato de própolis na conservação de filé de peixes pode estar relacionado ao fato desta ser uma carne muito perecível e a vida útil de produtos à base de peixe ser rapidamente comprometida pela deterioração enzimática e microbiana, mesmo quando armazenada sob refrigeração. Isso pode trazer graves problemas econômicos e à saúde humana (Cruz, et al., 2021). Quanto as análises em filés de peixe, houveram retardado significativo no crescimento de bactérias mesófilas totais e bactérias psicrotróficas (Ebadi et al., 2019).

Alguns produtos inovadores utilizando extrato de própolis em suas formulações, como as balas de gelatina (laranja e framboesa) são boas alternativas para o público que busca novas opções de produtos com menos calorias e conservantes químicos (Rivero et al., 2021).

Uma das principais desvantagens encontradas no uso dos extratos de própolis em alimentos é seu aroma forte. Métodos de desodorização de própolis já estão sendo aplicados para que isso seja resolvido, como proposto por Thamnopoulos et al. (2018), que testou o método em leite, relatando que ainda faz-se necessário um melhor desenvolvimento da técnica para que seja satisfatória, mediante resultados das análises microbiológicas. Os autores relataram que ainda houve grande redução nas propriedades antibacterianas da própolis após aplicação do método de desodorização tradicional enzimático proposto e patenteado por Shibuya et al. (2000).

Pedonese et al. (2019) considera ainda que o desenvolvimento de formulações não alco-

ólicas de extratos de própolis para serem usadas como conservantes poderia torná-los mais adequados para todos os consumidores.

Alguns trabalhos sobre tecnologias envolvendo extrato de própolis para uma melhor homogeneização deste aos produtos alimentícios e redução de seu aroma forte foram publicados (Augusto-Obara et al., 2019; Seibert et al., 2019; Syukri et al., 2021). Embora essas tecnologias ainda não tenham sido aplicadas diretamente em alimentos, parecem ser bastante promissoras. O trabalho de Seibert et al. (2019), por exemplo, traz uma descrição sobre a tecnologia de nanoemulsão pelo método de "inversão de fase" em diferentes extratos de própolis (etanólico, hexânico e acetato de etila), que garantiu a manutenção da estabilidade das atividades biológicas dos extratos no final do processo, enquanto mascarou o sabor forte da própolis.

Outro trabalho recente e inovador quanto a produção de nanoemulsões que podem ser utilizadas tanto na indústria farmacêutica como alimentícia foi proposto por Syukri et al. (2021). Os autores desenvolveram uma nanoemulsão clara com um tamanho de glóbulo variando de 13 a 45 nm que proporcionou uma alta capacidade autoemulsionante do extrato como também uma maior capacidade antimicrobiana. Isso foi garantido graças à capacidade do composto final de penetrar na membrana celular e na parede celular das bactérias.

Métodos de moagem superfina também foram testados para garantir uma maior efetividade das características biológicas dos extratos de própolis, possivelmente prolongando a vida de prateleira de produtos alimentícios (Augusto-Obara et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A própolis tem demonstrado um potencial promissor como conservante de alimentos diversos que vão desde produtos cárneos, bebidas lácteas, grãos integrais, frutos *in natura* e até mesmo sorvetes e balas de gelatina. A utilização desse produto alimentício natural tem ganhado um espaço interessante nas pesquisas da última década. Isso ocorre graças ao seu potencial antioxidante e antimicrobiano que aumenta o tempo de vida útil dos produtos consideravelmente, podendo substituir conservantes químicos comumente utilizados na indústria alimentícia. Dentre os produtos estudados, os trabalhos com filé de peixe foram mais amplamente encontrados. Faz-se necessário uma continuidade desses estudos para resolver problemas quanto a padronização de metodologias que têm por objetivo a diminuição do aroma forte da própolis ou mesmo o uso de extratos de própolis não alcoólicos. Isso tem sido aperfeiçoado com estratégias metodológicas de desodorização dos extratos e tecnologias novas de nanoemulsão. Este trabalho poderá contribuir com uma visão geral sobre os produtos e estratégias metodológicas utilizando extrato de própolis em alimentos, para possíveis trabalhos futuros que busquem melhorias e inovações na utilização desse produto natural.

REFERÊNCIAS

ALI, A.; WEI, Y. Z.; MUSTAFA, M. A. Exploiting Propolis as an Antimicrobial Edible Coating to Control Post□harvest Anthracnose of Bell Pepper. **Packaging Technology and Science**, v. 28, n. 2, p. 173-179, 2015.

ALI, F. H.; KASSEM, G. M.; ATTA-ALLA, O. A. Propolis as a natural decontaminant and antioxidant in fresh oriental sausage. **Veterinaria italiana**, v. 46, n. 2, p. 167-172, 2011.

ALVAREZ, M. V.; MOREIRA, M. R.; PONCE, A. Peroxidase activity and sensory quality of ready to cook mixed vegetables for soup: combined effect of biopreservatives and refrigerated storage. **Food Science and Technology**, v. 35, p. 86-94, 2015.

AUGUSTO-OBARA, T. R.; OLIVEIRA, J.; GLÓRIA, E. M.; SPOTO, M. H. F.; GODOY, K.; VIEIRA, T. M. F. S.; SCHEUERMANN, E. Benefits of superfine grinding method on antioxidant and antifungal characteristic of Brazilian green propolis extract. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 398-404, 2019.

CASQUETE, R.; CASTRO, S. M.; JACOME, S.; TEIXEIRA, P. Antimicrobial activity of ethanolic extract of propolis in "Alheira", a fermented meat sausage. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1125773, 2016.

CASTALDO, S.; CAPASSO, F. Propolis, an old remedy used in modern medicine. **Fitoterapia,** v. 73, p. S1-S6, 2002.

CRUZ, A. I. C.; COSTA, M. C.; MAFRA, J. F.; FERREIRA, M. A.; MIRANDA, F. M.; COSTA, J. A.; WATANABE, Y. N.; RIBEIRO, P. R.; ARAÚJO, F. M.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S. A sodium alginate bilayer coating incorporated with green propolis extract as a powerful tool to extend *Colossoma macropomum* fillet shelf-life. **Food Chemistry**, v. 355, p. 129610, 2021.

ÇOBAN, M. Z. Effectiveness of chitosan/propolis extract emulsion coating on refrigerated storage quality of crayfish meat (*Astacus leptodactylus*). **CyTA-Journal of Food**, v. 19, n. 1, p. 212-219, 2021.

ÇOBAN, M. Z.; EMIR ÇOBAN, Ö.; FADILOĞLU, E. E. Microbiological and physicochemical quality of carp sausage enriched with propolis natural extract during chilled storage. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 28, n. 9, p. 960-966, 2019.

DUMAN, M.; ÖZPOLAT, E. Effects of water extract of propolis on fresh shibuta (*Barbus grypus*) fillets during chilled storage. **Food Chemistry**, v. 189, p. 80-85, 2015.

EBADI, Z.; KHODANAZARY, A.; HOSSEINI, S. M.; ZANGUEE, N. The shelf life extension of refrigerated *Nemipterus japonicus* fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract**. International journal of biological macromolecules**, v. 139, p. 94-102, 2019.

EL-BASSIONY, T. A.; SAAD, N. M.; EL-ZAMKAN, M. A. Study on the antimicrobial activity of Ethanol Extract of Propolisagainst enterotoxigenic Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in lab prepared Ice-cream. **Veterinary World**, v. 5, n. 3, 2012.

GRIFFITHS, G. A.; TOSHITAKA, U.; FUMIHIKO, T.; DAISUKE, H. Effect of vapors from fractionated samples of propolis on microbial and oxidation damage of rice during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 341-352, 2008.

HAO, J.; YANG, W.; YANG, H.; MA. L. The Application of a compound natural preservative solution to chilled beef and mutton under vacuum packaging during refrigerated storage. **Food Science and Technology Research**, v. 19, n. 4, p. 591-599, 2013.

JONAIDI JAFARI, N.; KARGOZARI, M.; RANJBAR, R.; ROSTAMI, H.; HAMEDI, H. The effect of chitosan coating incorporated with ethanolic extract of propolis on the quality of refrigerated chicken fillet. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 1, p. e13336, 2018.

LI, C.; HAN, Y.; FAN, S.; ZHANG, Y.; SIMPSON, B. K. Effect of three kinds of natural preservative cocktails on vacuum□packed chilled pork. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 7, p. 3110-3118, 2020.

LUIS-VILLAROYA, A.; ESPINA L.; GARCÍA-GONZALO, D. BAYARRI, S.; PÉREZ, C. PAGÁN, R. Bioactive properties of a propolis-based dietary supplement and its use in combination with mild heat for apple juice preservation. **International journal of food microbiology**, v. 205, p. 90-97, 2015.

MICHAILIDIS, G. F.; THAMNOPOULOS, I. I.; FLETOURIS, D. J. Synergistic, bacteriostatic effect of propolis and glycerol against Listeria monocytogenes in chocolate milk under refrigerated storage. **Food Science and Technology International**, v. 27, n. 1, p. 46-55, 2021.

NESSIANPOUR, E.; KHODANAZARY, A.; HOSSEINI, S. M. Shelf life of *Saurida tumbil* during storage at refrigeration condition as affected by gelatin-based edible coatings incorporated with propolis extract. **International Journal of Food Properties**, v. 22, n. 1, p. 1749-1759, 2019.

ÖZER, E. D. Propolis and Potential Use in Food Products. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, v. 8, n. 5, p. 1139-1144, 2020.

PASTOR, C.; Sánchez-González, L.; Marcilla, A.; Chiralt, A.; Cháfer, M.; González-Martínez, C. Quality and safety of table grapes coated with hydroxypropylmethylcellulose edible coatings containing propolis extract. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 1, p. 64-70, 2011.

PATEL, S. Emerging Adjuvant Therapy for Cancer: Propolis and its Constituents. **Journal of Dietary Supplements**, v. 13, n. 3, p. 245-268, 2016.

PEDONESE, F.; VERANI, G.; TORRACCA, B.; TURCHI, B.; FELICIOLI, A.; NUVOLONI, R. Effect of an Italian propolis on the growth of *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in milk and whey cheese. **Italian journal of food safety**, v. 8, n. 4, 2019.

POBIEGA, K.; PRZYBYŁ, J. L.; ŻUBERNIK, J.; GNIEWOSZ, M. Prolonging the shelf life of cherry tomatoes by pullulan coating with ethanol extract of propolis during refrigerated storage. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 8, p. 1447-1461, 2020.

OZTURK, I. Antifungal Activity of Propolis, Thyme Essential Oil and Hydrosol on Natural Mycobiota of Sucuk, a Turkish Fermented Sausage: Monitoring of Their Effects on Microbiological, Color and Aroma Properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 1148-1158, 2015.

RIVERO, R.; ARCHAINA, D.; SOSA, N.; SCHEBOR C. Development and characterization of two gelatin candies with alternative sweeteners and fruit bioactive compounds. **LWT**, v. 141, p. 110894, 2021.

SANTOS, M. S. ESTEVINHO, L. M.; CARVALHO, C. A. L.; CONCEIÇÃO, A. L. S.; ALMEIDA, R. C. C. Rheological and sensorial evaluation of yogurt incorporated with red propolis. **Journal of food science and technology,** v. 57, n. 3, p. 1080-1089, 2020.

SEIBERT, J. B.; BAUTISTA-SILVA, J. P.; AMPARO, T. R.; PETIT, A.; PERVIER, P.; ALMEIDA, J. C. S.; AZEVEDO, M. C.; SILVEIRA, B. M.; BRANDÃO, G. C.; SOUZA, G. H. B.; TEIXEIRA, L. F. M.; SANTOS, O. D. H. Development of propolis nanoemulsion with antioxidant and antimicrobial activity for use as a potential natural preservative. **Food chemistry**, v. 287, p. 61-67, 2019.

SHIBUYA, T.; KAZUYUKI, O.; HIROSHIMA, O.; AGA, H.; FUKUDA, S. Extrato de própolis. **Patente US 6.153.227**, 28 de novembro de 2000.

SILICI, S.; KARAMAN, K. Inhibitory effect of propolis on patulin production of *Penicillium expansum* in apple juice. **Journal of food processing and preservation**, v. 38, n. 3, p. 1129-1134, 2014.

SUAREZ, M. H.; JIMÉNEZ, T. Á.; DÍAZ M. C. Determination of microbiological and sensory parameters of fish fillets with propolis preserved under refrigeration. **Revista MVZ Córdoba**, v. 19, n. 3, p. 4214-4225, 2014.

SYUKRI, Y.; FITRIA, A.; HANIFAH, S.; IDRATI, M. Development of New Indonesian Propolis Extract-Loaded Self-emulsifying: Characterization, Stability and Antibacterial Activity. **Advanced Pharmaceutical Bulletin**, v. 11, n. 1, p. 120, 2021.

THAMNOPOULOS, I. I.; MICHAILIDIS, G. F.; FLETOURIS, D. J.; BADEKA, A.; KONTOMINAS, M. G.; ANGELIDIS, A. S. Inhibitory activity of propolis against *Listeria monocytogenes* in milk stored under refrigeration. **Food microbiology**, v. 73, p. 168-176, 2018.

UCAK, I.; KHALILY, R.; CARRILLO, C.; TOMASEVIC, I.; BARBA, F. J. Potential of propolis extract as a natural antioxidant and antimicrobial in gelatin films applied to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1584, 2020.

YANG, W.; WU, Z.; HUANG, Z. Y.; MIAO, X. Preservation of orange juice using propolis. **Journal of food science and technology**, v. 54, n. 11, p. 3375-3383, 2017.

ZINGUE, S.; CISILOTTO, J.; FOGANG, R. C. M.; TCHOUPANG, E. N.; NDINTEH, D. T.; FOHOUO, N. T.; NJAMEN, D.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. The antimammary tumor effects of ethanolic extract of propolis from Adamawa region (Cameroon) are by apoptosis via reactive oxygen species-mediated mitochondrial pathway. **Environmental Toxicology**, v. 36, n. 5, p. 861-873, 2021.

ZULHENDRI, F.; CHANDRASEKARAN, K.; KOWACZ, M.; RAVALIA, M.; KRIPAL, K.; FEARNLEY, J.; PERERA, C.O. Antiviral, Antibacterial, Antifungal, and Anti-parasitic Properties of Propolis: A Review. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1360, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

Pseudomonas spp. EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Pseudomonas spp. IN FOOD: A REVIEW

ANTUNES, Laura Luisi[1]*; REIS, Rangel Zagheti dos[1]

[1]Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos/Universidade Tecnológica Federal do Paraná
*Contato: lauraantunes0495@gmail.com

RESUMO

A conservação de alimentos é, sem dúvida, uma das maiores preocupações da indústria atualmente, para tanto, tem-se feito cada vez mais importante um controle para uma adequada manipulação em todas as etapas envolvidas no processamento de alimentos. A contaminação microbiana é a principal causa de deterioração em alimentos. *Pseudomonas spp*. são os microrganismos psicrotróficos deteriorantes mais comuns, principalmente em alimentos armazenados com presença de ar, alto teor de umidade, e pH neutro, como produtos cárneos e lácteos, por exemplo. Com base nisso, o objetivo desse estudo é construir uma revisão teórica sobre o microrganismo emergente Pseudomonas sp. e sua importância para a indústria de alimentos, por meio da utilização das plataformas de pesquisa Google Scholar, SciELO, Science Direct, Pubmed e Wiley Online Library, onde foram encontrados 37 artigos publicados no período de 2000 até 2020. A partir de toda a discussão construída, é possível afirmar que as *Pseudomonas spp*. têm a capacidade diferenciada de se desenvolver em condições de estresse de diferentes maneiras, e isso, é a principal característica responsável pela sua alta adaptabilidade, o que torna mais fácil a sua difusão em vários ambientes, gerando graves problemas tanto para alimentos, quanto para a saúde dos seres humanos, por tanto, toda forma de caracterização e conhecimento desse microrganismo se faz importante, à fim de minimizar esses aspectos negativos relacionados ao desenvolvimento de *Pseudomonas spp*.

Palavras-chave: *Pseudomonas spp*., contaminação microbiana, cadeia produtiva de alimentos, deterioração de alimentos.

ABSTRACT

Food preservation is undoubtedly one of the biggest concerns of the industry, therefore, there has been an increasingly important control for proper handling in all stages involved in food processing. Microbial contamination is the main cause of food spoilage. *Pseudomonas spp*. they are the most common deteriorating psychrotrophic microorganisms, mainly in foods stored with the presence of air, high moisture content, and neutral pH, such as meat and dairy products, for example. Based on this, the objective of this study is to build a theoretical review on the emerging microorganism *Pseudomonas sp*. and its importance for the food industry, through the use of the research platforms Google Scholar, SciELO, Science Direct, Pubmed and Wiley Online Library, where 37 articles were published between 2000 and 2020. From the whole discussion constructed, it is possible to affirm that *Pseudomonas spp*. have the differentiated

ability to develop under stress conditions in different ways, and this is the main characteristic responsible for their high adaptability, which makes it easier to diffuse in various environments, generating serious problems both for food and for health of human beings, therefore, every form of characterization and knowledge of this microorganism is important, in order to minimize these negative aspects related to the development of *Pseudomonas spp.*

Keywords: *Pseudomonas spp*., microbial contamination, food production chain, food spoilage.

INTRODUÇÃO

Pseudomonas é um vasto gênero da família Pseudomonadaceae, caracterizados como bacilos Gram-negativos não fermentadores, aeróbicos estritos, catalase e oxidase positivas, mesófilos e psicrotolerantes, com forma reta ou ligeiramente curvos, apresentando, em sua maioria, cepas com motilidade por meio de um ou mais flagelos polares (Caldera et al., 2016).

Este gênero compreende um grupo de microrganismos heterogêneos amplamente distribuídos na natureza, em nichos como solo, água, plantas, tecidos animais, alimentos, entre outros, por apresentar um metabolismo bastante versátil devido à presença de um complexo sistema enzimático, capaz de produzir enzimas com capacidade pectinolítica, amilolítica, lipolítica, proteolítica e fosfolipolítica, que resulta na sua habilidade de adaptação em condições variadas (Silva, 2015; Caldera et al., 2016).

Pseudomonas spp. estão presentes em uma diversidade de alimentos por apresentarem uma capacidade de crescimento em uma faixa extensa de temperaturas (4 a 42°C), sendo frequentemente implicados na degradação e deterioração desses produtos (Okuno, 2016). O que gera a necessidade de controle dessas bactérias na cadeia de alimentos, já que são os microrganismos psicrotróficos de deterioração mais comumente encontrados em alimentos refrigerados, especialmente nos armazenados aerobicamente, com alto teor de água e pH neutro, como carne vermelha, peixe e leite e produtos lácteos (Raposo et al., 2017).

As espécies de *Pseudomonas* mais isoladas em alimentos são: *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. fragi*, *P. mefítica*, *P. aeruginosa, P. synxantha*, *P. mucidolens*, *P. taetrolens, P. chicorii*, *P. maltophilia* e *P. viridiflava;* dentre essas, a *P. aeruginosa,* é a espécie mais estudada e economicamente importante, já que além de causar perda de qualidade no produto, é um patógeno vegetal e humano oportunista, podendo causar doenças em diversos organismos hospedeiros (Franzetti e Scarpellini, 2007; Raposo et al., 2017).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo fazer uma revisão teórica sobre a presença de *Pseudomonas* spp. em alimentos (leite e produtos lácteos, frutas e vegetais, carnes, ovos e água) e a consequente deterioração dos mesmos.

METODOLOGIA

Trata-se de estudo descritivo baseado em revisão de literatura de abordagem qualitativa, além da percepção dos autores a respeito do assunto abordado. A obtenção dos dados realizou-se por meio da pesquisa de artigos em cinco bases de dados bibliográficas, sendo elas: Google Scholar, SciELO, Science Direct, Pubmed e Wiley Online Library, utilizando a combinação dos termos "*Pseudomonas* em alimentos" em português, "*Pseudomonas* en los alimentos" em espanhol e "*Pseudomonas* in food" em inglês. Além disso, foi conduzida uma busca manual de publicações com base nas referências bibliográficas listadas nos artigos identificados e em capítulos de livros. Foram incluídos todos os trabalhos publicados nos idiomas inglês, português ou espanhol de 2000 até 2020, que abordaram especificamente o tema, totalizando 37 trabalhos estudados.

DESENVOLVIMENTO

Pseudomonas spp. em leite e produtos lácteos

As características físico-químicas do leite, como alto valor nutricional, teor de água e pH quase neutro, torna-o um ambiente propício para o crescimento diversos microrganismos indesejáveis responsáveis pela deterioração de produtos lácteos, e patógenos, quais são normalmente introduzidos na cadeia de produção por meio de práticas insatisfatórias e/ou anti-higiênicas ou falhas nos sistemas de processamento (Raposo et al., 2017).

A contaminação do leite e de produtos lácteos com microrganismos psicrotróficos, resulta em perdas significativas para a indústria de alimentos, tornando as *Pseudomonas* spp. um dos grupos bacterianos mais importantes na indústria de laticínios, já que são as bactérias predominantemente identificadas e associadas a estes alimentos (Dogan e Boor, 2003). As espécies de *Pseudomonas* mais comumente detectadas no leite e produtos lácteos são: *P. fluorescens, P. gessardii, P. lundesis, P. putida, P. aeruginosa, P. fragi* e *P. putrefaciens* (Dogan e Boor, 2003; De Jonghe et al., 2011). Dentre essas, as duas últimas são as principais responsáveis pela deterioração que ocorre em produtos lácteos fermentados, como manteiga e queijo (Alenezi, 2016).

O crescimento de *Pseudomonas* spp. em leite é frequentemente associado a sua deterioração, uma vez que há produção de enzimas termotolerantes lipolíticas, proteolíticas e da lecitinase, que reduzem a qualidade e o prazo de validade do leite processado à medida que se desenvolvem durante armazenamento refrigerado do leite cru (Meng et al., 2017).

As enzimas termotolerantes secretadas por *Pseudomonas* spp. são estáveis ao calor, podendo resistir a pasteurização ou tratamento de ultra-alta temperatura (UHT), preservando sua atividade após o processamento. As peptidases podem desestabilizar produtos lácteos, por meio da degradação da caseína, causando amargor ou sabores rançosos e prejudicando

as propriedades de coagulação do leite (Glück et al., 2016). As lipases catalisam a hidrólise de triglicerídeos resultando na liberação de ácidos graxos e glicerol que causam sabores rançosos, butíricos ou de sabão e também podem levar a redução nas propriedades de formação de espuma do leite (Yuan et al., 2018). As lecitinases degradam as membranas dos glóbulos de gordura do leite e aumentam a suscetibilidade da gordura do leite à ação das lipases (Dogan e Boor, 2003).

Apesar de uma temperatura baixa (1 a 4°C) ser recomendada para o armazenamento de longo prazo do leite cru antes do processamento, a refrigeração do leite, por si só não impede a proliferação de microrganismos psicrotróficos e tão pouco é garantia de qualidade, sendo de extrema importância conciliar este processo com condições higiênico-sanitárias adequadas durante toda cadeia de produção de laticínios, para assim, diminuir a contaminação inicial enquanto a baixa temperatura mantém a contagem microbiana em níveis baixos, características essas essenciais para estender a vida útil de produtos lácteos acabados (Fagundes et al., 2006).

Segundo Lucera et al. (2014) uma carga microbiana igual ou superior a 10^6 UFC g^{-1} pode representar o nível de contaminação no qual as alterações do produto começam a aparecer, dentre essas, além da possível deterioração do produto, pode ocorrer aparição de pigmentos verde-amarelo e azul esverdeado, chamados respectivamente de pioverdina e piocianina, secretados por algumas *Pseudomonas* spp. que afetam a qualidade sensorial visual dos produtos lácteos, especialmente queijos (Carrascosa et al., 2015; Chierici et al., 2016).

Pseudomonas spp. em frutas e vegetais

A contaminação de frutas e vegetais por microrganismos indesejáveis durante pré e pós-colheita e processamento é um sério problema enfrentado pelos setores agrícolas, pois juntamente com os fatores intrínsecos (transpiração, senescência e amadurecimento) e extrínsecos (temperatura, embalagem, etc.) afetam diretamente a vida útil dos produtos, ao proporcionar alterações sensoriais, organoléptica e nutricionais nos produtos frescos, devido a um metabolismo desequilibrado e crescimento microbiano (Thapar e Garcha, 2017; Wang et al., 2019).

A principal população microbiana encontrada nos vegetais e frutas no campo consiste em espécies do gênero *Pseudomonas*, especialmente as formas fluorescentes. Durante o armazenamento e o processamento ocorre a proliferação de tais bactérias, que são consideradas os principais deteriorantes e responsáveis por uma parcela significativa de perdas de frutas e vegetais (Franzetti e Scarpellini, 2007).

As espécies *P. fluorescens* e *P. viridiflava* compreendem até 40% das bactérias presentes naturalmente na superfície de frutas e vegetais e causam quase metade do apodrecimento pós-colheita de produtos frescos armazenados em temperaturas frias. Esses microrganismos secretam enzimas pectinases capazes de promover a degradação das pectinas que mantêm as células vegetais adjacentes unidas, ocasionando o amolecimento e escurecimento dos tecidos vegetais devido sua atividade pectinolítica (Thapar e Garcha, 2017). Já *P. cichorii* e *P. cepa-*

cia são reconhecidas por prejudicarem a qualidade comercial de vegetais folhosos induzindo a aparição de manchas marrons ou pretas, enquanto *P. marginalis* promove a formação de limo lateral em alface (Erkmen e Bozoglu, 2016a; Coulibaly et al., 2017).

A alta acidez de muitas frutas (pH < 4,6) inibe o crescimento de *Pseudomonas* spp. que requer uma alta atividade de água (Aw ≥ 0,95) e valores pH ≥ 5,4, enquanto os vegetais geralmente têm um pH entre 6,0 e 7,0 que favorecem a multiplicação desses microrganismos e carecem normalmente de uma proteção extrínseca (Thapar e Garcha, 2017; Raposo et al., 2017).
Vegetais e frutas minimamente processados são produtos submetidos a operações de lavagem, desinfecção, seleção, descascamento, corte, embalagem e armazenamento. Dentre esses, a lavagem e a desinfecção são as etapas de processamento mais críticas tendo impacto direto na concentração microbiana, podendo tanto reduzir a carga microbiana como ocasionar uma maior contaminação, afetando assim a qualidade, segurança e vida útil do produto final (Pinto et al., 2015).

Uma das principais alternativas no controle da deterioração de frutas e vegetais é o emprego de uma embalagem com atmosfera modificada. A utilização de CO_2 em substituição a parte da concentração ao oxigênio, irá inibir efetivamente o crescimento de microrganismos aeróbicos, como *Pseudomonas* spp. (Barth et al., 2009).

Pseudomonas spp. em carnes

A qualidade microbiológica da carne depende diretamente do estado fisiológico do animal e do nível de contaminação no momento do abate, uma vez que alguns microrganismos se originam do trato intestinal de animais e/ou do ambiente no qual estes animais se encontram antes ou durante o abate; forma de processamento; temperaturas e condições de armazenamento; e distribuição do produto (Raposo et al., 2017).

A deterioração microbiana da carne durante o armazenamento aeróbio resfriado causa perdas significativas para a indústria alimentícia, uma vez que carne fresca é um substrato particularmente adequado para o crescimento de microrganismos psicrotróficos, favorecido por sua composição nutricional e pela rígida cadeia de resfriamento aplicada à produção de carne fresca, que vai do abate ao porcionamento e distribuição (Wickramasinghe et al., 2019). Os microrganismos psicrotróficos do gênero *Pseudomonas*, são os principais causadores da deterioração da carne refrigerada armazenada aerobicamente, dentre esses, *P. lundensis, P. fragi* e *P. fluorescens* são as espécies mais isoladas (Zagorec e Champomier-Vergès, 2017).

No entanto, *Pseudomonas* spp. não são apenas favorecidas pelo armazenamento aeróbio, já que também foram identificadas em carne bovina moída armazenada sob atmosfera modificada (Chaillou et al., 2015). Resultado semelhante ao achado por Mano et al. (2002) ao utilizar atmosfera modificada, especificamente atmosfera de 100% N_2, para a inibição do crescimento dos microrganismos inerentes à carne suína, onde os dados encontrados apontaram um crescimento considerável de *Pseudomonas* sp. a temperatura de 1 e 7°C, comprovando

que apesar de serem notoriamente conhecidos como aeróbios estritos, também podem se multiplicar em atmosfera com baixas concentrações de O_2.

Koutsoumanis et al. (2006) ao estudar o crescimento de bactérias psicrotróficas em carne bovina e suína picada em baixa temperatura sob diferentes valores de pH mostraram que as mudanças nas populações de *Pseudomonas* spp. foram seguidas por mudanças sensoriais durante o armazenamento, como desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, descolorações e formação de limo na carne (Motoyama et al., 2010).

Em relação a carne de frango, a presença de *Pseudomonas* sp. também está relacionada a deterioração do produto, ocasionada por uma série de alterações sensoriais, dentre essas a produção de odores e sabores desagradáveis, fundamentalmente pela ação das enzimas lipases e proteases que são geradas pelo microrganismo (Marangoni et al., 2015).

De acordo com Franzetti e Scarpellini (2007) a carne de peixe também serve como um bom substrato de crescimento de *Pseudomonas* spp., especialmente sob armazenamento aeróbio em gelo. Muitos dos odores característicos dos estágios iniciais de deterioração do músculo do peixe resfriado estão relacionados a contaminação por estas bactérias psicrotróficas, quais são produtoras de diversos compostos voláteis (álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos graxos, ésteres e compostos de enxofre) responsáveis pelas alterações organolépticas (Wickramasinghe et al., 2019).

Langoni et al. (2009), observaram durante um estudo de caracterização microbiológica e citológica do leite em sistema de produção orgânica, que *Pseudomonas* spp. estão dentre os microrganismos mais presentes nos bovinos e são um dos principais causadores da mastite no animal. Segundo os autores, a incidência desse microrganismo está diretamente relacionada com o manejo inadequado do animal, já que esse tipo de organismo está geralmente relacionado com a contaminação do solo ou do ambiente, podendo consequentemente afetar não apenas a cadeia produtiva de carne, mas também a laticínios, fato que demonstra que uma falta de controle higiênico-sanitário pode ocasionar grandes problemas em toda cadeia produtiva de alimentos.

Pseudomonas spp. em ovos

A deterioração de ovos devido a presença de bactérias do gênero *Pseudomonas* é o tipo mais comum de perda bacteriana em ovos armazenados a frio e, frequentemente, o único tipo encontrado imediatamente após os ovos serem removidos do depósito (Reu et al., 2008; Erkmen e Bozoglu, 2016b).

P. aeruginosa é uma das principais bactérias com potencial contaminante em ovos, uma vez que é capaz de atravessar a casca e as membranas do ovo, causando sua degradação (Al-Bahry et al., 2013). Segundo Mendes et al. (2012) esses microrganismos são capazes de produzir substâncias indesejáveis como ácido e sulfeto de hidrogênio, amônia, aminas, indol e ureia, que modificam as características sensoriais e físico-químicas dos ovos.

A lavagem ou não lavagem dos ovos no processo de embalagem tem sido questionada por diversos pesquisadores nos últimos anos, já que apesar do processo resultar em ovos com melhor aparência para venda e uma possível redução na concentração de microrganismos na casca, a probabilidade de contaminação dentro do ovo como consequência é alta (Gole et al. 2014). Em contrapartida, Mendes et al. (2014) ao avaliar o efeito da sanitização de ovos com casca contaminada com *P. aeruginosa* concluíram que o processo de sanitização foi efetivo na redução do crescimento bacteriano na casca e no conteúdo interno dos ovos desde que fossem armazenados em temperatura de refrigeração a 5°C.

Pseudomonas spp. em água

Pseudomonas spp. são altamente versáteis e podem se adaptar em uma ampla gama de habitats, inclusive água potável, embora sua presença neste produto normalmente seja relacionada a colonização do aquífero, sabe-se que estes microrganismos também apresentam a capacidade de multiplicar-se em água com poucos nutrientes e sobreviver por longos períodos de fome, e portanto, podem colonizar águas engarrafadas (Vaz-Moreira et al., 2012; Herath et al., 2014).

A presença de *Pseudomonas* spp. em sistemas de distribuição de água pode ser considerado um problema não apenas pertencente a cadeia de produção de alimentos, qual tem a qualidade de seus produtos afetada diretamente por uma possível contaminação cruzada; mas também representam algumas preocupações de saúde pública, uma vez que algumas espécies desse gênero, como *P. aeruginosa*, são consideradas patógenos oportunistas que podem colonizar animais e humanos (Raposo et al., 2017; English et al., 2018).

P. aeruginosa é uma bactéria particularmente abundante em ambientes de água doce e sistemas de água potável (English et al., 2018). Este microrganismo é sensível à desinfecção e a entrada nos sistemas de distribuição pode ser reduzida por uma desinfecção adequada, juntamente com medidas de controle para minimizar o crescimento de biofilme, incluindo tratamento para otimizar a remoção de carbono orgânico, restrição do tempo de residência de água nos sistemas de distribuição e manutenção de resíduos desinfetantes (WHO, 2017). Enquanto a aplicação de cloro, cloraminas, ozônio, iodo e desinfecção UV, são os métodos mais comumente utilizados para reduzir a concentração de *P. aeruginosa* em água potável (Raposo et al., 2017).

Segundo Pisani et al. (2007) foi possível isolar *P. aeruginosa* em água potável engarrafada em países como Brasil, Canadá, França, Alemanha, Espanha, Estados Unidos, entre outros. Quando presentes em grande número este microrganismo promoveu alterações de sabor, odor e turbidez no produto (Herath et al., 2014).

P. aeruginosa é considerado um organismo indicador de contaminação da água, sendo em muitos países, utilizado como um parâmetro de padrões de água potável engarrafada, uma vez que a presença deste patógeno oportunista em água mineral não é aceitável, pois é

capaz de causar infecções no trato urinário, sistema respiratório, nos tecidos moles, bacteremia, dermatite e uma variedade de infecções sistêmicas, particularmente em pacientes queimados e indivíduos imunocomprometidos (Herath et al., 2014; Kouchesfahani et al., 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o caráter prototrófico, a versatilidade metabólica, a plasticidade do genoma e a capacidade de lidar com diferentes formas de estresse do gênero *Pseudomonas*, é possível afirmar que tais características são as principais responsáveis pela adaptabilidade desses microrganismos em diversos ambientes, sendo encontrados amplamente distribuídos na natureza, o que gera a necessidade de controle dessas bactérias na cadeia de produção de alimentos, uma vez que são normalmente relacionados com degradação e deterioração desses produtos, podendo inclusive gerar problemas de saúde pública.

Sendo assim, a identificação dos principais alimentos afetados por *Pseudomonas* spp., juntamente com a compreensão dos fatores responsáveis pela contaminação e consequente degradação dos mesmos é de extrema importância, especialmente quando se tem o intuito de promover a redução da contaminação de produtos alimentícios durante o processamento ou conservação dos alimentos.

REFERÊNCIAS

AL-BAHRY, S.; MAHMOUD, I.; AL-RAWAHY, S. PAULSON, J. R. Egg contamination as an indicator of environmental health. In **Eggs: Nutrition, Consumption and Health.** Nova Science Publishers, p. 1-24, 2013.

ALENEZI, A. Effect of food spoilage bacteria on food. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 7, 2016.

BARTH, M.; HANKINSON T. R.; ZHUANG, H.; BREIDT, F. Microbiological spoilage of fruits and vegetables. In **Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages**, Ed. Springer, v. 1, p. 135-183, 2009.

CALDERA, L.; FRANZETTI, L.; VAN COILLIE, E.; de VOS, P.; STRAGIER, P.; de BLOCK, J.; HEYNDRICKX, M. Identification, enzymatic spoilage characterization and proteolytic activity quantification of *Pseudomonas* spp. isolated from different foods. **Food Microbiology**, v. 54, p. 142-153, 2016.

CARRASCOSA, C.; MILLÁN, R.; JABER, J. R.; LUPIOLA, P.; ROSARIO-QUINTANA, C.; MAURICIO, C.; SANJUÁN, E. Blue pigment in fresh cheese produced by *Pseudomonas fluorescens*. **Food Control**, v. 54, p. 95-102, 2015.

CHAILLOU, S.; CHAULOT-TALMON, A.; CAEKEBEKE, H.; CARDINAL, M.; CHRISTIEANS, S.; DENIS, C.; DESMONTS, M. H.; DOUSSET, X.; FEURER, C.; HAMON, E.; JOFFRAUD, J. J.; LA CARBONA, S.; LEROI, F.; LEROY, S.; LORRE, S.; MACÉ, S.; PILET, M. F.; PRÉVOST, H.; RIVOLLIER, M.; ROUX, D.; TALON, R.; ZAGOREC, M.; CHAMPOMIER-VERGÈS, M.C. Origin and ecological selection of core and food-specific bacterial communities associated with meat and seafood spoilage. **The ISME Journal**, v. 9, p. 1105-1118, 2015.

CHIERICI, M.; PICOZZI, C.; LA SPINA, M. G.; ORSI, C.; VIGENTINI, I.; ZAMBRINI, V.; FOSCHINO, R. Strain diversity of *Pseudomonas fluorescens* group with potential blue pigment phenotype isolated from dairy products. **Journal of Food Protection**, v. 79, p. 1430-1435, 2016.

COULIBALY, K. J.; AGBO, A. E.; DADIE, A. T.; MIREILLE, D. Microbiological quality of raw vegetables and ready to eat products sold in Abidjan (Cte dIvoire) markets. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, p. 204-210, 2017.

DE JONGHE, V.; COOREVITS, A.; VAN HOORDE, K.; MESSENS, W.; VAN LANDSCHOOT, A.; DE VOS, P.; HEYNDRICKX, M. Influence of storage conditions on the growth of *Pseudomonas* species in refrigerated raw milk. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 77, p. 460-470, 2010.

DOGAN, B.; BOOR, K. J. Genetic diversity and spoilage potentials among *Pseudomonas* spp. Isolated from fluid milk products and dairy processing plants. **Applied and Environmental Microbiology,** v. 69, p. 130-138, 2003.

ENGLISH, E.; SCHUTZ, K. C.; WILLSEY, G. G.; WARGO, M. J. Transcriptional responses of *Pseudomonas aeruginosa* to potable water and freshwater. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 84, 2018.

ERKMEN, O.; BOZOGLU, T. F. Spoilage of vegetables and fruits. In **Food Microbiology: Principles into Practice**. Ed. Wiley, v. 1, p. 337-363, 2016a.

ERKMEN, O.; BOZOGLU, T. F. Spoilage of eggs and egg products. In **Food Microbiology: Principles into Practice**. Ed. Wiley, v. 1, p. 296-300, 2016b.

FAGUNDES, C. M.; FISCHER, V.; SILVA, W. P.; CARBONERA, N.; ARAÚJO, M. R. Presença de *Pseudomonas* spp. em função de diferentes etapas da ordenha com distintos manejos higiênicos e no leite refrigerado. **Ciência Rural**, v. 36, p. 568-572, 2006.

FRANZETTI, L.; SCARPELUNI, M. Characterisation of *Pseudomonas* spp. isolated from foods. **Annals of Microbiology**, v. 57, p. 39-47, 2007.

GLÜCK, C.; RENTSCHLER, E.; KREWINKEL, M.; MERZ, M.; NEUBECK, M.; WENNING, M.; SCHERERB, S.; STOECKELC, M.; HINRICHSC, J.; STRESSLERA, T.; FISCHERA, L. et al. Thermostability of peptidases secreted by microorganisms associated with raw milk. **International Dairy Journal**, v. 56, p. 186-197, 2016.

GOLE, V. C.; CHOUSALKAR, K. K.; ROBERTS, J. R.; SEXTON, M.; MAY, D.; TAN, J.; KIERMEIER, A. Effect of egg washing and correlation between eggshell characteristics and egg penetration by various *Salmonella typhimurium* strains. **PLoS ONE**, v. 9, p. e90987, 2014.

HERATH, A. T.; ABAYASEKARA, C. L.; CHANDRAJITH, R.; ADIKARAM, N. K. B. *Pseudomonas aeruginosa* in bottled drinking water in Sri Lanka: a potential

health hazard. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 14, p. 1045-1050, 2014.

KOUCHESFAHANI, M. M.; ALIMOHAMMADI, M.; NODEHI, R. N.; ASLANI, H.; REZAIE, S.; ASADIAN, S. *Pseudomonas aeruginosa* and *Heterotrophic* bacteria count in. bottled waters in Iran. **Iran Journal of Public Health**, v. 44, p. 1514-1519, 2015.

KOUTSOUMANIS, K.; STAMATIOU, A.; SKANDAMIS, P.; NYCHAS, G. J. E. Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat, and validation of the model under dynamic temperature conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 72, p. 124-134, 2006.

LANGONI, H.; SAKIYAMA, D. T. P.; GUIMARÃES, F. F.; MENOZZI, B. D.; SILVA, R. C. Aspectos citológicos e microbiológicos do leite em propriedades no sistema orgânico de produção. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 29, p. 881-886, 2009.

LUCERA, A.; MASTROMATTEO, M.; CONTE, A.; ZAMBRINI, A. V.; FACCIA, M.; DEL NOBILE, M. A. Effect of active coating on microbiological and sensory properties of fresh mozzarella cheese. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 1, p. 25-29, 2014.

MANO, S. B. PEREDA, J. A. O.; FERNANDO, G. D. G. Aumento da vida útil e microbiológica da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 1-10, 2002.

MARANGONI, C.; CICHOSKI, A. J.; BARIN, J. S.; MENEZES, C. R. et al. Efeito da incorporação de folhas de oliveira (*Olea europaea L.)* no desenvolvimento e qualidade da carne de frangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p. 173-184, 2015.

MENDES, F. R.; ANDRADE, M. A; CAFÉ, M. C.; SANTOS, J. S.; LACERDA, M. J. R.; STRINGHINI, J. H.; STRINGHINI, M. L.; LEANDRO, N. S. M. Physical and chemical quality of sanitized commercial eggs experimentally contaminated with *Pseudomonas aeruginosa* and refrigerated during storage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 2211-2218, 2012.

MENDES, F. R.; LEANDRO, N. S. M.; ANDRADE, M. A.; CAFÉ, M C.; SANTANA, E. S.; STRINGHINI, J. H. Qualidade bacteriológica de ovos contaminados com *Pseudomonas aeruginosa* e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, p. 444-450, 2014.

MENG, L.; ZHANG, Y.; LIU, H.; ZHAO, S.; WANG, J.; ZHENG, N. Characterization of *Pseudomonas* spp. and associated proteolytic properties in raw milk stored at low temperatures. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 2158, 2017.

MOTOYAMA, M.; KOBAYASHI, M.; SASAKI, K.; NOMURA, M.; MITSUMOTO, M. *Pseudomonas* spp. convert metmyoglobin into deoxymyoglobin. **Meat Science**, v. 84, p. 202-207, 2010.

OKUNO, N. T. **Queijos minas frescal comercializados no município do Rio de Janeiro: pesquisa de *Stenotrophomonas maltophilia* e de *Pseudomonas aeruginosa*** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PISANI, B.; SIMÕES, M.; PRANDI, M. A. G.; MARTINI, M. H.; CHIARINI, P. F. T.; MARTINEZ, E. Z. Eficácia de meios ágar M-PA-C e ágar Cetrimide no isolamento de *Pseudomonas aeruginosa* em amostras de água mineral. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, 2007.

PINTO, L.; IPPOLITO, A.; BARUZZI, F. Control of spoiler *Pseudomonas* spp. on fresh cut vegetables by neutral electrolyzed water. **Food Microbiology**, v. 50, p. 102-108, 2015.

RAPOSO, A.; PÉREZ, E.; FARIA, C. T.; FERRÚS, M. A.; CARRASCOSA, C. Food spoilage by *Pseudomonas* spp. - An overview. In **Foodborne Pathogens and Antibiotic Resistance.** Ed. Wiley Blackwell, p. 41-71, 2017.

REU, K.; MESSENS, W.; HEYNDRICKX, M.; RODENBURG, T. B.; UYTTENDAELE, M.; HERMAN, L. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. **World's Poultry Science Journal**, v. 64, p. 5-19, 2008.

SILVA, T. L. **Atividade sinérgica do timol e agentes antimicrobianos frente à *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente e seus efeitos sobre a biossíntese de biofilme e piocianina** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

THAPAR, P.; GARCHA, S. Incidence and characterization of Pseudomonas species isolated from spoilt fresh produce. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 55, p. 372-376, 2017.

VAZ-MOREIRA, I.; NUNES, O. C.; MANAIA, C. M. Diversity and antibiotic resistance in *Pseudomonas* spp. from drinking water. **Science of the Total Environment**, v. 426, p. 366-374, 2012.

WANG, Z.; Mei, X.; DU, M.; CHEN, K.; JIANG, M.; WANG, K.; ZALÁN, Z.; KAN, J. Potential modes of action of *Pseudomonas fluorescens* ZX during biocontrol of blue mold decay on postharvest citrus. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, p. 744-754, 2019.

WHO. World Health Organization. Microbial fact sheets. In WHO **Guidelines for Drinking-Water Quality**, 4 ed., p. 221-295, 2017.

WICKRAMASINGHE, N. N.; RAVENSDALE, J.; COOREY, R.; CHANDRY, S. P.; DYKES, G. A. The predominance of psychrotrophic pseudomonads on aerobically stored chilled red meat. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, p. 1622-1635, 2019.

YUAN, L.; SADIQ, F. A.; LIU, T. J.; LI, Y.; GU, J. S.; YANG, H. Y.; HE, G. Q. Spoilage potential of psychrotrophic bacteria isolated from raw milk and the thermo-stability of their enzymes. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE B**, v. 19, p. 630-642, 2018.

ZAGOREC, M.; CHAMPOMIER-VERGÈS, M. C. Meat Microbiology and Spoilage. In **Lawrie´s Meat Science**. Ed. Woodhead Publishing, p. 187-203, 2017.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

QUALIDADE HIGIENICOSSANITÁRIA DE CARNE MOÍDA BOVINA: UMA REVISÃO

HYGIENIC AND SANITARY QUALITY OF MINCED BEEF: A REVIEW

FÉLIX, Jamyla Soares Anício Oliveira[1]*; PIMENTA, Fernanda Silva[1]; RAGHIANTE, Fernanda[2]

[1]Engenharia Química/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG. *Contato: jamyla.felix@estudante.iftm.edu.br. [2]Doutorado/Medicina Veterinária//Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG.

RESUMO

A importância de se possuir dados sobre a inocuidade dos alimentos ingeridos pelos consumidores, com foco principalmente no processamento, foi o ponto de partida para esse trabalho, que teve como objetivo promover um levantamento de dados sobre a qualidade higienicossanitária da carne moída e verificar se esse produto oferece perigo aos consumidores. Os artigos científicos avaliados estão disponíveis na base de dados da SciELO, do Google Acadêmico, do PubMed e dos periódicos CAPES. As informações reunidas neste artigo de revisão contemplam trabalhos publicados entre os anos de 2017 a 2021. Em complemento, para direcionar a pesquisa nas bases foram utilizadas palavras-chaves como: carne moída, qualidade higienicossanitária, segurança alimentar, patogênicos, micro-organismos e boas práticas de fabricação. Com este estudo foi possível identificar que medidas de segurança alimentar mais intensas devem ser tomadas para se evitar que a carne moída cause riscos alimentares à população. Diante dos resultados apresentados nesta revisão, pode-se inferir que as medidas que devem ser tomadas são a adoção severa de boas práticas de fabricação em toda a cadeia produtiva e a conscientização dos estabelecimentos de alimentos desse tipo, a fim de promover maior segurança alimentar para os consumidores.

Palavras-chave: Microbiologia, contaminação, boas práticas de fabricação.

ABSTRACT

The importance of having data on the safety of foods eaten by consumers, with a focus mainly on processing, was the starting point for this work, which aimed to promote a survey of data on the hygienic and sanitary quality of ground beef and verify whether this product poses danger to consumers. The evaluated scientific articles are available in the database of SciELO, Google Scholar, PubMed and CAPES journals. The information gathered in this review article includes works published between 2017 and 2021. In addition, to direct the research in the databases, keywords were used such as: ground beef, hygienic-sanitary quality, food safety, pathogens, microorganisms and good manufacturing practices. With this study, it was possible to identify which more intense food safety measures should be taken to prevent ground beef from causing food risks to the population. Given the results presented in this review, it can be inferred that the measures that should be taken are the strict adoption of good manufacturing practices throughout the production chain and the awareness of food establishments of this

type, in order to promote greater food safety for consumers.

Keywords: Microbiology, contamination, Good Manufacturing Practices.

INTRODUÇÃO

Os produtos de origem animal representam fontes de contaminação microbiológica. O risco de contaminação pode estar relacionado a falhas no controle higienicossanitário ao longo da cadeia produtiva destes alimentos (Mendes et al., 2020).

Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a saúde e com a ingestão de alimentos seguros e de qualidade. Desse modo, a segurança alimentar ganhou destaque. Nos últimos anos, vários incidentes de segurança alimentar geraram preocupações crescentes entre os consumidores, desse modo, a busca por alimentos processados com baixos teores de aditivos e fabricados seguindo as boas práticas de fabricação cresceu exponencialmente. Nesse sentido, a indústria de alimentos sofre uma grande pressão com o objetivo de adotar tecnologias que garantam processos com qualidade (Huang et al., 2017).

A higiene das superfícies utilizadas para o processamento de alimentos é considerada como parte do sistema de qualidade de processamento, entretanto, existem poucos estudos sobre como aumentar a qualidade e a segurança dos alimentos nessas condições (Møretrø e Langsrud, 2017).

Nesse contexto, a carne moída se destaca pela sua ampla utilização devido a sua praticidade. Entretanto, estudos indicam que este produto pode apresentar qualidade higienicossanitária inadequada devido principalmente à higienização precária das máquinas de moer assim como, das mãos dos manipuladores. Desse modo, a pesquisa de microrganismos patogênicos fornece dados importantes com relação ao estado de qualidade, conservação e higiene envolvidos na manipulação desse produto (Ribeiro et al., 2020).

A legislação brasileira, por meio da Instrução Normativa n° 60 de 19 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019a) determina parâmetros para contagem de *Escherichia coli* ($10^2.g^{-1}$), Estafilococos coagulase positiva ($10^4.g^{-1}$), microrganismos aeróbios mesófilos ($10^6.g^{-1}$), e ausência de *Salmonella* spp. para carne moída bovina. Esta resolução, juntamente com a RDC 331 de 19 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019b) revogaram a RDC 12 de 02 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001). Nesta última era estabelecido apenas a ausência de *Salmonella* spp. em carne bovina moída.

As boas práticas de fabricação possuem um papel fundamental no processo de produção da carne moída. Portanto, o presente trabalho visa apresentar uma revisão bibliográfica sobre os principais patógenos alimentares encontrados no processo de obtenção da carne bovina moída, assim como, apresentar pontos importantes identificados pelos autores em trabalhos publicados recentemente com foco na promoção da segurança alimentar.

METODOLOGIA

Para a elaboração dessa revisão bibliográfica foram consultados artigos disponíveis na base de dados SciELO, periódicos CAPES, PubMed e Google Acadêmico. Foram selecionadas publicações sobre a qualidade microbiológica da carne moída bovina entre os anos de 2017 a 2021. A fim de direcionar a busca por artigos, adotaram-se as seguintes palavras-chave: qualidade microbiológica, carne moída bovina, segurança alimentar, patógenos e boas práticas de fabricação. Essa revisão mostra-se pertinente, pois permite reunir o conhecimento produzido sobre esse assunto produzido nos 5 últimos anos, tanto nacional quanto internacionalmente.

DESENVOLVIMENTO

A qualidade higienicossanitária de carne bovina moída foi avaliada por diversos autores. Gomes et al. (2017) verificaram a qualidade microbiológica (coliformes a 35°C, coliformes a 45°C, *Staphylococcus* spp. e *Salmonella* spp.) de 20 amostras de acém e/ou patinho que foram moídos no ato da aquisição em estabelecimentos comerciais situados em Montes Claros, Minas Gerais. Todas as amostras testaram positivo para as análises de coliformes em altas contagens. A legislação vigente no período de execução deste estudo, não apresentava limites de tolerância para os coliformes, mas tal análise é importante por indicar condições higienicossanitárias precárias. Todas as amostras apresentaram *Salmonella* spp., ficando um alerta de risco de desenvolvimento de infecção de origem alimentar pelo consumo desse tipo de produto sem processamento térmico.

Na região Sul do país, Bonacina et al. (2017) avaliaram alguns parâmetros em um total de 12 amostras de carne bovina moída que foram coletadas em 4 supermercados do município de Erechim, Rio Grande do Sul. Dentre os parâmetros de cunho microbiológico, foram determinados bolores e leveduras, tendo todas as amostras apresentado contagem. Em um dos estabelecimentos avaliados o valor médio obtido foi de 4,1 LogUFC/g. À época, não havia na norma brasileira limites estabelecidos para estas classes de microrganismos, contudo eles podem produzir micotoxinas e acelerar a deterioração do alimento. Nesse sentido, o trabalho comparou os resultados obtidos com o padrão adotado pelo estado de São Paulo para bolores e leveduras, que na época era de, no máximo, 3 LogUFC/g. Sendo assim, comparando-se o padrão do estado de São Paulo com as amostras de Erechim foi visto que poderiam ocorrer problemas de saúde pública.

Oliveira et al. (2017) realizaram a análises físico-químicas e microbiológicas de 60 amostras de carne moída obtidas em açougues de Bom Jesus, Piauí. Neste estudo, coliformes a 35°C e a 45°C, bem como bactérias aeróbias mesófilas foram detectados em 86,66% das amostras. Bolores e leveduras cresceram em 56,66% das amostras, *Salmonella* spp. não foi detectada em nenhuma delas, já *Escherichia coli* e *Staphylococcus* spp. foram isoladas em 46,66% e 100% das amostras, respectivamente. Diante das análises realizadas os autores chegaram à conclu-

são que 96,66% das amostras não se enquadravam nos padrões definidos pela legislação em pelo menos um parâmetro averiguado.

No nordeste brasileiro, Silva Júnior et al. (2018) analisaram a presença/ausência de *Salmonella* spp. e a contagem padrão de *Staphylococcus* coagulase positiva em um total de 30 amostras de carne moída refrigerada em supermercados da cidade de Macapá, Amapá. Em todos os estabelecimentos constataram-se resultados positivos para *Staphylococcus* coagulase positiva e ausência para *Salmonella* spp.. Para a *Staphylococcus* coagulase positiva, a amplitude obtida foi de 2,3 x 10^3 a 2 x 10^5 UFC/g, sendo que 3 supermercados apresentaram contagens superiores a 10^5 UFC/g. Segundo Acosta et al. (2017), as contagens de *Staphylococcus* coagulase positiva inferiores a 10^3 UFC/g remetem às condições inapropriadas de higiene e/ou processamento, enquanto que as contagens entre 10^3 e 10^4 indicam risco para a saúde e as contagens próximas de 10^5 UFC/g são potenciais para risco epidemiológico em razão da provável produção inicial de enterotoxina.

Pelayo et al. (2019) pesquisaram em 100 amostras de carne moída a presença de patótipos diarreiogênicos de *Escherichia coli* (DEC) por PCR. Além disso, o teste de sensibilidade aos antimicrobianos também foi realizado e os resultados mostraram que 10% das amostras avaliadas foram resistentes à ampicilina, 20% das amostras foram resistentes ao sulfametoxazol-trimetoprim e 20% também foi considerado resistente à cefalotina. Diante disso, os autores concluíram que a carne bovina moída pode atuar como reservatório de *Escherichia coli*, o que reforça a necessidade de adotar Boas Práticas de Fabricação (BPF) durante toda a cadeia produtiva.

Um estudo realizado em açougues de Uberlândia, Minas Gerais, visou avaliar parâmetros físico-químicos, microbiológicos com foco na presença de *Salmonella* spp. e a utilização de BPF na fabricação da carne moída. A metodologia baseou-se na análise de 40 açougues, nos quais as BPF foram determinadas através de um *checklist*. Como resultado, 36,5% de inconformidade foi verificada nos açougues avaliados. Em relação às análises físico-químicas, identificou-se 75% de inconformidade e em 5% delas foi detectada a presença de *Salmonella* spp.. Diante disso, constatou-se que existem pontos de melhoria para a venda adequada deste produto/alimento (Ventura et al., 2020).

Reis et al. (2020) realizaram um estudo recente com foco na presença de microrganismos psicrotróficos em 48 amostras de carne moída vendida em Manaus, Amazonas. Para a análise experimental foram consideradas 16 amostras de carne moída de dois supermercados e de oito açougues. Esse estudo comparou carnes já moídas presentes nos estabelecimentos e a carne que foi solicitada a moagem no momento da aquisição das amostras. Como resultado, a contagem de psicrotróficos foi maior nas amostras de carne previamente moída. Além disso, os autores constataram que as amostras dos açougues apresentaram contagem de psicrotróficos maiores se comparado com as amostras oriundas de supermercados.

Outro estudo teve enfoque na análise da contaminação por *Salmonella* spp. e por constituintes da família *Enterobacteriaceae* em amostras de carne bovina moída vendidas em açougues de um determinado município do estado de Goiás. Foi feita a análise laboratorial de 20 amostras e avaliou-se a adoção de BPF nos estabelecimentos que foram visitados. Os resultados obtidos pelos autores indicaram a contaminação de 5 amostras por *Escherichia coli*, 4 por *Pseudomonas*, 8 por *Citrobacter* e uma por *Salmonella* spp.. Além disso, os pesquisadores constataram uma postura inadequada dos manipuladores da carne moída, o que provavelmente pode ter contribuído para a contaminação das amostras (Bernardes et al., 2020).

Em relação à doença causada por parasita, pesquisadores adquiriram amostras de filé *mignon* bovino, de carne bovina moída e de salame colonial em igual número cada uma (125), tanto em comércios (supermercados e açougues) quanto em feiras livres situados em Santa Maria, Rio Grande do Sul, com o intuito de detectar a presença de *Sarcocystis* spp. utilizando a técnica de Proteína C-reativa (PCR) para a amplificação parcial do gene rRNA. Para as amostras de carne moída, 12,8% (16/125) foram positivas para *Sarcocystis* spp. No total de todos os produtos cárneos, 64 amostras testaram positivo, sendo que delas, 93,7% foram da espécie *Sarcocystis hirsuta* e 6,3% da espécie *Sarcocystis hominis,* podendo esta ser um fator de risco de contaminação humana caso não ocorram cuidados no processo de fabricação, os quais podem atenuar, se tomados, a viabilidade dos cistos (Alves et al*.,* 2018).

Em âmbito internacional, algumas pesquisas sobre o tema de revisão proposto também foram encontradas nos últimos anos. Gräfe et al. (2017) realizaram um estudo na Alemanha em 101 amostras de músculo bovino oriundo de matadouros e 10 amostras de carne moída bovina adquiridas em diversos supermercados na região de Berlim. O estudo consistiu em avaliar a distribuição do genoma do poliomavírus bovino (BPyV), pois alguns deles podem induzir, sob certas condições, tumores e câncer em humanos. O DNA do BPyV-1 foi detectado, respectivamente, em uma e duas amostras de músculo e de carne moída; o DNA do BPyV-2 foi detectado em três amostras de carne moída, sendo distribuídos em BPyV-2a e BPyV-2b e, por fim, não houve detecção do BPyV-3 em nenhuma amostra. Para a carne moída bovina, todo o genoma de uma cepa BPyV-1 mostrou 97,8% de identidade de sequência com a cepa de referência BPyV-1 e o genoma de uma cepa BPyV-2a mostrou 99,9% de identidade de sequência com a cepa 2aS11. Os pesquisadores então concluíram que os genomas do BPyV podem ser encontrados em amostras de carne moída e que por isso estudos devem ser feitos e se concentrarem na infectividade, tumorigenicidade e resistência ao calor dos vírus contidos, para que seja avaliada a transmissão de BPyVs pelo consumo de produtos bovinos e a indução do risco de câncer em humanos.

No México, pesquisadores avaliaram a frequência de *Salmonella entérica* em um total de 2.592 amostras de carnes moídas, dentre elas frango, boi e porco, com vistas à determinação de suscetibilidade aos antimicrobianos e à capacidade de aderências das cepas isoladas. A *S.*

enterica foi isolada em 511 amostras e foram serotipados 358 cepas, dentre as mais frequentes obtiveram-se *Salmonella enterica* ser. Anatum, *Salmonella enterica* ser. Newport e *Salmonella enterica* ser. Typhimurium. A maior frequência de isolamento da *S. enterica* ocorreu nos meses quentes (primavera-verão). As amostras de carne moída bovina que apresentaram *S. enterica* isolada corresponderam a 152 (29,7%). Quanto à suscetibilidade antimicrobiana na carne moída bovina, a maior frequência (92,4%) foi para perfloxacina 5µg (micrograma) e ampicilina 10µg. Por fim, 95% das cepas mostraram um padrão de aderência agregativo em células HEp-2. Com o estudo, concluiu-se que é necessário o cozimento adequado das carnes moídas para diminuir o risco de contrair salmonelose (Guzmán et al., 2017).

Também Siriken et al. (2019) avaliaram a prevalência de *Salmonella* spp., levando em consideração *S.* Enteritidis e *S.* Typhimurium, em amostras cruas de carne moída bovina (50) e de almôndegas (50), os perfis de resistência a nove antibióticos e a presença/ausência de integron de classe 1 (*intI1*). As amostras foram coletadas na província de Samsun, Turquia. Para a detecção da *Salmonella* foi utilizada cultura convencional e análises de PCR. Os autores detectaram *Salmonella* spp. em 20 amostras (n = 86 isolados), sendo 12 delas de carne moída e 8 de almôndegas. Em um total de 15 amostras, *Salmonella* Enteritidis foi detectada em 12 amostras (24 isolados) e *S.* Typhimurium em 3 amostras (6 isolados). Nos isolados, ao menos um gene específico da espécie (*oriC* ou *invA*) foi constatado. Em sua totalidade os isolados foram suscetíveis a dois dos antibióticos de terceira geração, sendo eles cefalosporina (ceftriaxona e cefotaxima) e ácido nalidíxico, contudo alguns deles mostraram ser resistentes ou parcialmente resistentes à estreptomicina, tetraciclina e trimetoprim/sulfametoxazol. Quanto ao integron de classe 1, este foi detectado em quatro amostras (n = 7 isolados), sendo um isolado para a carne moída, o qual era resistente a cinco antibióticos. Todos os 7 isolados nos quais estavam presentes o integron de classe 1 eram do sorotipo *S.* Enteritidis. Os autores então concluíram que a *Salmonella* presente em carne moída e almôndegas, particularmente *S.* Enteritidis e *S.* Typhimurium, representam uma ameaça à saúde pública, o que é agravado pelo fato de existir *Salmonella* resistente a antibióticos e, a *S.* Enteritidis com o integron de classe 1 ser importante para transferência horizontal de genes de antibióticos.

Ollinger e Houser (2020) direcionaram esforços para a construção de modelos matemáticos capazes de prever o comportamento da *Salmonella* spp. em amostras de carne moída crua. Como resultado, concluíram que a temperatura mínima estimada de crescimento para a *Salmonella* spp. era de 9,9°C. Em adição, os pesquisadores notaram que acima de 17,3°C a *Salmonella* apresenta um crescimento mais rápido. Em suma, esse estudo contribuiu com análises mais precisas sobre a presença dessa bactéria na carne crua moída.

Em adição, pesquisadores também avaliaram a frequência de contaminação e alguns outros fatores associados à *Salmonella enterica* (SE) presentes na carne bovina moída. Foram avaliadas amostras de carne moída magra e gordurosa provenientes das estações quente

e fria nos anos de 2017 e 2018 no México. Diante disso, os autores concluíram que a carne moída é um reservatório de SE, sendo este um fator de grande importância, especialmente nos períodos quentes do ano. Em suma, os pesquisadores incentivaram o estabelecimento de ações para evitar a propagação ao longo da cadeia produtiva (Gutiérrez et al., 2020).

Pesquisadores recentemente identificaram que o aparecimento de *Salmonella* na carne moída poderia estar relacionado com nódulos linfáticos contaminados não retirados no processo de moagem. Nessa pesquisa testou-se soluções de bacteriófagos e ácido peroxiacético na carne moída com o objetivo de simular situações bem próximas da realidade. Como resultado, os autores mencionam que a utilização de ácido peroxiacético não promoveu alterações na concentração da *Salmonella* na carne moída, entretanto os bacteriófagos contribuíram de forma significativa para reduzir as cargas de *Salmonella* nas amostras (Shebs-Maurine et al., 2021).

Um estudo desenvolvido no Egito constatou que as carnes em geral, o que inclui as carnes moídas, podem ser fonte de cepas virulentas e multirresistentes de *Y. enterocolitica*, um enteropatógeno responsável pela yersiniose humana. Essa pesquisa apresentou dados sobre a prevalência, os genes relacionados à virulência e a resistência antimicrobiana. Além disso, cinco genes de virulência foram utilizados nos experimentos. Em complemento, verificou-se que houve uma elevada taxa de resistência a alguns componentes, conforme a ordem decrescente, na qual o ácido amoxicilina-clavulânico apresentou a mais alta taxa, seguida de cefazolina, ampicilina e doxiciclina. Também, uma elevada taxa de sensibilidade foi obtida para gentamicina e ciprofloxacina. Desse modo, concluiu-se que é extremamente importante a adoção de medidas de higiene adequadas para evitar a propagação desse patógeno (Younis et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carne moída bovina é um alimento com alto potencial de contaminação por diversos microrganismos, dentre eles bolores, leveduras, coliformes, bactérias aeróbias mesófilas, *Salmonella* spp., *E. coli*, *Staphylococcus* spp., dentre outros. Nesse sentido, é um produto que pode oferecer potencial risco à saúde pública caso não sejam tomados os devidos cuidados higienicossanitários em toda a sua cadeia de produção, desde a obtenção da matéria-prima até o consumidor final. Ações mais efetivas por parte dos órgãos fiscalizadores se fazem necessárias, no intuito de prevenir contaminações nesses produtos e de evitar surtos de infecção/intoxicação alimentar ocasionada pela ingestão de carne moída contaminada, especialmente, cruas na forma de quibes, por exemplo, ou mal cozidas.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, A. C.; COSTA, M. M.; PINHEIRO-JÚNIOR, J. W.; MOTA, R. A. Fatores de virulência de *Staphylococcus aureus*. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v.11(4), p. 252-269, 2017. https://doi.org/10.26605/medvet-n4-1955.

ALVES, M. E. M.; CADORE, G. C.; OLIVEIRA, C. S.; PORTELLA, L. P.; SANGIONI, L. A.; VOGEL, F. S. F. Caracterização molecular de *Sarcocystis* spp. em amostras de carne. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 425-429, mar. 2018. https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-4606.

BERNARDES, W. S.; ANDRADE, M. A.; SANTOS, G. A.; CARDOZO, S. P. Avaliação Microbiológica de Carne Bovina Moída de Diferentes Estabelecimentos Comerciais da Cidade de Mineiros, Goiás. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 5, p. 29812-29821, maio 2020. https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-437.

BONACINA, M. S.; BACCIN, M. A.; ROSA, L. S. Avaliação de parâmetros indicativos da qualidade da carne bovina moída comercializada em diferentes supermercados em Erechim, Rio Grande do Sul. Vigilância Sanitária em Debate, v. 5, n. 4, p. 9-16, 30 nov. 2017. https://doi.org/10.22239/2317-269x.00958.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº. 12, de 2 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, revogando a Portaria SVS/MS nº. 451, de 19 de setembro de 1997. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº. 331, de 2 de janeiro de 2001. Dispõe sobre sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Edição 249, Seção 1, Página 96. Brasília, DF, 26 de dezembro de 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Edição 249, Seção 1, Página 133. Brasília, DF, 26 de dezembro de 2019b.

GOMES, A. F. A.; ALMEIDA, E. E. S.; SOUZA, S. A.; SILVA, J. P.; AMÂNCIO, T. A.; SANTOS, C. C.; BARBOSA, R. P.; OLIVEIRA, F. S.; FARIAS, P. K. S. Avaliação microbiológica de carnes moídas bovinas em diferentes estabelecimentos comerciais. **Cadernos de Ciências Agrárias**, v. 9, p. 95-100, 2017.

GRÄFE, D.; EHLERS, B.; MÄDE, D.; ELLERBROEK, L.; SEIDLER, T.; JOHNE, R. Detection and genome characterization of bovine polyomaviruses in beef muscle and ground beef samples from Germany. **International Journal Of Food Microbiology**, [S.L.], v. 241, p. 168-172, jan. 2017. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.024.

GUTIÉRREZ, T. P.; LOZANDO, M. S. R.; SUÁREZ, E. J. D.; GUZMÁN, N. R.; RAMOS, O. S.; PÉREZ, C. F. H.; MEDINA, R. D. M. Linfonodos y carne molida de res como reservatorios de Salmonella spp. de importancia en salud pública. **Revista Mexicana de Ciências Pecuárias**, México, v. 11, n. 3, p. 795-810, 21 set. 2020. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5516.

GUZMÁN, S. V.; QUIÑONES, C. R. V.; BONIFACIO, I. N.; QUESADA, E. C.; RAMÍREZ, E. I. Q.; SALINAS, C. V. Frecuencia, susceptibilidade antimicrobiana y patrón de adhetencia de Salmonella enterica aislada de carne de pollo, res y cerdo de la Ciudad de México. **revista Chilena de Infectología**, v. 34, p. 458-466, 2017. http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182017000500458.

HUANG, H.; WU, S.; LU, J.; SHYU, Y.; WANG, C. Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. **Food Control**, [S.L.], v. 72, p. 1-8, fev. 2017. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019.

MENDES, D. M. S.; BASTOS, B. V.; KOKI, C. R.; CONTINI, D. B. K.; MATTOS, L. A.; CUBO, M. F.; WOSIAK, P. A.; SILVA, R. G.; BARBOZA, R. A.; VALÉRIO, T. P.; LACERDA, L. G.; ESMERINO, L. A.; NOGUEIRA A. Assessment of Microbial Contamination in Products of Animal Origin: Stretched-curd Cheese, Yogurt and Fresh Sausage. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 63, e20190759, p.1-7, 2020. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020190759.

MØRETRØ, T.; LANGSRUD, S. Residential Bacteria on Surfaces in the Food Industry and Their Implications for Food Safety and Quality. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 1022-1041, 1 ago. 2017. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12283.

OLLINGER, M.; HOUSER, M. Ground beef recalls and subsequent food safety performance. **Food Policy**, v. 97, p. 101971, dez. 2020. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101971.

OLIVEIRA, M. S.; SOUSA, V .C.; OLIVEIRA, C. P.; NUNES, G. S.; NATYLANE, E. F.; MACHADO, F. C. F.; MACHADO JÚNIOR, A. A. N. Qualidade físico-química e microbiológica da carne moída de bovino em açougues. **Revista Electrônica de Veterinária,** v.18, p. 1-13, 2017.

PELAYO, J. S.; ELIAS JUNIOR, A. R.; LIMA, N. R.; NAVARRO, A.; ROCHA, S. P. D. Detection of Diarrheagenic *Escherichia coli* in Bovine Meat in the Northern Region of Paraná State, Brazil. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, v. 62, p. 1-11, maio 2019. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2019180012.

REIS, R. M.; SILVA, J. S.; PIMENTEL, E. T.; OLIVEIRA, B. C. R.; VASCONCELOS, L. A. S.; SANTOS, F. F. Ocorrência de microrganismos psicrotróficos em carne moída in natura comercializada na cidade de Manaus, Amazonas. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 6, p. 41750-41759, 2020. https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-640.

RIBEIRO, J. L. M.; TERRA, D. A. A.; SANTOS, E. A.; MARTINS, O. A.; RAGHIANTE, F. Hygienic-sanitary quality of ground beef. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 14, n. 1, p. 44-52, mar. 2020. http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20200005.

SHEBS-MAURINE, E. L.; GIOTTO, F. M.; LAIDLER, S. T.; MELLO, A. S. Effects of bacteriophages and peroxyacetic acid applications on beef contaminated with *Salmonella* during different grinding stages. **Meat Science**, v. 173, p. 108407, mar. 2021. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108407.

SILVA JÚNIOR, A. C.; NASCIMENTO, J. F.; SOCORRO, E.; TOSTES, L.; SILVA, A. S. S. Análises microbiológicas de carne bovina moída comercializada em supermercados. **Pubvet**, v. 12, n. 10, p. 1-7, out. 2018. https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n10a199.1-7.

SIRIKEN, B.; AL, G.; EROL, I. Prevalence and Antibiotic Resistance of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimurium in Ground Beef and Meatball Samples in Samsun, Turkey. **Microbial Drug Resistance**, v. 26, n. 2, p. 136-144, 1 fev. 2020. http://doi.org/10.1089/mdr.2018.0481.

VENTURA, N. K. O.; COSTA, L. R. M.; DIAS, S. C.; NASCIMENTO, Y. F.; SILVA, L. S.; COSSI, M. V. C. Avaliação da adequação das boas práticas de fabricação e qualidade de carne bovina em açougues. **Archives of Veterinary Science**, v. 25, n. 4, p. 80-90, dez. 2020. http://dx.doi.org/10.5380/avs.v25i4.75064.

YOUNIS, G. A.; ELKENANY, R. M.; DOWIDAR, H. A. Virulence genotyping and antimicrobial resistance profiles of *Yersinia enterocolitica* isolated from meat and meat products in Egypt. **Brazilian Journal Of Biology**, [S.L.], v. 81, n. 2, p. 424-436, maio 2021. https://doi.org/10.1590/1519-6984.229998.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

REDUÇÃO DE SÓDIO: UM DESAFIO PARA A INDÚSTRIA CÁRNEA

SODIUM REDUCTION: A CHALLENGE FOR THE MEAT INDUSTRY

PINTON, M.B.[1]*; DA ROSA, J.L.[2]; FONTOURA, A.M.[1], LEÃES, Y.S.V.[1]; CICHOSKI, A.J.[3]; CAMPAGNOL, P.C.B.[4]

[1]Doutoranda em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria; [2]Mestranda em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria; [3]Doutor em Tecnologia de Alimentos (UFPR), Professor da Universidade Federal de Santa Maria; [4]Doutor em Tecnologia de Alimentos (UNICAMP), Professor da Universidade Federal de Santa Maria
*Contato: mbpinton@gmail.com

RESUMO

Produtos cárneos são excelentes alvos para reformulação, visto que, possuem alto teor de gordura e aditivos químicos. A redução de sódio nos alimentos, proveniente da adição do cloreto de sódio (NaCl), apresenta muitos desafios, não sendo um processo tecnológico simples. O propósito dessa revisão foi resumir algumas das estratégias e avanços disponíveis para a produção de produtos cárneos mais saudáveis através da redução de sódio. Sob o ponto de vista tecnológico, o sal possui várias funções nos produtos cárneos como a de contribuir para a preservação, devido à redução da atividade de água, e a solubilização e extração das proteínas miofibrilares da carne. O uso de substitutos de sal, a melhoria na sua difusão através da utilização de tecnologias emergentes e, as estratégias que englobam a mudança na forma física do sal são algumas das estratégias que têm sido propostas para a sua redução em produtos cárneos. Portanto, a redução de sódio não pode ocorrer sem uma avaliação rigorosa das consequências geradas pela redução nas propriedades tecnológicas, na aceitação sensorial e na vida de prateleira.

Palavras-chave: Redução de sódio, produtos cárneos, inovação tecnológica, indústria de carnes, saudabilidade.

ABSTRACT

Meat products are excellent targets for reformulation as they are high in fat and chemical additives. The reduction of sodium in foods, resulting from the addition of sodium chloride (NaCl), presents many challenges and is not a simple technological process. The purpose of this review was to summarize some of the strategies and advances available for producing healthier meat products through sodium reduction. From a technological point of view, salt has several functions in meat products, such as contributing to preservation, due to the reduction of water activity, and solubilization and extraction of myofibrillar proteins from meat. The use of salt substitutes, the improvement in its diffusion through the use of emerging technologies, and strategies that encompass the change in the physical form of salt are some of the strategies that have been proposed for its reduction in meat products. Therefore, sodium reduction cannot occur without a rigorous assessment of the consequences generated by the reduction in technological properties, sensory acceptance and shelf life.

Keywords: Sodium reduction, meat products, technologic innovation, meat industry, healthiness.

INTRODUÇÃO

A procura por alimentos com características mais saudáveis tem aumentado significativamente, e por isso as indústrias de alimentos vêm buscando continuamente desenvolver novos produtos que supram esta demanda. Produtos cárneos, por exemplo, emulsionados, possuem alto teor de gordura, sódio, e aditivos químicos. Esses produtos são excelentes alvos para uma reformulação sob a perspectiva de melhorar sua qualidade nutricional e principalmente preservar a saúde do consumidor, além de serem amplamente consumidos em todo o mundo.

Dentre os aditivos mais utilizados, e importantes, está o sal cloreto de sódio (NaCl). A redução de sódio nos alimentos, em grande parte proveniente da adição do NaCl, apresenta muitos desafios, não sendo um processo tecnológico simples. Uma vez que não há um ingrediente isolado que possa ser usado para substituir o sal especialmente em produtos processados a base de carne, uma gama de combinações de ingredientes funcionais deve ser desenvolvida e/ou otimizada. Os produtos precisam ser reformulados para que continuem a agradar os consumidores. Portanto, o propósito dessa revisão foi resumir algumas das estratégias e avanços disponíveis para a produção de alimentos cárneos com redução de sódio. A redução de sódio não pode ocorrer sem uma avaliação rigorosa das consequências geradas pela redução nas propriedades tecnológicas, na aceitação sensorial e na vida de prateleira do produto.

METODOLOGIA

Na revisão realizada, buscou-se trabalhos nas seguintes bases de dados: plataforma periódicos da CAPES, *ScienceDirect, SpringerLink* e *Pubmed*. Os termos utilizados nessas bases de dados foram "*sodium reduction in meat products*", "*sodium reduction in meat products by ultrasound/pulsed electric field/high hydrostatic pressure*", "*micronized salt for sodium reduction*", etc. No total, foram revisados 49 artigos científicos. O principal critério de inclusão dos artigos selecionados foram: artigos que retratam a temática proposta.

DESENVOLVIMENTO

Função sal em produtos cárneos

O cloreto de sódio (NaCl) é um aditivo alimentar único, e amplamente utilizado na indústria de alimentos. Aditivos alimentares são substâncias químicas, sem valor nutricional, adicionadas intencionalmente ao alimento em pequenas quantidades durante seu processamento. Possuem diversas finalidades, dentre elas melhorar e manter o valor nutricional dos alimentos, estender a vida útil, facilitar o processamento, realçar o sabor, melhorar a cor e garantir a segurança microbiológica (Wu, 2021).

O NaCl, como ingrediente essencial para formulações de produtos cárneos processados, desempenha papel importante na vida de prateleira, segurança e qualidade dos alimentos, efeito conservante, redução do crescimento bacteriostático (Inguglia et al., 2017), controle da

retenção de umidade e gordura, melhoria da textura do produto, efeitos no sabor e, capacidade funcional de solubilização e extração das proteínas miofibrilares da carne, sendo essa uma das suas principais funções (Zeng et al., 2019; Desmond, 2006). O papel que o sal tem nos produtos cárneos pode ser colocado em três categorias: (1) características do processamento, (2) preservação e, (3) atributos sensoriais (Mcgough et al., 2012).

No que tange às características de processamento está a solubilização das proteínas, ativando especialmente as proteínas miofibrilares, assim contribuindo para o aumento da capacidade de retenção de água (CRA) da carne, reduzindo as perdas no cozimento, causando impacto positivo na textura e maciez dos produtos (Ruusunen & Puolanne, 2005).

Em produtos emulsionados a solubilização e extração das proteínas miofibrilares resultam no aumento não só da CRA, mas também na formação de gel e emulsão, resultante da interação entre as proteínas da carne e os íons cloreto (Taylor, Doyle, & Webb, 2018). Em salsichas emulsificadas essas proteínas solubilizadas atuam como ligantes de gordura, água e outros ingredientes. Na presença do sal, a viscosidade da massa cárnea aumenta parcialmente e as proteínas têm maior chance de interagir, formando redes de proteínas, aumentando com isso a capacidade de liga da matriz cárnea (Desmond, 2006).

O nível de NaCl geralmente é mantido alto (1,5-2,5%) devido aos papéis funcionais adicionais que ele fornece (Ingluguia et al., 2017). Concentrações salinas reduzidas levam à diminuição das proteínas miofibrilares extraídas e solubilizadas, afetando a funcionalidade de todo o sistema de carne (Totosaus & Pérez-Chabela, 2009). Tamm et al. (2016) constataram que à medida que reduz a quantidade de sal em presunto cozido, ocorre uma diminuição na capacidade de retenção de água e maiores perdas no cozimento.

Os níveis de redução de NaCl dos produtos cárneos, dependem da natureza desse produto, sua composição química e tipo de processo de fabricação (Desmond, 2006). A capacidade de extração das proteínas através de soluções salinas depende principalmente da força iônica, pH e do tipo de sal. Os sais mais utilizados para a extração das proteínas em produtos cárneos são NaCl e cloreto de potássio (KCl) (Aljuraiban et al., 2012).

Os efeitos antimicrobianos do NaCl, que afetam a preservação e vida de prateleira do produto, de acordo com Petit et al. (2019), são baseados na sua capacidade de redução da atividade de água. A adição de íons sódio (Na^+) no meio causa fluxo de água através da membrana semipermeável das bactérias levando a um choque osmótico pela perda de água da célula podendo ocasionar a morte das células bacterianas, bem como lesões graves, assim reduzindo significativamente o crescimento bacteriano (Inguglia et al., 2017).

Em sua função sensorial o sal tem capacidade de melhorar o aroma, pois os compostos voláteis são liberados da matriz alimentar durante o cozimento. A salinidade percebida é devida ao cátion Na^+ e ao ânion Cl^-, a intensidade do sabor e depende da concentração de sal nos produtos cárneos (Taylor, Doyle, & Webb, 2018).

Estratégias para redução de sódio

Diferentes estratégias têm sido propostas para reduzir o teor de NaCl dos alimentos. Categorias de alimentos processados, como produtos de panificação, produtos desidratados, produtos lácteos e os produtos cárneos são considerados principais fontes de sódio na dieta em países industrializados, contribuindo com cerca de 75% da ingestão diária de sódio proveniente do NaCl (Mhurchu et al., 2011). Como já mencionado, a redução de sódio em alimentos é um grande desafio, devido ao seu papel fundamental na fabricação dos produtos alimentícios, interferindo diretamente na preservação, textura e, principalmente, no sabor dos produtos processados.

Dentre as estratégias utilizadas estão a substituição dos sais de sódio (Na) por misturas de outros sais inorgânicos, como KCl, cloreto de magnésio ($MgCl_2$) e cloreto de cálcio ($CaCl_2$). Outras abordagens para a redução do Na são o uso de intensificadores de sabor como extratos de levedura, nucleotídeos, glutamatos e aminoácidos (Kremer et al., 2013; Shazer et al., 2015), redução de sal na dieta com base na avaliação sensorial e aceitação dos produtos, por substituição completa ou parcial de NaCl (Fellendorf et al., 2018; Horita et al., 2014). Mais recentemente estratégias que englobam a mudança na forma física do sal e, a melhoria na sua difusão através da utilização de tecnologias emergentes como ultrassom (US), alta pressão hidrostática, campo elétrico pulsado, e a utilização de água eletrolisada, também tem sido avaliada por pesquisadores (Leães et al., 2020; Pinton et al., 2021). Todas essas abordagens são aplicadas empiricamente e muitas vezes reduzem o desempenho sensorial do produto. Este comportamento foi observado no estudo de Pinton et al. (2020) sendo observado redução da salinidade em emulsões cárneas reduzidas de NaCl e, adicionadas de KCl, com posterior tratamento com US.

Sabendo de todas as funções que o NaCl possui na produção de produtos industrializados, visto que, o sal é um ingrediente indispensável na elaboração de, por exemplo, produtos cárneos, desempenhando diversas funções tecnológicas importantes, é um grande desafio reduzir o teor adicionado sem que comprometa a segurança e a qualidade dos produtos (Desmond, 2006).

A redução ou substituição de NaCl em massas cárneas requer outros compostos iônicos para restaurar as funcionalidades da carne perdidas com a redução de sal, como a capacidade de retenção de água e ligação da proteína e gordura (Doyle & Glass, 2010). Um dos aspectos a considerar para reduzir os efeitos negativos na substituição do NaCl é a força iônica contribuída pelos substitutos utilizados. As concentrações de substitutos de NaCl devem ser calculadas para ter uma força iônica equivalente à formulação utilizada como controle. É necessária uma concentração de sal de pelo menos 2% na maioria das formulações de carne para garantir a força iônica necessária à solubilização e extração das proteínas solúveis em sal (Verma & Banerjee, 2012). Este nível de sal também é considerado seguro microbiologicamente e para o

sabor e textura dos produtos cárneos (Lucke, 2014). A substituição de NaCl pode dar origem a problemas sensoriais. Há evidências de defeitos no sabor (sabor amargo e metálico) com substituição acima de 40% de KCl (ZanardiI et al., 2010) e, o $CaCl_2$ também é conhecido por contribuir com um sabor amargo e resultar em sensações metálicas, adstringentes e também pode afetar a textura, através da liberação de água (Vidal et al., 2019).

Há uma forte tendência na indústria de alimentos para a produção de alimentos com o apelo de 'limpo', definido como livres de aditivos 'químicos', e por apresentar uma lista de ingredientes de fácil compreensão (Cheung et al., 2016). Mattar et al. (2017) reduziram 50% do teor de NaCl em hambúrgueres com adição de extrato de cogumelo *shiitake* desidratado, sem afetar a qualidade sensorial e atendendo aos requisitos dos consumidores. McGough et al. (2012) reduziram 20% do teor de sal em salsichas emulsionadas do tipo *Frankfurters* utilizando um intensificador de sabor natural em forma de molho de soja modificado e sal em flocos. Foi demonstrado que o intensificador de sabor natural possui capacidade de aumentar atributos sensoriais e a percepção de sabor salgado. López-López et al. (2009) elaboraram salsichas do tipo *Frankfurters* com baixo teor de sódio e gordura com *Himanthalia elongata*, conhecida como espaguete do mar (5%), uma alga comestível com vários compostos bioativos com potenciais benéficos a saúde. Jiménez-Colmenero et al. (2010) também utilizaram a mesma alga (*H. elongata*) em salsichas tipo *Frankfurters* para redução de sódio e gordura, com a substituição de gordura suína por glucomanano de Konjac. Os resultados foram satisfatórios para ambas as reduções.

Um método alternativo, e tecnológico, para compensar a redução de sal é o uso da alta pressão hidrostática, o qual melhora a difusão deste, além de contribuir para a redução da contagem microbiana e prolongar a vida útil, tem efeitos nas proteínas das carnes que contribuem para a qualidade, como atributos físicos e de textura dos produtos (Ros-Polski et al., 2015). O'Flynn et al. (2014) relataram que o tratamento sob pressão a 150 MPa por 5 minutos em temperatura ambiente mostrou um grande potencial para reduzir os níveis de fosfato em salsichas.

Já a utilização de campo elétrico pulsado pode influenciar além da difusão, a distribuição e liberação de sódio da matriz da carne, induzindo a eletroporação e aumentando a permeabilidade celular e da membrana. Isso pode alterar a interação entre proteínas e íons de sal e influenciar a liberação de sódio durante a mastigação (Bhat et al., 2018). Bhat et al. (2020) foram os pioneiros a investigar o potencial do campo elétrico pulsado como estratégia de redução de sódio para carne processada. O tratamento, permitiu uma redução direta de NaCl com uma melhor difusão e distribuição de sal na matriz da carne, sem que prejudicasse a qualidade sensorial e a estabilidade oxidativa e microbiana dos produtos.

O ultrassom de alta potência tem sido utilizado em várias operações de processamento de alimentos por seus efeitos benéficos através da cavitação (Chandrapala et al., 2012). Alguns pesquisadores descobriram que o uso do ultrassom pode trazer diversos efeitos benéfi-

cos para os produtos cárneos (Stadnik & Dolatowski, 2011; Pinton et al., 2019). A aplicação de ultrassom na carne e nos produtos cárneos pode alterar suas propriedades físicas, bioquímicas e microbianas (Jayasooriya et al., 2007). Leães et al. (2020) prepararam emulsões cárneas substituindo a água por água eletrolisada básica e reduzindo o teor de NaCl com o auxílio do ultrassom. Essa combinação de ultrassom e água eletrolisada proporcionou uma redução de até 30% de NaCl, sem comprometer a qualidade tecnológica das emulsões cárneas. Li et al. (2015) avaliaram o efeito do ultrassom por diferentes tempos combinados com diferentes teores de sal em massa de peito de frango. Com um tratamento de 20 minutos de ultrassom a alta potência e redução de 1,5% dos níveis de sal, houve uma melhora nas propriedades de textura e capacidade de retenção de água, apresentando melhores habilidades de formação de gel. Portanto, os tratamentos com alta pressão hidrostática, campo elétrico pulsado e ultrassom podem ser utilizados para produzir produtos à base de carne com baixo teor de sódio e mais saudáveis.

Uma outra alternativa é a utilização da distribuição não homogênea do ingrediente no produto, permitindo uma redução de Na sem a perda da intensidade de salinidade. Em estudos realizados por Noort et al. (2012) e, Beck et al. (2021) utilizou-se a técnica de encapsulamento do sal para redução de sódio em embutidos frescos. Estes autores utilizaram a cera de carnaúba para a encapsulação de sal e aplicação no produto. O uso do sal encapsulado proporcionou uma distribuição não homogênea, não afetando a cor, atividade de água e o perfil de ácidos graxos das linguiças frescais. Além disso, o sal encapsulado com cera de carnaúba não afetou no perfil sensorial e ainda, permitiu uma redução de 25% do teor de sal.

A utilização do NaCl com tamanho de partícula reduzida, morfologia, e estrutura espacial modificadas, também tem sido uma estratégia utilizada. Gaudette, Pietrasik, Johnston (2019) comprovaram que a utilização de cristais de sal de 3 mm revestidos com gordura pode ser utilizada em hambúrgueres de carne bovina para redução do teor de 30% de sódio, sem a perda da salinidade do produto. Rama et al. (2012) comprovam que quanto menor a fração do sal, melhor a salinidade percebida sensorialmente pelos provadores. Já Rodrigues et al. (2016), observaram que uma mistura de sal composta por dois tamanhos de partículas pode fornecer 69% de redução de sódio sem alterar significativamente a qualidade sensorial.

De acordo com Sun et al. (2021) alterar a estrutura do sal sólido, sal geralmente aplicado em lanches como batatas fritas, na forma de cristais sólidos, através do tamanho de partícula, morfologia e estrutura espacial, pode melhorar a dissolução e a taxa de entrega do sal sólido na boca e, portanto, pode se tornar uma abordagem eficaz para a redução do sal em alimentos processados. Já é sabido que quanto menores as partículas de sais, maior a salinidade percebida pelos receptores (Freire et al., 2015). De acordo com Quilaqueo, Duizer, & Aguilera (2015), a morfologia dos cristais de sal influencia sua dissolução na saliva, bem como a percepção de salinidade. No entanto, como citado anteriormente, a redução do sódio influencia além das ca-

racterísticas sensoriais, bem como em parâmetros de textura, capacidade de retenção de água, entre outros, que afetam a qualidade do produto. A redução do tamanho leva a um aumento da área de superfície e, consequentemente, aumento da velocidade de dissolução (Noyes & Whitney, 1897). Assim sendo, a redução das partículas de NaCl são alternativas eficazes para a formulação de alimentos mais saudáveis e com menor concentração de sódio.

Em estudo realizado por Rios-Mera et al. (2019), foi determinado o efeito da redução do conteúdo de sal em hambúrgueres de carne bovina, bem como os efeitos da redução de tamanho da partícula e seu impacto na textura instrumental do produto, e seu perfil sensorial. Verificou-se de acordo com os resultados, que entre os tratamentos com redução de NaCl o adicionado com 1,0% de sal micronizado se destacou, não afetando consideravelmente os parâmetros de textura e o perfil sensorial. Já a redução apenas no conteúdo afetou a qualidade do produto. Os efeitos da redução do NaCl, e sua substituição por sal micronizado na aceitação do consumidor de presunto de peru foram investigados no estudo conduzido por Galvão et al. (2014), cinco formulações foram avaliadas com relação ao teor de cloreto de sódio por consumidores usando um hedônico de nove pontos escala para aceitabilidade geral, e CATA. Verificou-se que reduções no teor de sal em até 30% não afetaram a aceitação geral pelos consumidores. A utilização de sal micronizado não afetou as características sensoriais quando comparadas às formulações contendo o mesmo nível de cloreto de sódio, indicando que o sal micronizado não influencia a percepção do sal, o uso de sal micronizado para substituir o sal de cozinha não aumentou a percepção de salinidade. O mesmo também afetou as características de textura do produto. Já Raybaudi-Massilia et al. (2019), avaliaram a redução parcial do NaCl regular por microesferas de sal (SODA-LO®) em presunto cozido, peito de peru e salsichas do tipo *Deli*. As novas formulações dos produtos foram avaliadas por um painel sensorial treinado, também foi avaliada a vida de prateleira e patógenos. Observou-se que a substituição por microesferas de sal não afetou atributos sensoriais avaliados, bem como as características microbiológicas dos produtos. Assim sendo, uma boa alternativa para a indústria reduzir os níveis de sódio nos alimentos, trazendo benefício à saúde do consumidor uma vez que há um menor consumo de sal, e como consequência uma menor ingestão de sódio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito desta revisão foi resumir algumas das estratégias e avanços disponíveis para a produção de produtos cárneos mais saudáveis, através da redução de sódio. O desafio da indústria alimentícia é atender as demandas de mercado e desenvolver produtos com diferentes apelos. O sal é o mais importante dos condimentos e o elemento de uso mais amplo em produtos cárneos. A redução de sódio não pode ocorrer sem uma avaliação rigorosa das consequências geradas pela sua redução nas propriedades tecnológicas, na aceitação sensorial e na vida de prateleira.

REFERÊNCIAS

ALJURAIBAN, G. S.; CHAN, Q.; BROWN, I. J.; GRIEP, I. M. O.; DAVIGLUS, M. L.; STAMLER, J. 182 association of number of daily eating episodes with blood pressure and nutrient intake: Intermap study. **Journal of Hypertension**, v. 30, p. 54-55, 2012.

BECK, P. H. B.; MATIUCCI, M. A.; NETO, A. A. M.; FEIHRMANN, A. C. Sodium chloride reduction in fresh sausages using salt encapsulated in carnauba wax. **Meat Science,** v. 175, p. 108462, 2021.

BHAT, Z. F.; Morton, J. D.; Mason, S. L.;El-Din, A.; Bekhit, A. The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. **Food Chemistry**, v. 306, 2020.

BHAT, Z. F.; MORTON, J. D.; Mason, S. L.; El-Din, A.; Bekhit, A. Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** v. 59, N. 10, P. 1660-1674, 2018.

CHANDRAPALA, J.; OLIVER, C.; KENTISH, S.; ASHOKKUMAR, M. Ultrasonics in food processing. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 19, p. 975-983, 2012.

CHEUNG, T. T.; Junghans, A. F.; Dijksterhuis, G. B.; Kroese, F.; Johansson, P.; Hall, L.; De Ridder, D.T.D Consumers Choice-blindness to ingrediente information. **Appetite**, 2015.

D'ELIA, L.; ROSSI, G.; IPPOLITO, R.; CAPPUCCIO, F. P.; STRAZZULLO, P. Habitual salt intake and risk of gastric cancer: A meta-analysis of prospective studies. **Clinical Nutrition**, v. 31, p. 489-498, 2012.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188-196, 2006.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, 2010.

FELLENDORF, S.; KERRY, J. P.; HAMILL, R. M.; O'SULLIVAN, G. Impact on the physicochemical and sensory properties of salt reduced corned beef formulated with and without the use of salt replacers, **LWT – Food Science and Technology,** v. 92, p. 584-592, 2018.

FREIRE, T. V. M.; SOUZA, V. R.; GONÇALVES, C. S.; CARNEIRO, J. D. S.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. Salting Potency and Time-Intensity Profile of Microparticulated Sodium Chloride in Shoestring Potatoes. **Journal of Sensory Studies**, v. 30, p.1-9, 2015.

GALVÃO, M. T. E. L.; MOURA, D. B.; BARRETTO, A. C.; POLLONIO, M. A. R. Effects of micronized sodium chloride on the sensory profile and consumer acceptance of turkey ham with reduced sodium content. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 34, p. 189-194, 2014.

GAUDETTE, N. J.; PIETRASSIK, Z.; JOHNSTON S. P. Application of taste contrast to enhance the saltiness of reduced sodium beef patties. **LWT- Food Science and Technology**, v. 116, p. 108585, 2019.

HORITA, C. N.; MESSIAS, V. C.; MORGANO, M. A.; HAYAKAWA, F. M.; POLLONIO, M. A. R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, p. 29-35, 2014.

INGUGLIA, E. S.; ZHANG, Z.; TIWARI, B. K.; KERRY, J. P.; BURGESS, C. M. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. Trends in Food Science & Technology, v. 59, p. 70-78, 2017.

JAYASOORIYA, S. D. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine semitendinosus and longissimus muscles. **Meat Science**, v. 75, p. 628-639, 2007.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; LÓPEZ-LÓPEZ, S. I.; RUIZ-CAPILLAS, T.; PINTATO, T.; SOLAS, M. T. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. **Meat Science**, v. 84, p. 356-363, 2010.

KREMER, S.; SHIMOJO, R.; HOLTHUYSEN, N. T. E.; KOSTER, E. P. Consumer acceptance of salt-reduced "soy sauce" foods over rapidly repeated exposure. **Food Quality and Preference**, v. 27, p. 179-190, 2013.

LEÃES, Y. S. V.; PINTON, M. B.; ROSA, C. T. A.; ROBALO, S. S.; WAGNER, R.; MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; CAMPAGNOL, P. C. B.; CICHOSKI, A. J. Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by

NaCl reduction in meat emulsions. **Ultrasonics – Sonochemistry**, v. 61, 2020.

LI, K.; KANG, Z. L.; ZOU, Y. F.; XU, X. L.; ZHOU, G. H. Effect of ultrasound treatment on functional properties of reduced-salt chicken breast meat batter. **Journal Food Science Technologies**, v. 52, n. 5, p. 2622-2633, 2015.

LÓPEZ-LÓPEZ, I.; COFRADES, S.; JUMÉNEZ-COLMENERO, F. Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chillin storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. **Meat Science**, v. 83, p. 148-154, 2009.

LUCKE, F. K. Fermented Meats. In: **The Oxford Handbook of Food Fermentations**, p. 494, 2015.

MATTAR, T. V.; GONÇALVES, C. S.; PEREIRA, R. C.; FARIA, V. R.; CARNEIRO, J. D. S. A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers. **British Food Journal**, v. 120, n. 6, 2018.

MCGOUGH, M. M.; SATO, T.; RANKIN, S. A.; SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. **Meat Science**, v. 91, p. 185-194, 2012.

MHURCHU, C. N.; CAPELIN, C.; DUNFORD, E. K.; Webster, J. L; NEAL, B. C.; JEBB, S. A. Sodium content of processed foods in the United Kingdom: analysis of 44,000 foods purchased by 21,000 households, **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 93, p. 594-600, 2011.

NOORT. M. W. J.; BULT, J. H. F.; STIEGE, M. Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. **Journal of Cereal Science,** v. 55, p. 218-225, 2012.

NOYES, A. A.; WHITNEY, W. R. The rate of solid substances in their own solutions. **J. Am. Chem. Soc**., p. 930-934, 1897.

O'FLYNN, C. C.; CRUZ-ROMERO, M. C.; TROY, D.; MULLEN, A. M.; KERRY, J. P. The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. **Meat Science**, v. 96, p. 1266-1274, 2014.

PETIT, G.; JURY, V.; DE LAMBALLERIE, M.; DURANTON, F.; POTTIER, L.; MARTIN, J. L. Salt intake from processed meat products: benefits, risks and evolving practices. **Food Sci Food Saf**, v. 18, p. 1453-1473, 2019.

PINTON, M. B.; SANTOS, B. A.; LORENZO, J. M.; CICHOSKI, A. J.; BOEIRA, C. P.; CAMPAGNOL, P. C. 2021. Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 1-5, 2021.

PINTON, M. B.; SANTOS, B. A.; CORREA, L. P.; LEÃES, Y. S. V.; CICHOSKI, A. J.; LORENZO, J. M.; SANTOS, M.; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. 2020. Ultrasound and low-levels of NaCl replacers: A successful combination toproduce low phosphate and low-sodium meat emulsions. **Meat Science**, v. 170, 2020.

PINTON, M. B.; CORREA, L. P.; FACCHI, M. M. X.; HECK, R. T.; LEÃES, Y. S. V.; CICHOSKI, A. J.; LORENZO, J. M.; DOS SANTOS, M.; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, P. C. B. Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. **Meat Science**, v. 152, p. 88-95, 2019.

QUILAQUEO, M.; DUIZER, L.; AGUILERA, J. M. The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness. **Food Research International**, v. 76, p.675-681, 2015.

RAMA, R.; CHIU, N.; DA SILVA, C.; HEWSON, L.; HORT, J.; FISK, I.D.Impact of salt crystal size on in-mouth delivery of sodium and saltiness perception from snack foods. **Journal of texture studies,** v. 44, p. 338-345, 2013.

RAYBAUDI-MASSILIA, R.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; ROSALES-OBALLOS, Y.; DE PETRICONE, R. C.; FRÁGENAS, N. N.; ZAMBRANO-DURÁN, A.; SAYAGO, K.; LARA; URBINA, G. New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation**. LWT - Food Science and** Technology, v. 108, p. 253-260, 2019.

RIOS-MERA, J. D.; SALDAÑAA, E.; CUZADO-BRAVO, M. L. M.; MARTINS, M. M.; PATINHO, I.; SELANI, M. M.; VALENTIN, D.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Impact of the content and size of NaCl on dynamic sensory profile and instrumental texture of beef burgers. **Meat Science**, v. 161, p. 107992, 2020.

RODRIGUES, D. M.; DE SOUZA, V. R.; MENDES J. F.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 390-399, 2016.

ROS-POLSKI, V.; KOUTCHMA, T. Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of White chicken meat. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 20, p. 31-42, 2015.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 531-541, 2005.

SHAZER, W. H.; JIMENEZ-MAROTO, L.; SATO, T.; RANKIN, S.; SINDELAR, J. Consumer panel responses to the reduction of sodium in processed meats using naturally brewed soy sauce and natural flavor enhancer. **Meat Science**, v. 101, p. 107-108, 2015.

STADNIK, J. & DOLATOWSKI, Z. J. Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (*M. Semimembranosus*). **European Food Research and Technology**, v. 233, p. 553-559, 2011.

SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. Comprehensive Review in **Food Science and Food Safety**, v. 10, 2011.

TAMM, A.; BOLUMAR, T.; BAJOVIC, B.; TOEPFL, S. Salt (NaCl) reduction in cooked ham by a combined approach of high pressure treatment and the salt replacer KCl. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 36, p. 294-302, 2016.

TOUSSAINT, N. D.; HOLT, S. G. Is serum phosphate a useful target in patients with chronic kidney disease and what is the role for dietary phosphate restriction? **Nephrology**, v. 22, n. 2, p. 36-40, 2017.

VERMA, A. K.; BANERJEE, R. Low-sodium meat products: Retaining salty taste for sweet health. Critical Reviews in **Food Science and Nutrition**, v. 52, p. 72-84, 2012.

VIDAL, V. A. S.; BIACHI, J. P.; PAGLARINI, C. S.; PINTON, M. B.; CAMPAGNOL, P. C. B.; ESMERINO, E. A.; DA CRUZ, A. G.; MORGANO, M. A.; POLLONIO, M. A. R. Reducing 50% sodium chloride in healthier jerked beef: An efficient design to ensure suitable stability, technological and sensory properties, **Meat Science**, v. 152, p. 49-57, 2019.

WU, L. Chapter 7 - Analysis of food Additives. **Innovative Food Analysis**. p. 157-180, 2021.

ZANARDI, E.; GHIDINI, S.; CONTER, M.; IANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters, **Meat Science**, v. 86, p. 742-747, 2010.

ZHENG, J.; HAN,Y, GE, G. G.; ZHAO, M.; SUN, W. Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties,. **Food Hydrocolloids**, v. 96, p. 36-42, 2019.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

REVISÃO SOBRE MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

REVIEW ON MICROENCAPSULATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS AND FOOD CONSERVATION

DE JESUS, Ellen Karine Santos[1]*; GONÇALVES, Jenisson Linike Costa[1]; DA SILVA, Patrícia Santos[1]; PAGANI, Alessandra Almeida Castro[1]; CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa[1]

[1]Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Sergipe - UFS
*Contato: ellkarine@academico.ufs.br

RESUMO

Ao considerar a produção de alimentos, um dos principais desafios é a manutenção da segurança alimentar e a melhoria da qualidade nutricional e sensorial por meio de procedimentos acessíveis. Em todas as fases de seu processamento, os alimentos estão sujeitos a diversos tipos de processos deteriorantes e de contaminação causadas, principalmente, por microrganismos, enzimas e reações químicas resultando em um declínio considerável na aceitação do consumidor. Técnicas de encapsulamento podem superar essas limitações. Esta revisão busca descrever os principais compostos bioativos envolvidos utilizados como ingredientes naturais encapsulados na preservação de alimentos, inibindo o crescimento microbiano e melhorando a qualidade sensorial. Sendo assim, a presente revisão explica as tendências atuais na aplicação de compostos bioativos encapsulados para preservação de alimentos com base em uma descrição classificada, incluindo extratos e óleos essenciais, fenólicos, carotenoides, etc. O método de encapsulamento influencia o mecanismo de liberação e as propriedades físico-químicas dos ingredientes bioativos. Apesar da sua eficácia, produtos com cápsulas encapsuladas são pouco utilizados devido o alto custo de implantação e manutenção dessas técnicas sendo, portanto, necessário mais pesquisas que barateie sua utilização.

Palavras-chave: Microencapsulação, compostos bioativos, conservação de alimentos.

ABSTRACT

When considering food production, one of the main challenges is the maintenance of food security and the improvement of nutritional and sensory quality through accessible procedures. At all stages of its processing, food is subject to various types of deterioration and contamination processes, mainly caused by microorganisms, enzymes and chemical reactions resulting in a considerable decline in consumer acceptance. Encapsulation techniques can overcome these limitations. This review seeks to describe the main bioactive compounds involved used as natural ingredients encapsulated in food preservation, inhibiting microbial growth, improving sensory quality and camouflaging the bitter taste. Therefore, this review explains current trends in the application of encapsulated bioactive compounds for food preservation based on a classified description, including extracts and essential oils, phenolics, carotenoids, etc. The encapsulation method influences the release mechanism and physicochemical properties of bioactive ingredients. Despite their effec-

tiveness, products with encapsulated capsules are little used due to the high cost of implantation and maintenance of these techniques, therefore, more research is needed to make their use cheaper.

Keywords: Microencapsulation, bioactive compounds, food preservation.

INTRODUÇÃO

Ao considerar a produção de alimentos, um dos principais desafios é a manutenção da segurança alimentar e a melhoria da qualidade nutricional e sensorial por meio de procedimentos acessíveis. Em todas as fases de seu processamento, os alimentos estão sujeitos a diversos tipos de processos deteriorantes e de contaminação causadas, principalmente, por microrganismos, enzimas e reações com o oxigênio do ar resultando em um declínio considerável na aceitação do consumidor (Binoti e Ramo, 2016; Hosseini e Jafari, 2020).

Devido à crescente atenção aos aditivos naturais há uma demanda crescente em substituir os conservantes sintéticos por ingredientes bioativos naturais e seguros. Entretanto, esses ingredientes funcionais apresentam algumas limitações, incluindo sua baixa estabilidade química, sabor, baixa solubilidade e eficácia de curto prazo. Acompanhando esse progresso, a tecnologia de alimentos desenvolve métodos e processos para fornecer alimentos que contenham compostos bioativos e antioxidantes que proporcionem bem-estar e saúde quando inseridos na dieta dos consumidores (Suganya e Anuradha, 2017; Leonardi e Azevedo, 2018).

Técnicas de encapsulamento podem superar essas limitações, aumentando a “vida de prateleira” dos alimentos, inibindo o crescimento microbiano, melhorando a qualidade sensorial, camuflando o sabor amargo (por exemplo, o amargor dos polifenóis), sem reduzir seu valor nutricional. Dessa forma, a microencapsulação permite o desenvolvimento de produtos de grande interesse mercadológico e viabilidade econômica (Pereira et al., 2018). Por exemplo, a encapsulação em emulsão de isoeugenol aumentou a atividade antibacteriana sob bactérias Gram-negativas (Escherichia coliK12) e Gram-positivas (Listeria monocytogenes) em suco de cenoura por 2,5 vezes (Nielsen et al., 2016).

Apesar de ser um método considerado novo, no início dos anos 70, Todd definiu microencapsulação como um processo de empacotamento com coberturas poliméricas finas aplicadas sob sólidos, gotículas de líquidos ou material gasoso, formando pequenas partículas denominadas microcápsulas, que podem liberar seu conteúdo sob velocidade e condições desejadas (Rebello, 2009).

De acordo com Nazzaro et al. (2012), as microcápsulas envolvem ingredientes naturais, polifenóis, aditivos voláteis, enzimas, probióticos em pequenas cápsulas, que podem ser utilizadas na indústria alimentícia como materiais naturais, seguros e antimicrobianos para serem utilizados em sistemas de embalagem a fim de prolongar a vida útil de alimentos, como alimentos frescos altamente perecíveis (vegetais, frutas, carnes, etc.), sem diminuir suas ca-

racterísticas em termos de qualidade e higiene.

Os produtos alimentícios estão sujeitos a crescimento microbiano, reações oxidativas, escurecimento não enzimático (principalmente Maillard) e escurecimento enzimático sendo constante a busca por substâncias naturais eficazes e seguras para prevenir essas vias. No entanto, ingredientes bioativos naturais apresentam algumas limitações que podem ser superadas através de métodos de encapsulamento. A presente revisão aborda utilização de compostos bioativos encapsulados para preservação de alimentos com base em uma descrição classificada, incluindo extratos e óleos essenciais, fenólicos, carotenoides, etc. para a conservação dos alimentos.

METODOLOGIA

Foi conduzida uma revisão bibliográfica integrativa que se fundamenta na coleta de dados disponíveis na literatura e compará-los para aprofundar o conhecimento do tema investigado. Este trabalho discorre acerca da microencapsulação e conservação de alimentos, buscando em publicações sobre este assunto dados que subsidiem a utilização da microencapsulação como método que possibilita aumentar a disponibilidade de alimentos e a sua "vida de prateleira", sem abrir mão da qualidade.

A coleta de dados foi realizada no portal de periódicos Capes, por meio de consulta a publicações de autores de referência na área e posterior leitura crítica dos títulos e dos resumos. Foram definidos os seguintes descritores para a busca bibliográfica: micropartículas; métodos de microencapsulação; antioxidantes alimentares; aplicações em alimentos; antimicrobianos naturais; controle de deterioração; encapsulamento; controle biológico; e conservação dos alimentos e selecionado trabalhos entre 2000 a 2021.

DESENVOLVIMENTO

O encapsulamento de alimentos permite a captura de um composto bioativo dentro de uma matriz que atua como uma película protetora cujo principal objetivo é proteger o núcleo de fatores de estresse biótico e abiótico (como microrganismos, temperatura, irradiação), permitindo estender a vida útil e à manutenção da atividade metabólica (Pereira et al., 2018). Além disso, essas partículas melhoram as propriedades de liberação e atuam como veículos de entrega.

A microencapsulação consiste em um processo de empacotamento de materiais sólidos, líquidos ou gasosos com revestimentos poliméricos finos, formando partículas com diâmetros que podem variar de 1 a 1000 μm (Silva, et al., 2014; Suganya e Anuradha, 2017).

Segundo Ozkan et al. (2019), dentre as diferentes técnicas para produzir microcápsulas as que frequentemente são utilizadas para encapsular os compostos bioativos, podem ser categorizadas como métodos físicos a secagem por spray, liofilização, precipitação de fluido

supercrítico (SCF) e evaporação de solventes; métodos físico-químicos os que incluem coacervação, lipossomas e gelificação iônica; e métodos químicos, como complexação de inclusão molecular e polimerização interfacial.

Em regra, os conservantes são inseridos aos sistemas alimentares para evitar a deterioração dos alimentos e reduzir perdas. Atualmente, os consumidores procuram substituir os conservantes artificiais por produtos alimentícios verdes (sem aditivos sintéticos), uma vez que, algumas dessas substâncias podem causar reações indesejáveis, como toxicidade, carcinogenicidade e malformação congênita (Hosseini e Jafari, 2020; Delshadi et al., 2021). Com estas perspectivas têm se destacado o uso de compostos bioativos naturais como conservantes naturais cujo uso além de evitar que os alimentos se deteriorem, promovem inúmeros benefícios para à saúde contra várias doenças relacionadas ao estresse oxidativo (Delshadi et al., 2021).

Os compostos bioativos são ricos em antioxidantes naturais que evitam a degradação dos alimentos por oxidação, essas moléculas possuem a capacidade de competir por sítios ativos e receptores em diferentes estruturas celulares, e até mesmo pela codificação envolvida na resistência à degradação oxidativa de estruturas celulares. Embora o uso de antioxidantes naturais ainda esteja limitado, já existem diferentes categorias com base em sua estrutura química e funções (Carocho et al., 2017; Ozkan et al., 2019).

Destaca-se, também, antimicrobianos naturais que podem ser utilizados em diferentes setores da indústria alimentícia, incluindo sucos de frutas e vegetais, laticínios, produtos cárneos, produtos à base de cereais, revestimentos comestíveis e estruturas de embalagem. Os antimicrobianos naturais podem ser encontrados na natureza, por exemplo, lisozima, lactoferrina, quitosana e ácidos graxos livres (Darvish et al., 2021; Delshadi et al., 2021).

Extratos e óleos essenciais (EOs)

Os extratos e óleos essenciais são encontrados em muitas espécies de plantas aromáticas que são frequentemente obtidas de várias famílias de plantas, incluindo famílias angiospérmicas Lamiaceae, Asteraceae, Zingiberaceae, Myrtaceae e Rutaceae. Muitos extratos e óleos essenciais são geralmente reconhecidos como seguros e podem ser muito úteis para aumentar a vida útil dos alimentos e superar os danos de armazenamento, como mostram muitos estudos *in vitro* e *in vivo*. Além disso, ingredientes extraídos de plantas são capazes de prevenir as reações de oxidação e crescimento microbiano devido aos seus componentes bioativos sendo, portanto, potenciais substituições para conservantes químicos e microbianos (Hosseini e Jafari, 2020; Delshadi et al., 2021).

Extratos e óleos essenciais exibem atividade antioxidante proeminente, pois contém ingredientes bioativos eficientes para proteger os produtos alimentícios contra a deterioração oxidativa. Normalmente, os efeitos antimicrobianos dependem tanto de sua concentração quanto da estrutura molecular dos componentes (Hosseini e Jafari, 2020).

Embora alguns estudos tenham aprovado que o efeito antimicrobiano dos óleos essenciais é derivado de uma mistura de ingredientes bioativos, os compostos fenólicos foram introduzidos como os principais componentes antimicrobianos dos óleos essenciais. Apesar dessas vantagens, alguns problemas, como a baixa solubilidade dos óleos essenciais em água, limitam sua ampla aplicação na indústria de alimentos (Hadian et al., 2017; Hosseini e Jafari, 2020). Além disso, o efeito antimicrobiano dos óleos essenciais é dependente da concentração, resultando em um forte odor ou sabor estranho quando são usados em uma concentração eficaz como conservantes de alimentos. No caso de matrizes alimentares complexas, outras variáveis como proteínas, teor de gordura, pH, enzimas, teor de sal e temperaturas de armazenamento podem afetar potencialmente a eficácia dos óleos essenciais. Por exemplo, maior teor de sal, menor temperatura de armazenamento ou/e pH aumenta a atividade de óleos essenciais. Felizmente, as técnicas de microencapsulação apresentam soluções possíveis para superar os desafios associados à aplicação de extratos e óleos essenciais em sistemas alimentares, como exemplificado na Tabela 01.

Tabela 01: Alguns extratos e óleos essenciais encapsulados que estendem a vida de prateleira de diferentes produtos alimentícios.

Ingrediente(s)	Material de parede	Procedimento	EE (%)	Sistema	Resumo	Autores
Rosmarinus officinalis (REOs)	Quitosana ácido benzoico	Auto- agregação	80	Costeleta de bovino	Atividade antibacteriana e antioxidante aprimorada de óleos essenciais encapsulados em nanogel de CS-BA.	Hadian, M., Rajaei, A., Mohsenifar, A., & Tabatabaei, M. (2017)
Óleo essencial de Paulownia Tomentosa (PTEO)	Quitosana	Gelificação iônica	40,6	Costeletas de porco prontas para cozinhar revestidas com filme de quitosana	A costeleta de porco RTC foi revestida com quitosana contendo óleo essencial de Paulownia Tomentosa.	Zhang, H., Li, X., & Kang, H. (2019)
Cuminum cyminum OE	Quitosana	Gelificação iônica	17,89	Cogumelos	Nanopartículas de quitosana carregadas com óleo essencial de semente de cominho melhoraram a qualidade microbiana e físico-química do cogumelo.	Karimirad, R., Behnamian, M., & Dezhsetan, S. (2019)
Tomilho encapsulado (Thymus vulgaris)	Gelatina e goma árabe	Coacervação complexa	85	Produtos de panificação (bolo)	Micropartículas com óleo de tomilho foram eficientes contra bactérias e fungos.	Gonçalves, N. D., de Lima Pena, F., Sartoratto, A., Derlamelina, C., Duarte, MCT, Antunes, AEC, & Prata, AS (2017).
Lippia turbinado	Gelatina e goma arábica	Coacervação complexa	99,8	Semente de amendoim	Encapsulamento do óleo essencial (OE) de Lippia turbinata (poleo) e sua aplicação no controle de fungos patógenos de sementes de amendoim.	Girardi, N. S., García, D., Passone, M. A., Nesci, A., & Etcheverry, M. (2017).
Extratos etanólicos de Terminalia Arjuna (TA) (0,3%)	Maltodextrina	Secagem em forno a 50°C/Ultra-Turrax		Bebida láctea com chocolate de baunilha	T. arjuna encapsulado resultou numa diminuição significativa no ganho de peso corporal por ratos que receberam o extrato de erva.	Sawale, PD, Pothuraju, R., Abdul Hussain, S., Kumar, A., Kapila, S., & Patil, GR (2016).

Compostos polifenólicos

A estrutura molecular dos compostos fenólicos consiste em um anel aromático associado a pelo menos um grupo hidroxila. Embora muitos fenólicos naturais de plantas estejam disponíveis, seus benefícios à saúde e características antioxidantes podem ser grandemente alterados devido a uma ampla gama de estruturas químicas. Esses compostos fenólicos exibem a capacidade de prevenir o crescimento da maioria dos microrganismos e apresentam propriedades antioxidantes. Os compostos fenólicos podem ser categorizados em vários grupos, incluindo ácidos fenólicos e fenóis simples; flavonoides; taninos; e derivados do ácido hidroxicinâmico. Esses compostos fenólicos exibem a capacidade de prevenir o crescimento da maioria dos microrganismos e apresentam propriedades antioxidantes (Hosseini e Jafari, 2020; Esmaeili et al., 2020).

A maioria dos polifenóis presentes nos alimentos pode agir como anti- inflamatório, antimicrobiano, antioxidante ou antitumoral. Um exemplo de antioxidante natural é o extrato de alecrim (Rosmarinus officinalis L.) obtido através de um processo antissolvente supercrítico em poloxâmeros desenvolvido por Visetim et al. (2012) no qual se obtém um pó prontamente solúvel em água, no qual 100% dos antioxidantes são liberados em 1 hora, enquanto apenas 15% dos fenólicos do precipitado puro se dissolvem após 8h. O extrato de alecrim é definido como um óleo essencial, os elementos que compõem esses compostos são comumente usados como especiaria, agentes aromatizantes e aromáticos. Por exemplo, uma mistura de orégano e OE de alecrim foram usados como agentes antimicrobianos em brócolis minimamente processados, que mostraram uma alta atividade antimicrobiana contra E. coli O157: H7, L. monocytogenes, Salmonella choleraesuis e S. aureus (Arana-Sánchez et al., 2010).

A quercetina é uma subclasse de flavonóis do grupo dos flavonoides com sabor amargo. A atividade antioxidante da quercetina é maior do que Trolox, rutina e ascorbil, como antioxidantes bem conhecidos, o que se deve principalmente à localização adequada e à quantidade de grupos hidroxila na molécula de quercetina. Entre muitos estudos realizados para aumentar a biodisponibilidade da quercetina no corpo humano, vários trabalhos demonstraram a influência positiva de diferentes métodos de encapsulação. Estudos demonstram que a utilização de nanopartículas de quercetina pode ser desenvolvida com resultados favorecidos. Por exemplo, Kumar et al. (2016) preparou nanopartículas contendo quercetina e demonstrou eficácia de encapsulação ao longo de um período de 90 dias de armazenamento e promoveu a inibição no crescimento dos patógenos de origem alimentar ao longo de 48h, que foi consideravelmente mais longo do que para o tratamento com quercetina livre.

Vitamina E ou α-tocoferol

É utilizado como um aditivo alimentar antioxidante lipossolúvel eficaz, extinguindo os radicais livres. No entanto, sua aplicação é limitada devido a sua baixa solubilidade em água e baixa estabilidade química principalmente quando exposto ao oxigênio. Devido à sua baixa estabilida-

de oxidativa pode resultar em diminuição da qualidade nutricional e desenvolvimento de sabor estranho (Song et al., 2009). Sendo assim, o encapsulamento da α-tocoferol pode ser benéfico por aumentar sua solubilidade em água, promover estabilidade físico-química e proporcionar liberação consistente ao longo do período de armazenamento (Hosseini e Jafari, 2020).

Vitamina C ou Ácido Ascórbico

O Ácido Ascórbico (AA) apresenta capacidades antioxidantes e antiescurecimento que permitem sua utilização como um aditivo ou ingrediente conservante na indústria de alimentos. O encapsulamento melhora o desempenho do AA que sofre degradação na presença de calor, luz, altos valores de pH, alta concentração de oxigênio, alta atividade de água e reações catalisadas por íons de metais de transição, como Cu2+e Fe3+ (DA CRUZ et al., 2019; Hosseini e Jafari, 2020). Dong et al. desenvolveram um sistema de microemulsão de artocarpanona e ácido ascórbico para ser usado como agentes antiescurecimento em suco de maçã durante o armazenamento em temperatura ambiente em 24h, sugerindo que a microemulsão carregada com artocarpanona é um bom agente antiescurecimento para sucos de maçã. Enquanto DA CRUZ et al. demostraram que a estabilidade térmica do material ativo melhorou significativamente com a microencapsulação de ácido ascórbico produzida por coacervação complexa usando goma arábica e gelatina. Sendo assim, o encapsulamento do ácido ascórbico melhora sua estabilidade e controla sua liberação.

Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis por fornecer as cores amarela, laranja e vermelha. Sintetizados por vegetais e microrganismos, os carotenoides são tetraterpenos (C40), formados a partir de unidades de isopreno. Pesquisas têm indicado os carotenoides como antioxidantes, anti-inflamatórios, antimutagênicos e anticarcinogênicos, o que permite sua associação a redução no risco de alguns tipos de câncer e outras doenças graves, estimulação do sistema imunológico e benefícios para a saúde da pele de humanos (Carocho, et al., 2017; Maoka, 2020).

O carotenoide mais utilizado pela indústria alimentícia é o licopeno. De acordo com os resultados encontrados por Cheng et al. (2017) o encapsulamento de licopeno por meio do processo antissolvente supercrítico (SAS) utilizando α- tocoferol, durante 28 dias de armazenamento a 25, 4 e -20°C, o resultado da retenção de licopeno nas partículas encapsuladas foi de 84,1; 90,2 e 97,1% após armazenamento a 25, 4 e -20°C, respectivamente. Em comparação ao licopeno não encapsulado que se degradou completamente após o armazenamento a 25 e 4°C, enquanto a retenção de 27,2% foi determinada após -20°C. Outro carotenoide que pode ser utilizado é a astaxantina, estudada por Gomes-Estaca et al. (2016), trabalho no qual foi demonstrado encapsulamento de um extrato lipídico contendo astaxantina de resíduos de camarão com potencial como ingrediente alimentar com aplicações tecnológicas e bioativas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ingredientes bioativos de origem vegetal com atividades antimicrobiana, antioxidante e antiescurecimento são um dos melhores métodos para inibir os fatores de deterioração em produtos alimentícios. No entanto, sua aplicação industrial enfrenta alguns desafios, incluindo baixa solubilidade em água, baixa estabilidade química, odor, atividade dependente da dose, inativação após complexação com constituintes de alimentos, entre outros.

O encapsulamento é uma estratégia promissora para superar essas limitações, fornecendo ingredientes bioativos mais estáveis, dispersáveis em diferentes meios que são gradualmente liberados das cápsulas nas matrizes alimentares e fornecem uma preservação sustentada sem afetar as pontuações sensoriais. Além disso, a microencapsulação permite revestir um ou mais ingredientes ou aditivos (núcleo) por um agente encapsulante de natureza comestível, modificando e melhorando a aparência e as propriedades de uma substância. Apesar da grande variedade de pesquisas, a encapsulação tem encontrado, até o momento, relativamente pouco espaço prático na indústria de alimentos. Há um conhecimento limitado sobre a aplicação dessas substâncias para aumentar a vida de prateleira de diferentes sistemas alimentares. Além disso, as técnicas utilizadas ainda são de alto custo para a utilização em grande escala de produção. Contudo, existe uma demanda crescente em substituir os conservantes sintéticos por ingredientes bioativos naturais e seguros além do aumento da demanda por alimentos práticos que proporcionem além das funções nutricionais básicas, produza efeitos benéficos à saúde permite concluir que com a otimização das condições do processo de encapsulamento, que levem a um ingrediente com boa relação custo-benefício e bem encapsulado, com maior eficiência do que sua forma livre para estender a vida útil dos alimentos, ele será mais utilizado pelas grandes indústrias.

REFERÊNCIAS

BAGHERI DARVISH, H., BAHRAMI, A., JAFARI, S. M., WILLIAMS, L. Micro/nanoencapsulation strategy to improve the efficiency of natural antimicrobials against Listeria monocytogenes in food products. **Critical reviews in food science and nutrition**, p. 1-19, 2020.

BINOTI, M. L.; RAMOS, A. M. Conservação de alimentos: uma visão mais saudável. **HU Revista**, v. 41, n. 3 e 4, 2015.

CHENG, Y. S.; LU, P. M.; HUANG, C. Y.; WU, J. J. Encapsulation of lycopene with lecithin and α-tocopherol by supercritical antisolvent process for stability enhancement. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 130, p. 246-252, 2017.

CORREIA, R.; GRACE, M. H.; ESPOSITO, D.; & LILA, M. A. Wild blueberry polyphenol-protein food ingredients produced by three drying methods: Comparative physico-chemical properties, phytochemical content, and stability during storage. **Food chemistry**, v. 235, p. 76-85, 2017.

DA CRUZ, M. C. R.; DAGOSTIN, J. L. A.; PERUSSELLO, C. A. & MASSON, M. L. Assessment of physicochemical characteristics, thermal stability and release profile of ascorbic acid microcapsules obtained by complex coacervation. **Food hydrocolloids**, v. 87, p. 71-82, 2019.

DE MELO BARROS, D.; DA SILVA, A. P. F.; DE MOURA, D. F.; CAVALCANTI, I. D. L.; DA SILVA, J. H. L.; DE FRANÇA LEITE, A. R.; DA FONTE, R. A. B. Principais Técnicas de Conservação dos Alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 806-821, 2020.

DONG, X.; ZHU, Q.; DAI, Y.; HE, J.; PAN, H.; CHEN, J.; & ZHENG, Z. P. Encapsulation artocarpanone and ascorbic acid in O/W microemulsions: Preparation, characterization, and antibrowning effects in apple juice. **Food chemistry**, v. 192, p. 1033-1040, 2016.

ESMAEILI, H.; CHERAGHI, N.; KHANJARI, A.; REZAEI-GOLESTANI, M.; BASTI, A. A.; KAMKAR, A.; AGHAEE, E. M. Incorporation of nanoencapsulated garlic essential oil into edible films: A novel approach for extending shelf life of vacuum-packed sausages. **Meat science**, v. 166, p. 108135, 2020.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Review: microencapsulation of food ingredients. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 103-109, 2008.

GIRARDI, N. S.; GARCÍA, D.; PASSONE, M. A.; NESCI, A.; ETCHEVERRY, M. Microencapsulation of Lippia turbinata essential oil and its impact on peanut seed quality preservation. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 116, p. 227-233, 2017.

GOMEZ-ESTACA, J.; COMUNIAN, T. A.; MONTERO, P.; FERRO-FURTADO, R.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Encapsulation of an astaxanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatin–cashew gum complex. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 155-162, 2016.

GONÇALVES, N. D.; DE LIMA PENA, F.; SARTORATTO, A.; DERLAMELINA, C.; DUARTE, M. C. T.; ANTUNES, A. E. C.; PRATA, A. S. Encapsulated thyme (Thymus vulgaris) essential oil used as a natural preservative in bakery product. **Food Research International**, v. 96, p. 154-160, 2017.

GRIESANG, J. I.; ROSSO, A. C.; KUZNIEWSKI, F. C.; BERTOLDO, V. C.; DOS SANTOS, O. M.; SEVERO, J. Microencapsulação de compostos bioativos em alimentos. **Boletim Técnico-Científico**, v. 5, n. 2, 2019.

HADIAN, M.; RAJAEI, A.; MOHSENIFAR, A.; TABATABAEI, M. Encapsulation of Rosmarinus officinalis essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antibacterial activity in beef cutlet against Salmonella typhimurium during refrigerated storage. **Lwt**, v. 84, p. 394-401, 2017.

HOSSEINI, H.; JAFARI, S. M. Introducing nano/microencapsulated bioactive ingredients for extending the shelf-life of food products. **Advances in Colloid and Interface Science**, p. 102210, 2020.

KANATT, S. R.; TARI, S.; CHAWLA, S. P. Encapsulation of extract prepared from irradiated onion scales in alginate beads: a potential functional food ingredient. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 2, p. 848-858, 2018.

KARIMIRAD, R.; BEHNAMIAN, M.; DEZHSETAN, S. Application of chitosan nanoparticles containing Cuminum cyminum oil as a delivery system for shelf life extension of Agaricus bisporus. **LWT**, v. 106, p. 218-228, 2019.

KUMAR, V. D.; VERMA, P. R. P.; SINGH, S. K. Morphological and in vitro antibacterial efficacy of quercetin loaded nanoparticles against food-borne microorganisms. **LWT-Food Science and Technology**, v. 66, p. 638-650, 2016.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em Foco**, v. 10, n. 1, p. 51-61, 2018.

MAOKA, T. Carotenoids as natural functional pigments. **Journal of natural medicines**, v. 74, n. 1, p. 1-16, 2020.

NAZZARO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R. Microencapsulation in food science and biotechnology. **Current opinion in biotechnology**, v. 23, n. 2, p. 182-186, 2012.

NIELSEN, C. K.; KJEMS, J.; MYGIND, T.; SNABE, T.; SCHWARZ, K.; SERFERT, Y.; MEYER, R . L. Enhancing the antibacterial efficacy of soeugenol by emulsion encapsulation. **International journal of food microbiology**, v. 229, p. 7-14, 2016.

OZKAN, G.; FRANCO, P.; DE MARCO, I.; XIAO, J.; CAPANOGLU, E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food Chemistry**, v. 272, p. 494-506, 2019.

PEREIRA, K. C.; FERREIRA, D. C. M.; ALVARENGA, G. F.; PEREIRA, M. S. S.; BARCELOS, M. C. S.; COSTA, J. M. G. D. Microencapsulação e liberação controlada por difusão de ingredientes alimentícios produzidos através da secagem por atomização: revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

REBELLO, F. de F. P. Microencapsulação d e ingredientes alimentícios. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 3, 2009.

SAWALE, P. D.; PATIL, G. R.; HUSSAIN, S. A.; SINGH, A. K.; SINGH, R. R. B. Effect of incorporation of encapsulated and free Arjuna herb on storage stability of chocolate vanilla dairy drink. **Food bioscience**, v. 19, p. 142-148, 2017.

SILVA, P. T. D.; FRIES, L. L. M.; MENEZES, C. R. D.; HOLKEM, A. T.; SCHWAN, C. L.; WIGMANN, É. F.; SILVA, C. D. B. D. Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1304-1311, 2014.

SONG, Y. B.; LEE, J. S.; & LEE, H. G. Tocopherol-loaded Ca-pectinate microcapsules: Optimization, in vitro release, and bioavailability. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 73, n. 2, p. 394-398, 2009.

SOUZA, G. S. **Otimização da extração da mucilagem de psyllium e avaliação de suas propriedades tecnológicas funcionais**. 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Maringá, 2018.

SUGANYA, V.; ANURADHA, V. Microencapsulation and nanoencapsulation: a review. **International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, v. 9, n. 3, p. 233- 239, 2017.

VEMMER, M.; PATEL, A. V. Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents. **Biological Control**, v. 67, n. 3, p. 380-389, 2013.

VISENTIN, A.; RODRÍGUEZ-ROJO, S.; NAVARRETE, A.; MAESTRI, D.; COCERO, M. J. Precipitation and encapsulation of rosemary antioxidants by supercritical antisolvent process. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 1, p. 9-15, 2012.

ZHANG, H.; LI, X.; KANG, H. Chitosan coatings incorporated with free or nano-encapsulated Paulownia Tomentosa essential oil to improve shelf -life of ready-to- cook pork chops. **Lwt**, v. 116, p. 108580, 2019.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

SARS-COV-2 E MUDANÇAS NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR NO CONTEXTO DA PANDEMIA: UMA REVISÃO

SARS-COV-2 AND CHANGES IN EATING BEHAVIOR IN THE CONTEXT OF THE PANDEMIC: A REVIEW

GONCALVES, Matheus Ferreira[1]*; MARTINS, Otávio Augusto[2]; SANTOS, Elaine Alves dos[3]; RAGHIANTE, Fernanda[4].

[1]*Graduando Tecnologia em Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG; [2]Doutorado/Biologia/Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP – Campus Botucatu, SP; [3]Doutorado/Tecnologia em Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG; [4]Doutorado/Medicina Veterinária//Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberlândia, MG. *Contato: matheus.goncalves@estudante.iftm.edu.b.

RESUMO

O isolamento social imposto pela pandemia de COVID-19 à população brasileira pode levar a alterações nos comportamentos relacionados à saúde, incluindo hábitos alimentares. A maior permanência da população em casa pode ter ocasionado piora nos hábitos de alimentação, podendo levar a longo prazo ao desenvolvimento de doenças relativas à má alimentação associada ao sedentarismo imposto pela restrição social. Nesse contexto, o objetivo desta revisão bibliográfica é apresentar dados compilados sobre as possíveis alterações nos hábitos alimentares dos brasileiros ocasionadas pela pandemia por COVID 19 e seu impacto na saúde coletiva. A pandemia ocasionou mudanças significativas nos âmbitos sociais o que tem correlação direta com as modificações nos hábitos alimentares dos brasileiros, levando a um aumento no consumo de produtos ultraprocessados. Este comportamento está diretamente associado às alterações emocionais e cognitivas dos indivíduos causadas pela situação de restrição social. Mais estudos com a população brasileira sobre o tema em questão se faz cabível para melhoria do conhecimento sobre o assunto para uma possível prevenção no estado de insegurança alimentar no país, no intuito de tentar amenizar suas consequências pós-pandemia.

Palavras-chave: Hábitos, pandemia, saúde.

ABSTRACT

The social isolation imposed by the COVID-19 pandemic on the Brazilian population can lead to changes in health-related behaviors, including eating habits. The population's longer stay at home may have worsened eating habits, which in the long term could lead to the development of diseases related to poor nutrition associated with a sedentary lifestyle imposed by social restriction. In this context, the aim of this literature review is to present compiled data on possible changes in the eating habits of Brazilians caused by the COVID 19 pandemic and its impact on public health. The pandemic brought about significant changes in social spheres, which have a direct correlation with changes in the eating habits of Brazilians, leading to an increase in the consumption of ultra-processed products. This behavior is directly associated with emotional and cognitive changes in individuals caused by the situation of social restriction. More studies with the Brazilian population on the subject in question are appropriate to improve knowledge on the

subject for a possible prevention in the state of food insecurity in the country, aiming to try to alleviate its post-pandemic consequences.

Keywords: Habits, pandemic, health.

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou em 30 de janeiro de 2020 o mais alto nível de alerta da Organização, que o surto da doença causada pelo coronavírus 2019, COVID-19 (sigla em inglês para *coronavírus disease* 2019) constituía uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional. Em menos de dois meses depois, em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia. Segundo a Organização, pandemia é quando uma nova doença é disseminada por diferentes continentes, com transmissão de pessoa a pessoa (Organização Pan Americana De Saúde, 2020a).

A doença causada pelo SARS-CoV- 2 (sigla em inglês para *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus* 2), agente etiológico do COVID 19, tem como sintomas principais a febre, falta de ar, tosse seca, geralmente acompanhados de dor de cabeça, dor muscular, náuseas, vômitos, dor de garganta, perda do olfato e/ou paladar, diarreia, dor abdominal e falta de apetite. Em casos mais graves, o paciente acometido pode desenvolver a Síndrome Respiratória Aguda Grave, que pode evoluir rapidamente ao óbito (Ciotti et al., 2019; Brasiel, 2020; Brooks et al., 2020).

Os primeiros casos da doença no Brasil foram confirmados em fevereiro de 2020, em pessoas que vieram de outros países (já contaminados), como China, Itália, Espanha e Estados Unidos. Desde então, os governos federais e estaduais introduziram uma série de medidas recomendadas pela própria OMS para garantir a prevenção e a preservação da capacidade dos serviços de saúde (Ventura et al., 2021).

A elevada infectividade de SARS-CoV- 2 e a consequente propagação rápida da doença, levaram à regulamentação de medidas emergenciais no âmbito da saúde pública, onde foram determinadas intervenções não farmacológicas de abrangência individual (higiene das mãos, uso de máscaras, isolamento), ambiental (higienização rígida de ambientes e utensílios) e social (restrição/proibição de funcionamento de espaços de uso público, onde possa haver aglomeração de pessoas) com o propósito de minimizar a transmissão do vírus. Estas medidas causaram um impacto socioeconômico devido à elevação nas taxas de desemprego, decréscimo da renda familiar e por conseguinte, o aumento da insegurança alimentar (Chu et al., 2020; Cao et al., 2020; Malta et al., 2020; Read et al., 2021).

O estado de pandemia fez com que muitas pessoas buscassem formas de se reinventar na luta constante pela reprodução das condições materiais de existência, levando à mudança no seu estilo de vida, culminando em alterações comportamentais e psíquicas (Ahmed et al., 2020; Santos, 2020; Wang et al., 2020). Tais alterações aliadas à restrição social, podem levar à uma diminuição relevante nos níveis de atividade física intensas, alterações no sono, bem como

a mudanças nos hábitos alimentares, com consequente aumento do estado sedentário (Arora e Grey, 2020; García-Alvarez et al., 2020; Peçanha et al., 2020). Neste sentido, o alimento, em muitos casos, é visto como uma forma de evasão da situação de estresse para muitas pessoas ou como estímulo para melhoria na qualidade de vida, para outras (Oliveira et al., 2021).

Com as restrições impostas pelo estado de pandemia, espera-se que muitos comportamentos sofram modificações incluindo os hábitos alimentares (Cucato et al., 2021; Cheikh Ismail et al., 2020). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi compilar dados sobre as possíveis alterações nos hábitos alimentares dos brasileiros ocasionadas pela pandemia por COVID 19.

METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, incluindo artigos de 2018 a 2021, consultados nas bases de dados Scielo, ScienceDirect, Google Scholar e Pubmed, utilizando os descritores COVID, SARS-COV-2, *behaviour*, *habits*, *Brazilian*, *pandemic*. Foram considerados estudos transversais, qualitativos, de corte e revisões bibliográficas relacionando a pandemia por COVID 19 a mudanças comportamentais e alimentares de brasileiros durante o período de isolamento social. Para leitura integral do tema foram selecionadas 32 referências (dentre elas artigos científicos e informações oficiais obtidas de endereços eletrônicos de órgãos de saúde) que se encaixaram nos critérios de inclusão (Figura 01).

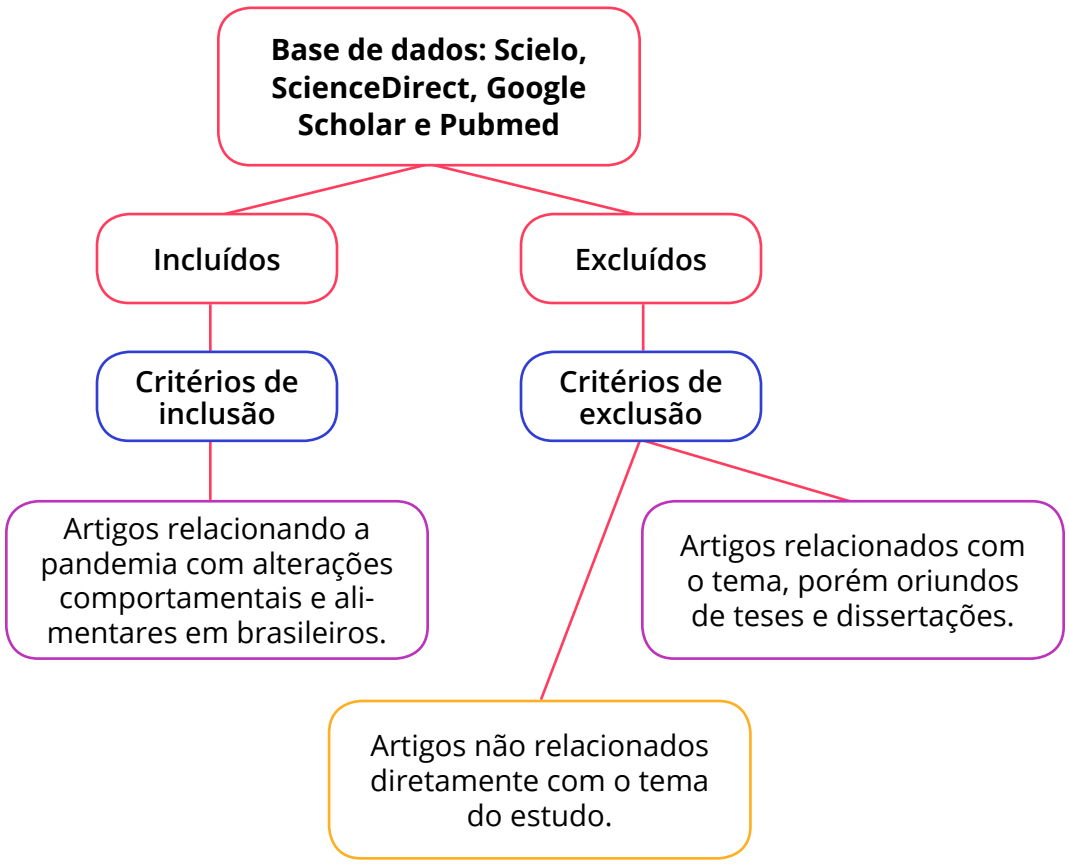


Figura 01: Organograma de critérios de exclusão e inclusão de artigos neste estudo.

Fonte: Própria (2021).

DESENVOLVIMENTO

A pandemia no Brasil

Em 2020, o mundo enfrenta uma Pandemia, caracterizada como Covid-19, que é uma doença respiratória altamente transmissível, o que levou mais de 180 países a uma das maiores crises sanitárias e econômicas de todos os tempos. (Jesus et al., 2020).

A doença foi detectada na China em dezembro de 2019 e foi rapidamente disseminada em escala mundial. Mais da metade da população mundial já havia sido contaminada até meados de maio de 2020, ocasião em que infelizmente já haviam sido oficialmente confirmados no mundo todo 4.993.470 casos de COVID-19, totalizando 327.738 mortes (Organização Pan-Americana de Saúde, 2020b). No mesmo período, o Brasil registrou 354 mil casos de infecção (o que representou no período 7% dos casos mundiais) e 22 mil mortes (6,7% das mortes em todo o mundo decorrentes da doença, até maio de 2020). Nos primeiros 15 dias do mês de junho de 2021, o total de casos no Brasil está em 17,5 milhões, com 488 mil óbitos registrados (Saúde, 2021).

O Brasil ainda é carente de pesquisas que relacionem o atual estado nutricional da população (sobrepeso e obesidade, principalmente) ao processo de transição nutricional, que vem acontecendo em todas as faixas etárias, desde a década de 1970, e que pode ser considerado um dos maiores problemas da saúde pública. Esta transição envolve a preferência pelo consumo de alimentos ultraprocessados a alimentos não industrializados ao longo de décadas (Santos et al., 2019).

No contexto da pandemia global gerada pelo SARS-CoV-2, o Brasil tem vivenciado uma conjuntura delicada, por um lado uma crise em seu padrão de reprodução do capital, por outro, uma crise sanitária a partir do avanço da pandemia. A articulação dessas crises e a necessidade do isolamento social geram incertezas na satisfação das necessidades humanas em razão dos recuos nos rendimentos da população e a consequente queda no consumo, e o esgotamento da capacidade familiar de endividamento. A consequência mais imediata nesse cenário é o avanço da insegurança alimentar dada por restrições de renda que dificultam o acesso aos alimentos. O acesso aos alimentos está associado, diretamente, à regularidade da oferta dos produtos alimentares, à disponibilidade de renda nas mãos das pessoas e aos preços praticados no mercado varejista. A esses três fatores somam-se informações, hábitos e práticas alimentares; este arranjo é que determina o que, quanto e quando comprar. (Silva Filho e Gomes Junior, 2020).

Influência da pandemia no comportamento alimentar dos brasileiros

A crise sanitária ocasionada durante a pandemia pode reforçar a tendência de aumento do consumo de ultraprocessados no Brasil em relação aos alimentos socialmente referenciados. O acesso aos alimentos durante o isolamento social fica restrito às lanchonetes e lojas de

conveniência sustentadas por vendas de alimentos e comidas inadequadas do ponto de vista nutricional (Organização Pan-Americana de Saúde, 2018).

Outro fator relevante, influenciador da mudança dos hábitos alimentares dos brasileiros durante a pandemia é a adoção da restrição social como medida de saúde pública. Por um lado, esta condição favorece a redução da taxa de transmissão do vírus, porém a médio e a longo prazo, esta alteração pode gerar consequências para a saúde pela alteração do tipo de alimento consumido. As ações de saúde pública devem, também, levar isto em consideração e estabelecer ações que minimizem os efeitos adversos da restrição social prolongada (Malta et al., 2020).

Em meio a um estado de pandemia causada por COVID-19, a manutenção de uma alimentação saudável aliada à prática de exercícios físicos não confabula com o cenário de restrição social. Nesse sentido, um estudo foi conduzido no intuito de verificar as mudanças no comportamento e hábitos alimentares de brasileiros praticantes de atividade física de alta intensidade durante a pandemia. Os autores entrevistaram 21 praticantes de musculação e observaram que as principais mudanças em relação aos hábitos alimentares foram: o aumento da ingestão de *fast foods* e alimentos ultraprocessados (38,5%), aumento no consumo de refrigerantes (9,5%) e aumento no volume de refeições (4,8%). Concomitantemente, foi observado o aumento na ingestão de água pelos participantes: antes da pandemia 2 participantes afirmaram que ingeriam no mínimo 2 litros de água por dia, durante a pandemia este número se elevou para 10 participantes (Bicalho e Vieira, 2020).

O aumento no acesso a alimentos industrializados promove o aumento no consumo de carboidratos, gorduras e proteínas e por consequência, diminui a ingestão de micronutrientes presentes em verduras, legumes e frutas. Esta alimentação desbalanceada acontecendo em um período no qual o sistema imunológico precisa estar preparado para reagir, pode se tornar um fator de risco preocupante do ponto de vista da saúde pública (Durães et al., 2020). Nesse contexto, um estudo transversal realizado no Brasil, onde apenas indivíduos adultos foram avaliados, observou uma elevação em 5,8% no consumo de biscoitos, tortas e chocolates, 3,7% no consumo de salgadinhos e uma redução de 4,3% na ingestão de hortaliças, confabulando com um acréscimo no comportamento de risco para a saúde (Malta et al., 2020).

Consequências da alteração dos hábitos alimentares na saúde da população

Desde o isolamento social devido à pandemia da Covid-19, muitos têm se preocupado e buscado formas novas de se reinventar na luta constante pela reprodução das condições materiais de existência (Santos, 2020).

A educação alimentar e nutricional é capaz de promover mudanças na alimentação (hábitos alimentares) das pessoas, no estado nutricional a longo prazo, como redução de peso, IMC e perímetro abdominal (Bernardes e Marin-Leon, 2018; Zuccolotto e Pessa, 2018), ou ainda potencialidades para prevenção, tratamento da obesidade, evitar doenças crônicas não

transmissíveis e estimular a autonomia do indivíduo quanto à escolha adequada dos alimentos (Lima et al., 2019).

A obesidade e excesso de peso podem estar relacionados ao consumo de alimentos ultraprocessados e podem estar fortemente ligados a alterações cardiovasculares e coronarianos. O teor de micronutrientes neste tipo de alimento é bastante inferior ao encontrado em alimentos in natura, não chegando nem à metade da quantidade existente em alimentos naturais (Oliveira et al., 2021). Desafios físicos e psicológicos ocasionados por este excesso ponderal podem comprometer a qualidade de vida, saúde e bem-estar das pessoas (Amiri e Behnezhad, 2019). E mais, indivíduos com índice de massa corporal igual ou superior a 40 kg/m^2 têm maior probabilidade de desenvolverem severidade pela COVID-19 uma vez que a obesidade é um fator de risco agravante da doença (CDC, 2019).

A incerteza sobre a COVID-19 afeta não somente a saúde física dos indivíduos, mas também a saúde mental, especialmente as emoções e a cognição. Estudos correlacionam a alimentação disfuncional a estas respostas psicológicas e emocionais desencadeadas pela pandemia, prejudicando o comportamento pessoal (Li et al., 2020; Montemurro, 2020; Wang et al., 2020).

Mudanças no estilo de vida e estado de ânimo dos brasileiros no início do período pandêmico no país foram reportadas. Em um estudo transversal realizado com indivíduos adultos residentes no Brasil (n = 45.161) via formulário online, foram observados sentimentos de tristeza ou depressão em 35,5% dos entrevistados, ansiedade em 41,3% e sentimento de isolamento/solidão em 41,2%. O aumento no consumo de alimentos foi relatado por 17% dos participantes e 34% dos fumantes relataram aumento no número de cigarros. E ainda, houve o aumento do consumo de alimentos industrializados e redução da prática de atividade física no período estudado (abril a maio de 2020) (Malta et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A condição de isolamento social ocasionada pela pandemia por SARS-COV-2 impacta negativamente no comportamento alimentar, na saúde mental e física dos brasileiros. A maior procura por alimentos ultraprocessados e com baixo teor de micronutrientes associada à não realização de atividades físicas podem desencadear, a longo prazo, doenças crônicas relacionadas ao aumento de peso e sedentarismo. Isto pode levar a uma condição de insegurança alimentar na população, em que o hábito alimentar foi abruptamente modificado devido às circunstâncias de restrição social e/ou diminuição da renda bruta familiar, levando ao aumento no consumo de alimentos ricos em carboidratos e gorduras, sendo estes mais baratos e mais práticos do ponto de vista do preparo e aquisição. Daí, a importância de haver mais levantamentos como os realizados neste estudo, no intuito de contribuir com ações de orientação voltadas ao comportamento alimentar durante o período de pandemia causada

pelo COVID-19. O vírus ainda está circulando entre a população, portanto cabe a todos a conscientização, a manutenção dos cuidados preventivos ao contágio e a busca constante por informações acerca da manutenção da saúde física e mental.

AGRADECIMENTO

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e. Tecnológico) pelo fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. Z.; AHMED, O.; AIBAO, Z.; HANBIN, S.; SIYU, L.; AHMAD, A. Epidemic of COVID-19 in China and associated psychological problems. **Asian Journal** of **Psychiatry**, n. 51, jun., 2020.

AMIRI, S.; BEHNEZHAD, S. Obesity and anxiety symptoms: a systematic review and meta-analysis. **Neuropsychiatric,** v. 33, n. 2, p. 72-89, 2019.

ARORA, T.; GREY, T. Health behaviour changes during COVID 19 and de potential consequences: a mini review. **Journal of Health Psychology**, v. 25, n. 9, p. 1155-1163, 2020.

BERNARDES, M. S.; MARIN-LEON, L. Educação alimentar e nutricional de base grupal para o tratamento da obesidade em mulheres adultas utilizando a estratégia saúde da família. **Revista de Nutrição da PUC-Campinas**, v. 31, n. 1, p. 59-70, fev. 2018.

BICALHO, E.; VIEIRA, B. B. T. Avaliação do consumo alimentar durante o COVID-19. **JIM**, v. 1, n. 2, p. 29-41, 2020.

BRASIEL, P. A. The key role of zinc in elderly immunity: A possible approach in the COVID-19 crisis. **Clinical Nutrition**, ESPEN, n. 38, p. 65-66, jun., 2020.

BROOKS, S. K.; WEBSTER, R. K.; SMITH, L.; WOODLAND, L.; WESSELY, S.; GREENBERG, N.; RUBIN, G. J. The psychological impact of quarentine and how to reduce it: rapid review of the evidence. **Lancet**, v. 14(10227), p. 912-920, 2020.

CAO, Z.; ZHANG, Q.; LU, X.; PFEIFFER, D.; JIA, Z.; SONG, H.; ZENG, D. D. Estimating the effective reproduction number of the 2019-nCoV in China. **medRxiv**, p. 1-8, 2020.

CDC. Centers for Disease Control and Prevention. **Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Groups at Higher Risk for Severe Illness**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/need-extra-precautions/groups-at-higher-risk.html>. Acesso em: 10 jun. 2021.

CHEIKH ISMAIL, L.; OSAILI, T. M.; MOHAMAD, M. N.; AL MARZOUQI, A.; JARRAR, A. H.; ZAMPELAS, A.; HABIBI-MOURAD, C.; OMAR ABU JAMOUS, D.; ALI, H. I.; AL SABBAH, H.; HASAN, H.; ALMARZOOQI, L. M. R.; STOJANOVSKA. L.; HASHIM, M.; SHAKER OBAID, R. R.; ELFEKY, S.; SALEH, S. T.; SHAWAR, Z. A. M.; AL DHAHERI, A. S. Assessment of eating habits and lifestyle during the coronavirus 2019 pandemic in the Middle East and North Africa region: a cross-sectional study. **The British Journal of Nutrition**, p. 1-10, Nov. 2020.

CHU, I.Y-H.; ALAM, P.; LARSON, H. J.; LIN, L. Social consequences of mass quarantine during epidemics: a systematic review with implications for the COVID-19 response. **Journal of Travel Medicine**, v. 27, n. 7, 2020.

CIOTTI, M.; ANGELETTI, S.; MINIERI, M.; GIOVANNETTI, M.; BENVENUTO, D.; PASCARELLA, S.; SAGNELLI, C.; BIANCHI, M.; BERNARDINI, S.; CICCOZZI, M. COVID 19 Outbreak: An Overview. **Chemotherapy**, v. 64, n. 5-6, p. 215-223, 2019.

CUCATO, G. G.; SHUMATE, G.; RITTI-DIAS, R. M.; LUIZ, W. Impacto da permanência em casa e do isolamento social, em função da COVID-19, sobre o nível de atividade física e o comportamento sedentário em adultos brasileiros. **Einstein**, v. 19, p.1-6, 2021.

GARCÍA-ÁLVAREZ, L.; FUENTE-TOMÁS, L.; SÁIZ, P. A.; GARCÍA-PORTILLA, M. P.; BOBES, J. Will changes in alcohol and tobacco use be seen during the COVID-19 lockdown? **Adicciones**, v. 32, n. 2, p. 85-89, 2020.

JESUS, R. S.; SANTOS, P. P.; SOUSA, T. D.; OLIVEIRA, A.; AVELAR, K. E. S. Os desafios do governo brasileiro no enfrentamento da pandemia do coronavírus. **Revista Augustus**, v. 25, n. 51, 2020.

LI, S.; WANG, Y.; XUE, J.; ZHAO, N.; TINGSHAO, Z. The Impact of COVID-19 Epidemic Declaration on Psychological Consequences: A Study on Active Weibo Users**. International Journal of Environmental Research and Public Health**. v. 17, n. 6, março, 2020.

LIMA, G. F. S.; DEL PINTOR, C. R. L.; BENNEMANN, R. M. **Avaliação das técnicas de educação nutricional: Uma revisão sistemática**. Anais XI EPCC Encontro Internacional de Produção Científica, 2019. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3803>. Acesso em: 05 jun. 2021.

MALTA, D. C.; SZWARCWALD, C. L.; BARROS, M. B. A.; GOMES, C. S.; MACHADO, I. E.; SOUZA JÚNIOR, P. R. B.; ROMERO, D. E.; LIMA, M. G.; DAMACENA,

G. N.; PINA, M. F.; FREITAS, M. I. F.; WERNECK, A. O.; SILVA, D. R. P.; AZEVEDO, L. O.; GRACIE, R. A pandemia da COVID-19 e as mudanças no estilo de vida dos brasileiros adultos: um estudo transversal, 2020. **Epidemiologia e Serviços da Saúde**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 1-13, 2020.

MONTEMURRO, N. The emotional impact of COVID-19: from medical staff to common people. **Brain**, **Behavior** and **Immunity,** v. 87, n. 23-24, 2020.

OLIVEIRA, L. V.; ROLIM, A. C. P.; SILVA, G. F.; SANTOS, N. R.; ARAÚJO, L. C.; BRAGA, V. A. L.; COURA, A. G. L. Modificações dos hábitos alimentares relacionados à pandemia do COVID-19: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 8464-8477 mar./apr. 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. 2018. **Alimentos e bebidas ultraprocessados na América Latina: tendências, efeito na obesidade e implicações para políticas públicas**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde; 2018. Disponível em: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34918/9789275718643-por.pdf?sequence=5&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. 2020a. **OMS afirma que COVID -19 é agora caracterizada como pandemia**. Genebra. OMS, 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6120:oms-afirma-que-covid-19-e-agora-caracterizada-como-pandemia&Itemid=812>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. 2020b. **Folha informativa – COVID-19**. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875>. Acesso em: 13 jun. 2021.

PEÇANHA, T.; GOESSLER, K. F.; ROSCHEL, H.; GUALANO, B. Social isolation during the COVID-19 pandemic can increase physical inactivity and the global burden of cardiovascular disease. **American Journal of Physiology-Heart** and **Circulatory Physiology**, v. 318, n. 6, p. 1441-1446, 2020.

READ, J. M.; BRIDGEN, J. R. E.; CUMMINGS, D. A. T.; HO, A.; JEWELL, C. P. Novel coronavirus 2019-nCoV (COVID-19): early estimation of epidemiological parameters and epidemic size estimates. Philosophical. **Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 376, p.1-9, 2021.

SANTOS, C. S. Educação escolar no contexto da pandemia. **Gestão & Tecnologia**, v. 1, n. 30, p. 44-47, jan-jun, 2020.

SANTOS, M. S.; CARNEIRO, S. C. M.; AIRES, C. N.; CARVALHO, L. J. S.; COSTA, L. C. B. Transição nutricional na adolescência: uma abordagem dos últimos 10 anos. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, Ouro Fino-MG, v. 20, n. 20, p. 2-5, fev. 2019.

SAÚDE. **Painel Coronavírus no Brasil**. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SILVA FILHO, O. J.; GOMES JÚNIOR, N. N. O amanhã vai à mesa: abastecimento alimentar COVID-19. Espaço temático: COVID-19 – contribuições da saúde coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 5, 2020.

VENTURA, D. F. L.; AITH, F. M. A.; RACHED, D. H. A emergência do novo coronavírus e a "lei de quarentena" no Brasil. **Revista Direito e Práxis**, v. 12, n. 1, p. 1-38, 2021.

WANG, C.; PAN, R.; WAN, X.; TAN, Y.; XU, L.; HO, C. S.; HO, R. C. Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in China. **International Journal of Environmental Research** and **Public Health,** v. 17, n. 1729, 2020.

ZUCCOLOTTO, A. C. D. PESSA, R. P. Impacto de um programa de educação nutricional em adultos: antropometria e mudanças alimentares. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**. São Paulo. v. 12. n. 70. p. 253-264. Mar./Abril. 2018.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

SORO DE LEITE: NOVOS PRODUTOS E SUSTENTABILIDADE

MILK WHEY: NEW PRODUCTS AND SUSTAINABILITY

SOARES, Bruna C. V.[1]*; VENDRAMEL, Simone M. R.[1]; SOUZA, Simone L. Q.[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)
*Contato: bruna.soares@ifrj.edu.br

RESUMO

O soro de leite é um subproduto da fabricação de queijos, caseínas ou produtos lácteos similares que, por seu alto teor de lactose, proteínas e minerais, vem sendo cada vez mais explorado como matéria-prima no desenvolvimento de produtos novos. Visto que a má gestão do soro de leite traz uma problemática ambiental pelo grande volume produzido e pelo alto potencial poluidor, o avanço na pesquisa de alternativas para o seu uso é essencial para reduzir o desperdício deste valioso insumo. Este trabalho consiste em uma revisão narrativa da literatura com base em artigos de pesquisa que abordem o desenvolvimento de produtos com a utilização do subproduto soro de leite. De acordo com o estudo realizado, o investimento em pesquisa nessa área é responsável não só pela formulação de produtos alimentícios de ótima qualidade nutricional, mas também de produtos de alto valor agregado, como biopolímeros, corroborando para o crescimento e valorização da indústria de laticínios ao conciliar benefícios financeiros, de saúde pública e ambientais.

Palavras-chave: Soro de leite, descarte, desenvolvimento de novos produtos, indústria de laticínios, biopolímeros.

ABSTRACT

Milk whey is a by-product of the manufacture of cheese, casein or similar dairy products which, due to its high content of lactose, proteins and minerals, has been increasingly exploited as a raw material in the development of new products. Since the mismanagement of milk whey brings an environmental problem due to the large volume produced and the high polluting potential, the advance in the search for alternatives for its use is essential to reduce the waste of this valuable material. This work consists of a narrative literature review based on research articles that addressed the topic of product development with the use of milk whey. According to the study carried out, investment in research in this area is responsible not only for making excellent nutritional quality food products, but also on products with high added value, such as biopolymers, contributing to the growth and appreciation of the dairy industry by bridging financial, public health and environmental benefits.

Keywords: Milk whey, discard, new product development, dairy industry, biopolymers.

INTRODUÇÃO

O processo de coagulação do leite para a fabricação de queijos, caseínas ou produtos lácteos similares gera um subproduto de extrema importância na indústria de laticínios: o soro de leite. A relevância do soro de leite se dá por diversos fatores, a começar pelo grande volume gerado na fabricação dos produtos lácteos, chegando a 90% do volume total de leite que se utiliza nos processos (ORDÓÑEZ et al., 2005; FLINOIS et al., 2019). Além disso, tal subproduto possui alta qualidade nutricional, detendo até 50% dos nutrientes originalmente presentes no leite (PANESAR et al., 2007; ROHLFES et al., 2011; FLINOIS et al., 2019). Por fim, o soro de leite destaca-se entre os poluentes ambientais mais severos e de difícil tratamento (GARAY et al., 2021).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite (BRASIL, 2013), soro de leite líquido possui aspecto opaco, apresentando coloração verde amarelada, podendo ser classificado quanto à acidez, tratamento térmico, concentração ou teor de sais minerais. A classificação mais comum leva em consideração a acidez do soro de leite, que varia de acordo com o processo industrial de coagulação (CARVALHO et al., 2013). A produção de queijos duros (coagulados com coalho, como o cheddar) resulta em soro de leite doce, com um pH em torno de 5,8 e elevado teor de proteína, com limitada concentração de sais minerais. Já na fabricação de queijos frescos e de iogurtes coados (coagulados com ácido, como a ricota e o iogurte grego) produz-se o soro de leite ácido, com um pH mais baixo entre 3,5 e 5, reduzido teor de proteína e maior teor de cinzas (FLINOIS et al., 2019).

A composição rica em água, lactose, proteínas e minerais do soro de leite é variável, dependendo não só do produto e processo de fabricação, mas também da fonte de leite utilizada (bovino, caprino, ovino, entre outros) (ROHLFES et al., 2011; LI et al., 2020). Os valores médios de pH e composição do soro de leite doce e ácido podem ser observados na Tabela 01.

Tabela 01: Valores médios de pH e composição de soro de leite doce e soro de leite ácido.

	Soro de leite doce	**Soro de leite ácido**
pH	6,5	< 5,0
Sólidos Totais (%)	6,4	6,20
Proteína (%)	0,80	0,75
Gordura (%)	0,50	0,04
Lactose (%)	4,60	4,20
Cinza (%)	0,50	0,40
Ácido lático (%)	0,05	0,40
Fósforo (%)	0,04	0,06
Cálcio (%)	0,05	0,13
Potássio (%)	0,15	0,15
Sódio (%)	0,05	0,05
Cloretos (%)	0,22	0,22

Fonte: Adaptado de PANESAR et al.; 2007 e ROHLFES et al., 2011.

A excelente qualidade nutricional do soro de leite permite uma ampla utilização como insumo na sua forma *in natura*, tanto na complementação da alimentação animal quanto em preparações lácteas para consumo humano (TRINDADE et al., 2019). Porém, uma forma de agregar valor a este ingrediente é o processamento, que pode se dar pela produção de soro de leite concentrado, soro de leite em pó, nutrientes fracionados e purificados, como α-lactoalbumina, β-lactoglobulina, lactose e sais (KUMAR et al., 2013). Avançando no campo do bioprocessamento, componentes como o açúcar residual, minerais e compostos nitrogenados do soro de leite podem configurar excelente substrato alternativo na produção de bioprodutos por microrganismos, como etanol, proteína unicelular, ácido láctico, butanol e β-galactosidase (MURARI et al., 2019).

Ainda que este subproduto apresente tantas possibilidades de utilização, muitos produtores ainda consideram o soro de leite como sendo um rejeito. Uma das dificuldades no aproveitamento desse subproduto é a sua alta perecibilidade, facilitando a rápida proliferação de bactérias e fungos (PANESAR et al., 2007). Torna-se necessário para a maior conservação do soro investimentos em refrigeração e tecnologias de processamento para redução do teor de água, como o uso de membranas, concentração a vácuo, secagem por atomização, cristalização, eletrodiálise, entre outras, tornando o processo mais custoso (HOMEM, 2004; ROHLFES et al., 2011).

De acordo com Li et al. (2020), a produção mundial de soro de leite ultrapassa 115 milhões de toneladas ao ano, aumentando anualmente de 1 a 2%. O crescimento da indústria de laticínios e o aumento da procura por alimentos como iogurte grego e queijo cottage também estão relacionados ao aumento da produção de soro de leite (ROCHA-MENDOZA et al., 2020). No Brasil, em 2018 a fabricação de queijo utilizou 8.310 milhões de litros de leite inspecionado (EMBRAPA, 2019), indicando a geração aproximada de 7 milhões de litros de soro de leite (valor estimado pela produção nacional de queijos no ano de 2018). De acordo com dados de importação, no ano de 2017 o país adquiriu 23.581 toneladas de soro de leite em pó (EMBRAPA, 2018), comprovando a necessidade deste insumo na indústria alimentícia brasileira. Em pesquisa de Trindade et al. (2019), 60% dos laticínios brasileiros avaliados tinham total aproveitamento do soro de leite doce produzido, enquanto 27% ainda realizavam o descarte em sistema de tratamento de efluentes ou a doação deste para fins de alimentação animal. Por todos os motivos já citados, o soro de leite caracteriza-se como sendo um subproduto valioso, entretanto, ainda existe o descarte deste como resíduo. O desperdício de matéria-prima não é o único problema observado nesta prática (WANG e SERVENTI, 2019), uma vez que o impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado do soro de leite é capaz de gerar danos em diferentes áreas, tanto pela disposição deste poluente em solo ou em corpos hídricos.

Ao ser descartado no solo, podem ocorrer mudanças nas características do meio devido ao excesso de sódio, alteração da microbiota nativa, entre outros prejuízos (AHMAD *et al.*,

2019). A prática de irrigação do solo com soro de leite *in natura* é frequente, porém, pode estar relacionada ao desenvolvimento de resistência microbiana e contaminação por bactérias resistentes dos alimentos cultivados (SNIEGOCKI et al, 2015; CABIZZA et al., 2017). Apesar de constituir um estímulo ao crescimento de plantas e à fixação de nitrogênio através da atividade rizobiana, também melhorando a estrutura do solo aumentando a eficiência na retenção de água (ERMAN et al., 2011), a prática pode ser nociva à saúde pública quando há presença de resíduos de antibióticos no soro de leite.

A carência de investimento em processos tecnológicos adequados ao reaproveitamento do soro de leite em indústrias de laticínios é evidenciada pelo frequente descarte deste subproduto como efluente (WANG e SERVENTI, 2019). O tratamento desse tipo de efluente é composto de várias etapas, visando adequar o resíduo descartado aos parâmetros de lançamento determinados pela legislação.

Os métodos utilizados no tratamento de efluentes são, em sua maioria, de natureza físico-química e biológica e, apesar de eficientes, originam problemas secundários, como a geração de lodo contaminado com produtos químicos, alto consumo energético, necessidade de grande área para a construção da planta de tratamento (TCHAMANGO et al., 2009; LOLOEI et al., 2014). Segundo estudos em estações de tratamento de efluentes existentes, é possível constatar que, mesmo após o tratamento, esse tipo de efluente frequentemente apresenta altos níveis de poluentes, revelando o quanto a obtenção de melhorias nesse processo é algo custoso devido à complexidade e heterogeneidade que estes efluentes possuem (FIGUEIREDO et al., 2015; JUSTINA et al., 2017; SILVA et al., 2018).

A formação de biogás a partir da depuração de matéria orgânica do efluente rico em soro de leite pelo uso de sistemas anaeróbios também é uma opção explorada, uma vez que há formação de gases metano e hidrogênio nesse tipo de digestão. Entretanto, a operação se torna complexa devido ao alto teor de sódio do soro de leite e a predominância de lactose como fonte de matéria orgânica, conferindo condições rigorosas para os microrganismos atuantes nesta etapa (CARVALHO *et al.*, 2013; LOVATO *et al.*, 2018).

A utilização de soro de leite em formulações de alimentos aproveita os múltiplos nutrientes e propriedades funcionais deste insumo. O consumo de soro de leite traz benefícios como melhora da integridade e motilidade intestinal, fortalecimento do sistema imunológico, sistema cardiovascular, melhora do desempenho cardiorrespiratório e participação no aumento do rendimento esportivo, possuindo também propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antivirais e antitumorais, tanto no consumo deste individualmente quanto como parte de alimentos biofuncionais (VESKOUKIS et al., 2020; GARAY et al., 2021).

Diante dos dados apresentados, é indiscutível a importância do investimento no reaproveitamento do soro de leite em indústrias de laticínios visando não só ganhos financeiros, mas também benefícios relativos à saúde pública e ambiental. O desenvolvimento de novos

produtos a base de soro de leite, assunto explorado neste trabalho, entra nesse cenário como uma forma de ampliar a utilização deste insumo, dando alternativas viáveis a laticínios de diferentes portes, bem como a outros setores industriais.

METODOLOGIA

Realização de revisão narrativa de literatura com base em artigos de pesquisa acessados por meio da base de dados ScienceDirect, publicados entre 2019 a 2021. Foram selecionados artigos que abordassem o tema desenvolvimento de produtos (alimentícios ou não) com a utilização do subproduto soro de leite.

DESENVOLVIMENTO

O uso do soro de leite como ingrediente *in natura* é a forma mais prática de aproveitamento deste insumo, evitando gastos com operações unitárias para o processamento e transporte, porém, o sabor conferido pode ser uma barreira por apresentar, na maioria das vezes, sabor ácido e salgado (FLINOIS et al., 2019). Na Tabela 02 são apresentados alguns produtos desenvolvidos para esse fim e sua aceitação sensorial.

Tabela 02: Produtos alimentícios desenvolvidos a partir de soro de leite.

Produto Alimentício	Origem	Teor de soro de leite	Aceitação sensorial	Fonte
Leite fermentado fabricado pela mistura de leite de ovelha e soro de leite	Ovino	≤ 70%	Boa	Tribst et al., 2020
Bebida probiótica fermentada usando soro de leite de coalhada de leite e suco de abacaxi	Bovino	25%	Boa	Islam et al., 2021
Molho Ranch com soro de leite em substituição ao leitelho	Bovino	48%	Razoável	Fillinois et al., 2020
Bebida láctea fortificada com proteínas a base de soro de leite de cabra	Caprino	70%	Boa	Garay et al., 2021

Fonte: Tribst et al., 2020; Islam et al., 2021; Fillinois et al., 2020; Garay et al., 2021.

No trabalho de Tribst et al. (2020) foi avaliada a possibilidade de produção de um leite fermentado fabricado pela mistura de leite de ovelha e soro de leite em diferentes concentrações. A porcentagem de soro de leite utilizada foi capaz de influenciar no tempo de fermentação, na força do gel, no teor de ácido e na coloração do produto. A melhor combinação entre aceitação do consumidor e boa estabilidade da suspensão coloidal foi verificada em amostras contendo até 70% de soro de leite, sendo que a utilização de maior porcentagem de soro na formulação não teve boa aceitação.

O desenvolvimento de uma bebida probiótica fermentada usando soro de leite de Chhana (coalhada de leite) e suco de abacaxi foi realizado por Islam et al. (2021). Esse produto foi fabricado com variação da porcentagem da mistura entre o soro de leite e o suco de abacaxi, sendo adicionado açúcar e cultura de probióticos *Lactobacillus acidophilus* com fermentação

de 5 horas a 37°C. A melhor aceitação sensorial ocorreu com a mistura de 25% de soro de leite e 75% de suco de abacaxi, também com prazo de validade satisfatório e boa capacidade de sobrevivência das células da cultura probiótica.

Fillinois et al. (2020) desenvolveram um molho do tipo ranch promovendo a substituição do ingrediente leitelho por soro de leite ácido proveniente da fabricação de iogurte grego. A formulação de 48% de soro de leite foi capaz de produzir um molho de sabor e textura parecidos com o original, porém, a pasteurização provocou escurecimento do produto devido à reação de Maillard e, consequentemente, menor aceitação sensorial do consumidor.

Já no trabalho de Garay et al. (2021), uma bebida láctea fortificada com proteínas foi produzida a partir de soro de leite de cabra, procurando atender um nicho de consumo formado por atletas. A formulação, que utilizou como principais constituintes 70% de soro de leite de cabra, 5% de açúcar, 25% de polpa de pêssego e foi fortificada com concentrado de proteína do leite, apresentou características nutricionais, sensoriais, microbiológicas e de estabilidade de armazenamento adequadas, bem como aceitabilidade superior a 90%.

Além das abordagens tradicionais investigadas, visando a formulação de produtos alimentícios, a utilização de soro de leite como substrato em outros processos industriais é capaz de gerar produtos de elevado valor agregado e não se submete aos hábitos de consumo da população (LI *et al.,* 2020).

No estudo de Di Martino et al. (2021), a proteína do soro de leite foi aplicada em formulações de hidrogéis para o desenvolvimento de um condicionador de solo com liberação sustentada de fertilizante à base de ureia. Tal combinação de hidrogéis e fertilizantes é utilizada com o objetivo de diminuir o uso de fertilizantes e reduzir o impacto ambiental.

Segundo Li et al. (2020) a bioconversão de soro de leite em um heteroexopolissacarídeo utilizando uma cepa de *Lactobacillus plantarum* é um método alternativo para o manejo deste subproduto, reduzindo assim seu impacto no meio ambiente. A lactose presente no soro de leite é o insumo para a produção de heteroexopolissacarídeo com propriedades termoestáveis e altamente carregadas negativamente, podendo ser utilizado para espessamento, biorremediação e estabilização de nanomateriais.

A combinação de amido com soro de leite no melhoramento de propriedades de polímeros biodegradáveis é uma alternativa vantajosa graças às várias cadeias laterais hidrofóbicas contidas nas moléculas de proteína do soro de leite, podendo reduzir a hidrofilicidade, melhorar a estabilidade e as propriedades de barreira dos filmes de amido (SANCHES et al., 2021). Ao aplicar extrato de couve roxa e soro de leite doce na fabricação de filmes de amido, utilizando como embalagem para carne moída, Saches et al. (2021) mostrou que foi possível a produção de uma embalagem ativa e que também melhora a conservação do produto.

Chalermthai et al. (2019) realizaram o estudo de análise do ciclo de vida de um produto plástico derivado da proteína do soro de leite, obtido a partir de copolimerização de radical

livre com copolímero denominado metacrilato de poli(etileno glicol) metil eter (PEGMA). Analisando os impactos ambientais desde a extração da matéria-prima até a saída do produto final na porta da fábrica, o bioplástico apresentou menor potencial de aquecimento global e toxicidade de água doce e do mar, quando comparado a outros plásticos convencionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O soro de leite ainda caracteriza um desafio para a indústria de alimentos, devido ao elevado volume produzido e potencial poluidor. No entanto, graças à sua composição rica em lactose, proteínas e minerais, detém imenso potencial para desenvolvimento de novos produtos. É comprovado que a má gestão deste subproduto gera impactos não só ambientais, mas também perdas econômicas que vão além do setor de laticínios. O avanço nos estudos para a criação de novas formas de utilização de soro de leite tem mostrado que as possibilidades de novos produtos só aumentam, tanto na indústria de alimentos como na indústria de biopolímeros. Dessa forma, se torna cada vez mais inadequado o desperdício deste valioso insumo quando destinado à irrigação de solo, alimentação animal e, principalmente, ao descarte como resíduo. Portanto, o investimento em pesquisa e tecnologia se faz extremamente necessário para o crescimento e valorização da indústria de laticínios, aliando benefícios financeiros, de saúde pública e ambientais.

REFERÊNCIAS

AHMAD, T.; AADIL, R. M.; AHMED, H.; RAHMAN, U.; SOARES, B. C. V.; SOUZA, S. L. Q.; PIMENTEL, T. C.; SCUDINO, H.; GUIMARÃES, J. T.; ESMERINO, E. A. CRUZ, A. G. Treatment and utilization of dairy industrial waste: a review. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 88, p. 361-372, jun. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.003.

BRASIL. (2013). Instrução Normativa N° 53 do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, de 25 de agosto de 2013. **Cria o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2013.

CABIZZA, R.; RUBATTU, N.; SALIS, S.; PES, M.; COMUNIAN, R.; PABA, A.; ADDIS, M.; TESTA, M. C.; URGEGHE, P. P. Transfer of oxytetracycline from ovine spiked milk to whey and cheese. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 70, p. 12-17, jul. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.12.002.

CARVALHO, F.; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. Cheese whey wastewater: characterization and treatment. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 445-446, p. 385-396, fev. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv . 2012.12.038.

CHALERMTHAI, B.; GIWA, A.; SCHMIDT, J. E.; TAHER, H. Life cycle assessment of bioplastic production from whey protein obtained from dairy residues. **Bioresource Technology Reports**, [S.L.], v. 15, p. 100695, set. 2021.

DI MARTINO, A.; KHAN, Y. A.; DURPEKOVA, S.; SEDLARIK, V.; ELICH, O.; CECHMANKOVA, J. Ecofriendly renewable hydrogels based on whey protein and for slow release of fertilizers and soil conditioning. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 285, p. 124848, fev. 2021.

EMBRAPA. **ANUÁRIO leite 2018.** São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2018.

_____. **ANUÁRIO leite 2019.** São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2019.

ERMAN, M.; DEMIR, S.; OCAK, E.; TÜFENKÇI, Ş.; OğUZ, F.; AKKÖPRÜ, A. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (Cicer arietinum L.) under irrigated and rainfed conditions 1 - Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. **Field Crops Research**, [S.L.], v. 122, n. 1, p. 14-24, abr. 2011.

FIGUEIREDO, T. C. F.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, R. B.; ALVES, S. M. C.; SANTOS, A. P. B. Caracterização físico-química dos efluentes de uma indústria de laticínios. **Anais do 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 599-609, nov. 2015.

FLINOIS, J. C.; DANDO, R.; PADILLA-ZAKOUR, O. I. Effects of replacing buttermilk with yogurt acid whey in ranch dressing. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 102, n. 9, p. 7874-7883, set. 2019.

GARAY, P. A.; VILLALVA, F. J.; PAZ, N. F.; OLIVEIRA, E. G.; IBARGUREN, C.; ALCOCER, Jimena Cecilia; CURTI, Carolina Antonela; RAMÓN, Adriana Noemí. Formulation of a protein fortified drink based on goat milk whey for athletes. **Small Ruminant Research**, [S.L.], v. 201, p. 106418, ago. 2021.

HOMEM, G. R. (2004). **Avaliação técnico-econômica e análise locacional de unidade processadora de soro de queijo em Minas Gerais.** 2004. 253 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

ISLAM, M. Z.; TABASSUM, S.; HARUN-UR-RASHID, M.; VEGARUD, G. E.; ALAM, M. S.; ISLAM, M. A. Development of probiotic beverage using whey and pineapple (Ananas comosus) juice: sensory and physico-chemical properties and probiotic survivability during in-vitro gastrointestinal digestion. **Journal Of Agriculture And Food Research**, [S.L.], v. 4, p. 100144, jun. 2021.

JUSTINA, M. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. Tecnologias empregadas no tratamento de efluentes de laticínios do vale do Rio Braço do Norte - SC. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, p. 809-824, 2017.

KUMAR, P.; SHARMA, N.; RANJAN, R.; KUMAR, S.; BHAT, Z. F.; JEONG, D. K. Perspective of Membrane Technology in Dairy Industry: A Review. **Asian-australasian Journal Of Animal Sciences,** v. 26, n. 9, p. 1347-1358, 2013.

LI, C.; DING, J.; CHEN, D.; SHI, Z.; WANG, L. Bioconversion of cheese whey into a hetero-exopolysac-

charide via a one-step bioprocess and its applications. **Biochemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 161, p. 107701, set. 2020.

LOLOEI, M.; ALIDADI, H.; NEKONAM, G.; KOR, Y. Study of the coagulation process in wastewater treatment of dairy industries. **International Journal of Environmental Health Engineering**, v. 3, n. 1, p. 12-12, 2014.

LOVATO, G.; ALBANEZ, R.; STRACIERI, L.; RUGGERO, L. S.; RATUSZNEI, S. M.; RODRIGUES, José Alberto Domingues. Hydrogen production by co-digesting cheese whey and glycerin in an AnSBBR: temperature effect. **Biochemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 138, p. 81-90, out. 2018.

MURARI, C. S.; MACHADO, W. R. C.; SCHUINA, G. L.; BIANCHI, V. L. del. Optimization of bioethanol production from cheese whey using Kluyveromyces marxianus URM 7404. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, [S.L.], v. 20, p. 101182, jul. 2019.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. Nata, manteiga e outros derivados lácteos. *In:* Ordóñez, J. A (Eds.), **Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal** (Capítulo 6). Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2005.

PANESAR, P.; KENNEDY, J.; GANDHI, D.; BUNKO, K. Bioutilisation of whey for lactic acid production. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 105, n. 1, p. 1-14, 2007.

ROCHA-MENDOZA, D.; KOSMERL, E.; KRENTZ, A.; ZHANG, L.; BADIGER, S.; MIYAGUSUKU-CRUZADO, G.; MAYTA-APAZA, A.; GIUSTI, M.; JIMÉNEZ-FLORES, R.; GARCÍA-CANO, I.. Invited review: acid whey trends and health benefits. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 104, n. 2, p. 1262-1275, fev. 2021.

ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; OLIVEIRA, M. S. R.; MARQUARDT, L.; RICHRDS, M. S. P. S. Indústrias lácteas: Alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. **Tecno-Lógica,** v. 15, n. 2, p. 79-83, 2011.

SANCHES, M. A. R.; CAMELO-SILVA, C.; CARVALHO, C. S.; MELLO, J. R.; BARROSO, N. G.; BARROS, E. L. S.; SILVA, P. P.; PERTUZATTI, P. B. Active packaging with starch, red cabbage extract and sweet whey: characterization and application in meat. **Lwt**, [S.L.], v. 135, p. 110275, jan. 2021.

SILVA, R. R.; SIQUEIRA, E. Q.; NOGUEIRA, I. S. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 217-228, mar. 2018.

SNIEGOCKI, T.; GBYLIK-SIKORSKA, M.; POSYNIAK, A. Transfer of chloramphenicol from milk to commercial dairy products – Experimental proof. **Food Control**, [S.L.], v. 57, p. 411-418, nov. 2015.

TCHAMANGO, S.; NANSEU-NJIKI, C. P.; NGAMENI, E.; HADJIEV, D.; DARCHEN, A. Treatment of dairy effluents by electrocoagulation using aluminium electrodes. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 408, n. 4, p. 947-952, jan. 2010.

TRIBST, A. A. L.; FALCADE, L. T. P.; CARVALHO, N. S.; LEITE JÚNIOR, B. R. C.; OLIVEIRA, M. M. Manufacture of a fermented dairy product using whey from sheep's milk cheese: an alternative to using the main by-product of sheep's milk cheese production in small farms. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 111, p. 104833, dez. 2020.

TRINDADE, M. B.; SOARES, B. C. V.; SCUDINO, H.; GUIMARÃES, J. T.; ESMERINO, E. A.; FREITAS, M. Q.; PIMENTEL, T. C.; SILVA, M. C.; SOUZA, S. L. Q.; ALMADA, R. B. CRUZ A. G. Cheese whey exploitation in Brazil: a questionnaire survey. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 788-791, set. 2019.

VESKOUKIS, A. S.; KERASIOTI, E.; SKAPERDA, Z.; PAPAPOSTOLOU, P. A.; NEPKA, C.; SPANDIDOS, D. A.; ASPRODINI, E.; TAITZOGLOU, I.; KOURETAS, D. Whey protein boosts the antioxidant profile of rats by enhancing the activities of crucial antioxidant enzymes in a tissue-specific manner. **Food And Chemical Toxicology**, [S.L.], v. 142, p. 111508, ago. 2020.

WANG, Y.; SERVENTI, L. Sustainability of dairy and soy processing: A review on wastewater recycling. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 237, p.1-8, nov. 2019.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

STAPHYLOCOCCUS COAGULASE POSITIVA EM LEITE PASTEURIZADO: uma revisão

POSITIVE STAPHYLOCOCCUS COAGULASE IN PASTEURIZED MILK: a review

GUIMARÃES, Lívia Pereira[1]*; BARBOSA, Bárbara Cardoso Pereira[2]; RAGHIANTE, Fernanda[3]; SANTOS, Elaine Alves dos[4]

[1]Técnico em Alimentos/IFTM – Campus Uberlândia; [2]Especialização em Controle de Qualidade de Processos Alimentícios/IFTM – Campus Uberlândia; [3]Doutorado em Inspeção Sanitária de alimentos/IFTM – Campus Uberlândia; [4]Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. *Contato: livinhalynch@gmail.com

RESUMO

As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's) são causadas pela ingestão de alimentos e/ou água contaminados por microrganismos patogênicos, toxinas ou substâncias químicas. Um importante agente envolvido em surtos de DTA's, *Staphylococcus* coagulase positiva, que pode ser veiculado através de diversas formas de contaminação e é um dos agentes etiológicos frequentemente encontrados e isolados na ocorrência de surtos de DTA's. O presente trabalho reiterou que há múltiplas formas de contaminação possíveis na cadeia produtiva de leite e derivados e essa pode ocorrer em diversas etapas. A começar pelo animal como fonte inicial de contaminação através do desenvolvimento de mastite clínica ou subclínica, até o manipulador como uma forma de contaminação sendo um portador assintomático. As características do microrganismo *Staphylococcus* coagulase positiva reforça a importância do controle da contaminação em todas as etapas do processo produtivo, uma vez que, a partir da ocorrência da contaminação em qualquer momento da produção a eliminação da propagação do microrganismo e suas toxinas e possíveis riscos à saúde pública são de difícil eliminação.

Palavras-chave: Leite pasteurizado, contaminação, DTA's.

ABSTRACT

Foodborne Diseases (FSD's) are caused by ingesting food and/or water contaminated by pathogenic microorganisms, toxins or chemicals. An important corrective agent in DTA's outbreaks, coagulase-positive Staphylococcus, which can be transmitted through various forms of contamination and is one of the etiological agents frequently found in cases of DTA's outbreaks. The present work reiterated that there are multiple possible forms of contamination in the production chain of milk and dairy products and this can occur in different stages. Starting with the animal as an initial source of contamination through the development of clinical or subclinical mastitis, until the handler as a form of contamination being an asymptomatic carrier. The characteristics of the Staphylococcus coagulase positive microorganism reinforce the importance of controlling contamination at all stages of the production process, since from the occurrence of contamination at any time of production, the elimination of the spread of the microorganism and its toxins and possible public health risks are of restriction.

Keywords: Pasteurized milk, contamination, FSD's

INTRODUÇÃO

O leite deve ser um produto obtido de ordenhas em condições apropriadas, podendo ser de vacas ou de outros animais leiteiros (BRASIL, 2017a). Segundo Amâncio et al. (2015), pode-se compreender que o leite é uma excreção esbranquiçada que serve de alimentação para os animais e possui um alto valor nutritivo, com a presença de cálcio, vitamina A, magnésio, potássio e outros constituintes, tornando-o um alimento importante para o suprimento nutricional de diversos organismos.

A produção leiteira no Brasil é comumente praticada em todas as regiões. A nível mundial, o Brasil se configura como o quinto maior produtor, no entanto, em termos de qualidade existe certa deficiência, que na maioria das vezes está relacionada a alta carga microbiana no leite enquanto matéria-prima (GOMES LOPES et al., 2018).

A pesquisa de estafilococos em alimentos é uma prática importantíssima do ponto de vista sanitário, quando se estabelecem padrões de qualidade higiênica e também pela capacidade das diferentes espécies de *Staphylococcus* produzirem enterotoxinas passíveis de provocar gastroenterites nos seres humanos com ou sem diarreia (DINGES, ORWIN, SCHLIEVERT, 2000), caracterizando-se como intoxicação alimentar, quando da ingesta de toxinas pré-formadas no alimento durante a multiplicação do microrganismo (PIZZOLITO et al., 2007), ou toxinfecção, resultante da ingestão de alimentos contaminados com o patógeno, que produz ou libera toxinas após ingeridos (MALACRIDA et al., 2017).

Das 32 espécies de *Staphylococcus* descritas, cinco são capazes de produzir a enzima extracelular coagulase. Por isso, são classificadas como coagulase positivas e consideradas patogênicas, uma vez que podem produzir toxina estafilocócica (SANTANA et al., 2010).

Os manipuladores de alimentos que são portadores assintomáticos transportam *S. aureus* em seu microbioma e podem contaminar os alimentos (CRAGO et al., 2012) indicando que a própria pele dos manipuladores de alimentos pode acabar sendo veículo de disseminação do microrganismo. Outra forma de contaminação do leite com este microrganismo pode ser causada pela ordenha de animais com infecções intramamárias (mastite subclínica) (KÜMMEL et al., 2016), e do meio ambiente, como resultado de más condições de higiene durante a ordenha e ausência de adoção de Boas Práticas (DITTMANN et al., 2017).

O tratamento térmico do leite é um importante procedimento realizado na rotina dos laticínios, destacando-se à pasteurização, que de acordo com a legislação, consiste em submeter este alimento a uma temperatura de 72° a 75°C durante 15 a 20 segundos, seguido de resfriamento imediato, até atingir temperatura igual ou inferior a 4°C. (ATAÍDE et al., 2008; BRASIL, 2011). Porém, se a qualidade sanitária relacionada ao número de microrganismos patogênicos presentes no leite, especificamente o *Staphylococcus* coagulase positiva, estiver níveis maiores que 10^6 (SILVA, 2010), estes por sua vez produzirão toxinas resistentes às temperaturas adotadas nos procedimentos de pasteurização.

A intoxicação alimentar estafilocócica depende de um único tipo de fator de virulência, responsável pela produção de enterotoxinas estafilocócicas por cepas de *S. aureus*, pré-formadas nos alimentos e estáveis ao calor (LE LOIR, BARON e GAUTIER, 2003).

Embora a Instrução Normativa n° 60 (BRASIL, 2019) não preconize análise de *Staphylococcus* coagulase positiva em leite pasteurizado, existem riscos no consumo deste alimento, relacionados a presença de espécies produtoras de toxinas termoestáveis decorrentes de matéria-prima obtida de forma inadequada do ponto de vista higiênico-sanitário e de ausência de controle relacionado à sanidade do rebanho leiteiro.

Este trabalho objetiva, através de uma revisão literária, avaliar as condições higiênico-sanitárias de leite pasteurizado e suas implicações em surtos de doenças transmitidas por alimentos.

METODOLOGIA

O presente trabalho constitui uma revisão bibliográfica, de caráter analítico acerca da presença de *Staphylococcus* coagulase positiva em leite pasteurizado e derivados lácteos, fatores predisponentes, suas consequências produzidas na indústria e os possíveis efeitos aos consumidores.

A seleção de artigos e coleta de dados foi realizada no período compreendido entre o mês de abril e julho de 2021. Para fundamentação teórica foram utilizadas além da legislação brasileira, principalmente as seguintes bases de pesquisa: Scielo, Pubvet, Revista de Ciências Agroveterinárias, ERIC e Portal de periódicos CAPES.

DESENVOLVIMENTO

Doenças transmitidas por alimentos

As doenças transmitidas por alimentos, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) são aquelas de natureza infecciosa ou tóxica causadas pela ingestão de alimentos ou água contaminados por agentes biológicos, químicos e físicos, representando um risco à saúde do consumidor (BRASIL, 2010).

As DTA's podem acabar por originar a ocorrência de surtos. Segundo o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), um surto de DTA é o episódio em que duas ou mais pessoas apresentam doença semelhante após ingerirem alimentos de mesma origem (CDC, 2000). Dentre os sintomas comumente relacionados às DTA's os principais relatos são de náusea, dor estomacal, vômitos, diarreia e ocasionalmente, febre. A sintomatologia e sua duração podem variar de acordo com o agente etiológico envolvido e até mesmo o estado imunológico do paciente, com duração de sintomas variando entre poucas horas ou até cinco dias. A patogenicidade do microrganismo envolvido pode ocasionar casos mais graves e duradouros que

por sua vez apresentam sintomatologia mais severa, que inclui desidratação grave, diarreia sanguinolenta, insuficiência renal aguda e insuficiência respiratória (FORSYTHE, 2010).

As DTA's têm papel de grande importância na veiculação e disseminação de diversos microrganismos patogênicos, dentre eles o *Staphylococcus* coagulase positiva. As Enterotoxinas Estafilocócicas (SE) são uns dos principais agentes de intoxicação bacteriana e é comumente correlacionada a diversos surtos de doenças transmitidas por alimentos (CLINVER, 1994).

Um fator complicador no aumento da ocorrência das DTA's constitui o fato de que os alimentos contaminados por microrganismos patogênicos de forma geral, possuem a aparência relativamente normal, as características sensoriais como sabor e odor pouco ou nem sequer se alteram devido a contaminação. Essa característica dificulta ainda mais a identificação por parte do consumidor de que aquele alimento está impróprio para consumo. Isto dificulta também a rastreabilidade dos alimentos responsáveis quando ocorrem as toxinfecções (FORSYTHE, 2000).

O *Staphylococcus aureus* ocupa o terceiro lugar no ranking dos principais agentes etiológicos causadores por surtos de DTA's, atrás somente de *Escherichia coli* e *Samonella* spp (BRASIL, 2017b).

Características *Staphylococcus* coagulase positiva

O gênero *Staphylococcus* pertence à família *Staphylococcaceae*. As espécies deste gênero são classificadas em dois grandes grupos de acordo com a capacidade de sintetizar a enzima coagulase. O primeiro é conhecido como coagulase positiva e tem como principal representante o *Staphylococcus aureus*, o qual é associado a surtos de intoxicação alimentar, devido à capacidade de várias cepas produzirem enterotoxinas. O segundo grupo é conhecido como *Staphylococcus* coagulase negativa, ou seja, não sintetizam a enzima coagulase. A principal espécie é o *Staphylococcus epidermidis* (SOUSA et al., 2012; SILVA, 2010).

As principais características do ponto de vista microbiológico do *Staphylococcus aureus* permitem classificá-lo como um coco Gram-positivo, anaeróbio facultativo, coagulase-positivo, catalase-positivo e oxidase-negativo. Algumas cepas quando presentes na ordem de 10^6 UFC/g ou ml de alimento produzem ainda uma enterotoxina termoestável, que pode ser classificada em A, B, C1, C2, C3, D e E (GERMANO; GERMANO, 2001; SILVA, 2010).

O *Staphylococcus aureus* pode ser caracterizado também como sendo β - hemolíticos, maltose e manitol positivos e formadores de colônias pigmentadas. É classificado como um microrganismo mesófilo, entretanto, pode manifestar crescimento entre 7ºC e 47,8ºC (JAY, 1994). Já as enterotoxinas estafilocócicas, de outra forma, são produzidas entre 10ºC e 46ºC (SMITH et al., 1983).

Podem demonstrar polimorfismo, o que dificulta ainda mais o controle das infecções no rebanho leiteiro, uma vez que afeta intimamente o sistema imunológico animal e consequentemente a predisposição ao desenvolvimento de infecções (ZECCONI; HAHN, 2000).

Devido a sua capacidade de resistência à ação das enzimas proteolíticas do sistema digestivo, as enterotoxinas estafilocócicas permanecem ativas mesmo após a ingestão. São caracterizadas ainda pelo seu baixo peso molecular e por serem hidrossolúveis (OMOE et al., 2005).

Dentre os *Staphylococcus* enterotoxigênicos, tais como *Staphylococcus hyicus*, *Staphylococcus intermedius*, o *Staphylococcus aureus* é o que ocorre com maior prevalência. A intoxicação alimentar estafilocócica é causada pela ingestão de alimentos contendo uma ou mais enterotoxinas estafilocócicas (EE), sendo a segunda ou a terceira maior causa de intoxicação alimentar no mundo (LE LOIR et al., 2003).

Contaminação por *Staphylococcus* coagulase positiva

Assegurar a inocuidade e a qualidade do leite e seus derivados é de grande importância para a saúde pública, levando em consideração a importância do papel nutricional na alimentação humana que este alimento possui (FONSECA; SANTOS, 2000).

As inflamações intramamárias, chamadas de mastite, frequentemente são causadas por *Staphylococcus aureus,* o que pode ocasionar, por consequência, a contaminação do leite. Por este motivo, o *Staphylococcus aureus* é o microrganismo mais frequentemente isolado em casos de mastite e em leite cru (LAMAITE et al., 2005).

A mastite bovina já foi correlacionada com mais de 80 tipos diferentes de microrganismos, estando o *Staphylococcus aureus* como um dos principais agentes isolados, juntamente com *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* e *Escherichia coli* (HARMON, 1994). Logicamente por sua vez, o *Staphylococcus aureus* é o microrganismo patogênico mais repetidamente encontrado e isolado em leite cru (ZECCONI & HAHN, 2000).

Além dos próprios animais como possível fonte de contaminação microbiológica através do desenvolvimento de mastite, o ser humano pode ter um importante papel neste processo. Os *Staphylococcus* coagulase positiva encontram-se amplamente disseminados no meio ambiente, presente principalmente na pele, glândulas, membranas mucosas e no trato intestinal do homem e dos animais (KINTON et al., 1999).

Desta forma, a contaminação do leite pelo microrganismo em questão, além da contaminação animal, deve-se levar em consideração a participação dos manipuladores como via de contaminação desse patógeno (FRANCO; LANDGRAF, 1997).

A implantação das chamadas Boas Práticas de Fabricação (BPF's) visam orientar os manipuladores acerca da importância da correta conduta no passo a passo das atividades que são rotineiramente realizadas tanto na fazenda durante a ordenha como na indústria com a manipulação do produto. As BPF's devem incluir orientações quanto a correta paramentação, higienização pessoal e de equipamentos (QUEIROZ et al., 2000).

Diversos fatores interferem na susceptibilidade da ocorrência ou não de intoxicação alimentar estafilocócica, dentre eles os principais são: o estado de saúde, a capacidade de resposta imune, o peso corporal e a presença ou não de comorbidades (JABLONSKI; BOHA-

CH, 2001). A manifestação da sintomatologia da intoxicação alimentar estafilocócica inicia-se logo após a ingesta de alimentos contendo as enterotoxinas pré-formadas. Sugere-se que a quantidade de enterotoxina substancial para ocasionar a patologia seja em torno de 0,01 a 0,4µg por grama do alimento (ORDEN et al., 1992). O limite para enterotoxinas estafilocócicas estabelecido pela legislação brasileira vigente para derivados lácteos processados é ausência (ng/g de alimento) (BRASIL, 2019).

A ocorrência de contaminação por *Staphylococcus* coagulase positiva em leite e seus derivados, como o queijo coalho é elevada e tem sido descrita por diversos trabalhos (BORGES et al., 2003; FEITOSA et al., 2003; LIMA, 2005). Em grande parte dos estudos tais alimentos são classificados como impróprios para consumo devido ao nível de contaminação ser considerado inaceitável e superior aos limites estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2019).

Produção de enterotoxinas e tratamento térmico

A ingestão de toxinas produzidas e liberadas pelo *Staphylococcus* coagulase positiva no decorrer da sua multiplicação no alimento está frequentemente associada à intoxicação alimentar estafilocócica. A termoestabilidade da toxina pode favorecer o aumento da ocorrência de intoxicações (ALCARÃS, L.E et al.,1997).

Diversos fatores podem influenciar a capacidade e velocidade de produção de enterotoxinas, os principais são: temperatura, pH, atividade de água, tamanho do inóculo, concentração de sal, condições atmosféricas e fonte de carbono e nitrogênio (FRANCO; LANDGRAF, 2005). Após 4 a 6 horas é possível fazer a detecção da enterotoxina no alimento. Alimentos expostos a temperaturas mais altas, bem como alimentos fermentados apresentam maior potencial de produção enterotoxinas pelos estafilococos (LANCETTE; TATINI, 1992).

Alimentos mantidos em períodos maiores sob baixas temperaturas dificultam a multiplicação bacteriana e por consequência a síntese de enterotoxinas, que pode ser inibida em temperaturas inferiores a 7ºC (ASPERGER, 1994).

Os tratamentos térmicos comumente aplicados ao leite como a pasteurização, podem ser ineficazes na destruição das enterotoxinas estafilocócicas, levando em consideração a elevada resistência térmica (SMITH et al., 1983).

As enterotoxinas estafilocócicas são consideradas estáveis ainda quando aquecidas a 100ºC em um período de 30 minutos. Ainda não são inativadas totalmente pelo processo de cocção tradicional, pasteurização, ultrapasteurização e demais tratamentos térmicos comuns (JAY, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Medidas de controle de contaminação e a adoção de Boas Práticas de Fabricação são de fundamental importância durante todo o processo produtivo da cadeia leiteira. Tais medidas devem abranger desde a sanidade do rebanho, manejo do animal durante a ordenha, que in-

clui higienização correta dos tetos e ordenha completa do leite visando o controle da mastite clínica e subclínica nas fazendas e a consequente diminuição da contaminação do produto. Excetuando o animal como fonte de contaminação, as demais etapas também devem ser realizadas com atenção. A higienização de equipamentos e utensílios e a temperatura de armazenamento e transporte do leite são fatores críticos de controle e requerem atenção especial quanto a sua realização.

O treinamento de pessoal deve ser realizado periodicamente, a fim de reforçar e garantir a execução das atividades dentro das BPF's e de maneira que assegure que a contaminação por parte do manipulador seja evitada ao máximo.

As características desse patógeno nos mostram que, uma vez ocorrendo a contaminação do produto independente da etapa do seu processamento, não necessariamente este erro consegue ser corrigido com os devidos tratamentos industriais disponíveis, o que nos mostra a importância da prevenção da contaminação. Essas medidas devem ser tomadas levando em consideração a importância para a saúde pública dos prejuízos causados por tais infecções, além do prejuízo econômico que estas perdas podem acarretar.

REFERÊNCIAS

ALCARÃS, L.E.; SATORRES, S. E.; SEPULVEDA, L.; CENTORBI, O. N. P. Detección de Staphylococcus aureus spp. en manipuladores de alimentos. **La Alimentación Latino Americana**, n. 219, p. 44-47, 1997.

AMANCIO, O.; PAIVA, S.; DOMENE, S.; MARCHIONI, D.; ONG, T.; CASSANI, R.; ROGERO, M.; FOCK, R. **A Importância do Consumo de Leite no atual Cenário Nutricional Brasileiro**, Brasil. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. 2015.

ASPERGER, H. *Staphylococcus aureus*. **In: International Dairy Federation.** Group of Experts A10/11. The significance of pathogenic microorganisms in raw milk. Brussels: IDF, 1994. p. 24-42. (SpecialIssue, 9405).

ATAÍDE, W. S. de; MACIEL, J. F; LIMA, P. L. A. de; LIMA, A. R. C.; SILVA, F. V. G. da; SILVA J. A. Avaliação microbiológica e físico-química durante o processamento do leite pasteurizado. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 67, n. 1, p. 73-77, 2008.

BORGES, M. D. F.; FEITOSA, T.; NASSU, R. T.; MUNIZ, C. R.; DE AZEVEDO, E. H. F.; DE FIGUEIREDO, E. A. T. Microrganismos patogênicos e em queijo de coalho produzido no Ceará, Brasil. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 31-40, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual integrado de vigilância, prevenção e controle
de doenças transmitidas por alimentos. 2. ed. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 62 de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os regulamentos técnicos de produção, identidade, qualidade, coleta e transporte do leite. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, 30 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA).** Leite e derivados, C. 7, seção 1. Brasília, 2017a.

BRASIL. Portaria n. 2349, de 14 de setembro de 2017. **Classificação de risco dos agentes biológicos**, Brasília, DF, mar. 2017b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa n° 60, de 23 de dezembro de 2019. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos.** https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356. Acesso em: 30/07/2021.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). 2000. Surveillance for foodborne-disease outbreaks - United States, 1993-1997. Appendix B - **Guidelines for confirmation of foodborne-disease outbreaks.** CDC Surveillance Summaries, MMWK, 49(SS-1): 54-62. http://www.dhss.mo.gov/CDManual/Foodborne_condensed.pdf. Acesso em: 01/07/21.

CLIVER, D. O. **Foodborne disease handbook: diseases caused by bacteria.** New York: Marcel Dekker, 1994. 613p.

CRAGO, B.; FERRATO, C.; DREWS, S. J.; SVENSOND, L. W.; TYRRELL, G.; LOUIE, M. Prevalence of *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) in food samples associated with foodborne illness in Alberta, Canada from 2007 to 2010. **Food Microbiology**, v. 32, p. 202-205, 2012.

DINGES, M. M.; ORWIN, P. M.; SCHLIEVERT, P. M. Exotoxins of Staphylococcus aureus. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 13, n. 1, p. 16-34, 2000.

DITTMANN, K. K.; CHAUL, L. T.; SARAH, H. I.; LEE, S. H. I.; CORASSIN, C. H.; FERNANDES DE OLIVEIRA, C. A., et al. *Staphylococcus aureus* in some Brazilian dairy industries: Changes of contamination and diversity. **Frontiers in Microbiology**, v. 24, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02049. Acesso em: 27/06/21.

FEITOSA, T.; BORGES, M. D. F.; NASSU, R. T.; AZEVEDO, É. H. F. D.; MUNIZ, C. R. Pesquisa de Salmonella sp., Listeria sp. e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijos produzidos no estado do Rio Grande do Norte**. Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 162-165, 2003.

FONSECA, L. F. L.; SANTOS, M. V. **Qualidade do leite e controle de mastite.** São Paulo : Lemos Editorial, 2000. 175p.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar.** Porto Alegre: Artmed, 2000. 424 p.

FORSYTHE, S. J. **Microbiology of Safe Food.** 2 ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo: Editora Atheneu, 1997. 182 p.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e Vigilância Sanitária de Alimentos.** São Paulo: Varela, 2001. 629 p.

GOMES, L. G.; BARCELOS, V. T.; FARIA, R. N., FAVA, M.; R.; OLIVEIRA. S. S. F. de. Análise da eficiência e monitoramento do processo de pasteurização do leite em indústria de laticínios na região de Rondônia. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**. v. 5, n. 2, p. 5-19, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1597>. Acesso em: 30/06/21.

HARMON, R. J. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. J **Dairy Sci,** v. 77, p. 2103-2112, 1994.

JABLONSKI, L. M.; BOHACH, G. A. *Staphylococcus aureus*. In: DOYLE, M.P; BEUCHAT, L. E.; MONTVILLE, E (Eds), **Food microbiology: fundamentals & frontiers** (2nd ed.), ASM Press, Washington DC.2001. p. 411-433.

JAY, J.M. **Microbiología moderna de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1994. 804p.

_____. **Microbiologia de alimentos.** 6 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 711, 2005.

KINTON, R.; CESERANI, V.; FOSKETT, D. **Enciclopédia de serviços de alimentação.** São Paulo: Varela, 1999. 703 p.

KUMMEL, J.; STESSL, B.; GONANO, M.; WALCHER, G.; BEREUTER, O.; FRICKER, M.; GRUNERT, WAT.; GNER, M.; EHLING-SCHULZ, M. *Staphylococcus aureus* entrance into the dairy chain: Tracking *S. aureus* from dairy cow to cheese. **Frontiers in Microbiology**, v. 7 (outubro de 2016). Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01603>. Acesso em: 01/07/21.

LAMAITA, H. C.; CERQUEIRA, M. M. O. P.; CARMO, L. S.; SANTOS, D. A.; PENNA, C. F. A. M., SOUZA, M. R. Contagem de Staphylococcus sp. e detecção de enterotoxinas estafilocócicas e toxina da síndrome do choque tóxico em amostras de leite cru refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, p. 702-709, 2005.

LANCETTE, G. A.; TATINI, S. R. Staphylococcus aureus. In: Vandrzant, C. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 3. ed. Washington: American Public Heath Association, 1992.

LE LOIR, Y.; BARON, F.; GAUTIER, M. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. **Genetics and Molecular Research**, v. 2, p. 63-76, 2003.

LIMA, A. F. **Staphylococcus coagulase-positiva e enterotoxinas em queijo de coalho.** 2005. 86f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará.

MALACRIDA, A. M.; DIAS, V. H. C.; LIMA, C. L. Perfil epidemiológico das doenças bacterianas transmitidas por alimentos no Brasil. II Simpósio de Produção Sustentável e
Saúde Animal, Umuarama, Paraná. 2017.

OMOE, K.; HU, D. L.; TAKAHASHI-OMOE, H.; NAKANE, A.; SHINAGAWA, K. Comprehensive analysis of classical and newly described staphylococcal superantigenic toxin genes in Staphylococcus aureus isolates. **FEMS Microbiology Letters, Amsterdam**, v. 246, n. 2, p. 191-198, 2005.

ORDEN, J. A.; GOYACHE, J. O. A. Q. U. I. N.; HERNÁNDEZ, J. A. V. I. E. R.; DOMENECH, A.; SUAREZ, G., GOMEZ-LUCIA, E. Applicability of an immunoblot technique combined with a semiautomated electrophoresis system for detection of staphylococcal enterotoxins in food extracts. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, n. 12, p. 4083-4085, 1992.

PIZZOLITTO, N.; PIZZOLITTO, E. L.; SIMÕES, M. J. S. Espectro de agentes etiológicos associados a surtos de doenças transmitidas por alimentos em núcleos receptores turísticos de três regiões geográficas do Estado de São Paulo. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 28, p. 301-310, 2007.

QUEIROZ, A. T. A.; RODRIGUES, C. R.; ALVEZ, G. G.; KAKISAKA, L. T. Boas práticas de fabricação em restaurantes self service a quilo. **Higiene alimentar**, v. 14, n. 78/79, p. 45-49, 2000.

SANTANA; E. H. W. de; BELOTI, V.; ARAGON-ALEGRO, L. C.; MENDONÇA, M. B. O. C. de. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 545-554,, jul./set., 2010.

SMITH, J. L.; BUCHANAN, R. L.; PALUMBO, S. A. Effect of environment on staphylococcal enterotoxin synthesis: a review. J **Food Protec**, v. 46, p. 545-555, 1983.

SILVA, N. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Varela, São Paulo. Online: <https://bit. ly/2C7MfZT, 2010>.

SOUSA, T. M.; NETO, A. C.; HERNANDES, T.; SOUTO, P. C. S. Microrganismos patogênicos e indicadores de condições higiênico-sanitárias em carne moída comercializada na cidade de Barra do Garças, MT. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, n. 2, p. 124-130, 2012.

ZECCONI, A.; HAHN, G. Staphylococcus aureus in r aw milk and human health risk. **Bulletin of IDF**, v. 345, p. 15-18, 2000.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

TÉCNICA DE *ELECTROSPINNING* E USO DE ZEÍNA COMO ALTERNATIVAS PARA ENCAPSULAÇÃO DE ÓLEOS

ELECTROSPINNING TECHNIQUE AND USE OF ZEINE AS ALTERNATIVE FOR OIL ENCAPSULATION

KRUMREICH, Fernanda Doring[1]*; MENDONÇA, Carla Rosane Barboza[2]; BORGES, Caroline Dellinghausen[2], ZAMBIAZI, Rui Carlos[2]

[1]Química de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [2]Centro de Ciências Química, Farmacêutica e de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas. *Contato: nandaalimentos@gmail.com

RESUMO

O presente estudo objetivou fazer uma pesquisa bibliográfica ressaltando a importância da técnica de encapsulação de óleos com propriedades funcionais para aplicação em alimentos. A técnica de *electrospinning* é uma, dentre as várias técnicas existentes, para a encapsulação de compostos bioativos, que além de microcápsulas, também pode produzir fibras, especialmente quando associada ao uso de zeína. As fibras de zeína têm sido amplamente estudadas como alternativas para encapsulação de óleos. No decorrer da pesquisa será relatado o que é e como se dá o processo de encapsulação, bem como os materiais de parede, além de outras técnicas utilizadas para esta finalidade, com ênfase na aplicação de óleos. O processo de *electrospinning* vem chamando a atenção de diversos pesquisadores, por ser uma tecnologia flexível, versátil e viável do ponto de vista do custo-benefício, de equipamento e de produção. Assim sendo, essa técnica tem demonstrado ser uma alternativa para encapsulação de óleos, com potencial aplicação na indústria de alimentos, proporcionando a obtenção de produtos enriquecidos nutricionalmente.

Palavras-chave: Preservação, fibras de zeína, alimentos enriquecidos, alimentos funcionais.

ABSTRACT

The present study aimed to carry out a bibliographical research highlighting the importance of the encapsulation technique of oils with functional properties for application in foods. The *electrospinning* technique is one of several existing techniques for the encapsulation of bioactive compounds, which, in addition to microcapsules, can also produce fibers, especially when associated with the use of zein. Zein fibers have been widely studied as alternatives for oil encapsulation. In the course of the research, what the encapsulation process is and how it is will be reported, as well as the wall materials, besides other techniques used for this purpose, with an emphasis on the application of oils. The *electrospinning* process has been attracting the attention of several researchers, as it is a flexible, versatile and viable technology from a cost-effective, equipment and production point of view. Therefore, this technique has been shown to be an alternative for oil encapsulation, with potential application in the food industry, providing the obtainment of nutritionally enriched products.

Keywords: Preservation, zein fiber, enriched foods, functional foods.

INTRODUÇÃO

A técnica na qual partículas sólidas, líquidas ou gasosas constituem um núcleo que é envolvido por um revestimento, chamado de material de parede, formando no conjunto uma partícula, é denominada de encapsulação (Nesterenko et al., 2013). Invólucro, membrana, parede, revestimento, matriz e agente encapsulante são algumas das denominações que o material de parede pode receber. Do mesmo modo, o conteúdo também apresenta várias designações, dentre elas, recheio, carga, agente ativo, composto ativo, ou “core” do inglês, conforme Nesterenko e colaboradores (2013).

Segundo Beirão-da-Costa et al. (2012) a encapsulação é um processo que permite que compostos sensíveis possam ser fisicamente retidos em uma matriz homogênea ou heterogênea que lhes confere proteção. Alguns outros propósitos da encapsulação incluem: a transformação de um líquido em sólido de modo a facilitar sua manipulação, o transporte e a adição em formulações; a separação de materiais reativos; a redução da toxicidade do material ativo; a promoção da liberação controlada do ativo encapsulado; a redução da volatilidade ou inflamabilidade de líquidos; o mascaramento de sabores e odores de determinados componentes; o aumento da vida útil e a proteção contra a luz, umidade e calor (Jackson e Lee, 1991).

De acordo com Lopez-Rubio et al. (2006) as tecnologias de encapsulação vêm atraindo a atenção dos fabricantes de alimentos, os quais em busca de inovação encontram nessa tecnologia uma forma de enriquecer os alimentos com compostos bioativos. Segundo Sanguansri e Augustin (2010), para o encapsulamento de um composto ativo em particular é necessário o conhecimento do composto bioativo; dos materiais encapsulantes apropriados; das interações entre o composto bioativo, a matriz e o ambiente; a estabilidade do composto microencapsulado em armazenamento e quando incorporado no produto alimentar e os mecanismos de liberação controlada do composto bioativo.

O material encapsulado pode estar distribuído ou incrustado em uma massa mais ou menos contínua referente ao agente encapsulante ou fazer parte de um complexo molecular. Neste contexto, uma série de biopolímeros tem sido utilizada na encapsulação de ingredientes alimentícios. Normalmente, esses materiais de parede consistem em polímeros naturais, como: gomas (goma arábica, alginatos, carragenas, etc.), proteínas (do soro ou do leite, gelatinas, etc.) e maltodextrinas com diferentes dextroses equivalentes, ceras, dentre outros, pois apresentam menor custo em relação aos polímeros sintéticos (Liu et al., 2008). Assim sendo, este estudo teve como objetivo apresentar a técnica de *electrospinning* juntamente com o uso de zeína, como alternativa para encapsulação de óleos para futuras aplicações na indústria de alimentos, bem como para incorporação em alimentos, no intuito de enriquecê-los nutricionalmente.

METODOLOGIA

A pesquisa deste estudo teve uma abordagem qualitativa, cujo procedimento utilizado foi a pesquisa bibliográfica. As fontes pesquisadas foram livros, revistas científicas, teses, dissertações e anais de eventos científicos. As bases de dados pesquisadas foram a Scielo, ResearchGate e Web Of Science.

A busca foi executada utilizando os termos/descritores no idioma inglês: “encapsulation”, “*electrospinning*”, “zein”, “oil”, utilizando o operador booleano “and” para cruzar os descritores.

DESENVOLVIMENTO

Encapsulação

A encapsulação de ingredientes alimentares, segundo Santos (2005) pode ser alcançada mediante vários processos e a escolha do processo baseia-se em vários parâmetros, tais como: tamanho médio desejado das partículas, propriedades físico- químicas do núcleo e do revestimento, aplicações do material microencapsulado, mecanismos de liberação desejados, escala de fabricação industrial e os custos de processo.

Atomização, *spray chilling/cooling*, leito fluidizante, extrusão, coacervação e inclusão molecular são alguns, dentre os vários processos de encapsulação existentes, tanto mecânicos quanto químicos, existentes. Neste estudo será abordado o processo de encapsulação via a técnica de *electrospinning*, considerada mundialmente uma das melhores alternativas para a produção de nanofibras (Ramakrishna et al., 2005). Dentre os vários estudos com encapsulação de óleos já realizados, podemos citar o exemplo do óleo de girassol, cujas microcápsulas foram formadas por gelificação iônica do sistema quitosana/tripolifosfato de sódio (TPP). A eficiência de microencapsulação (retenção do óleo) foi de 51% para a melhor condição de microencapsulação. Esses resultados sugerem que o sistema quitosana/TPP pode ser empregado na microencapsulação de outras substâncias lipídicas como fármacos, vitaminas lipossolúveis, óleos essenciais, entre outros (Barreto, 2008).

A microencapsulação de óleo de linhaça foi investigada usando zeína como material de revestimento e uso de secagem por *spray*, cuja eficiência de microencapsulação chegou a 93,26 ± 0,95%. Os autores sugerem o seu uso como ingrediente alimentar e funcional (Quispe-Condori et al., 2011).

O óleo da semente de romã foi encapsulado por *spray drying* usando como agente encapsulante o leite em pó desnatado, cuja eficiência de encapsulamento foi de 95,6% (Goula e Adamopoulos 2012).

Gallardo et al. (2013) estudaram a microencapsulação de óleo de linhaça por *spray-drying* com alta eficiência de encapsulação. Quatro formulações foram testadas: usando diferentes combinações de goma arábica (GA), maltodextrina (MD), metilcelulose (MC) e isolado de pro-

teína de soro de leite (WPI). Microcápsulas feitas de 100% de GA e misturas ternárias de GA, MD e WPI apresentaram a maior proteção contra oxidação e eficiências de microencapsulação superiores a 90%. Elas também apresentaram estruturas esféricas com superfícies lisas que se mantiveram inalteradas após 10 meses de armazenamento.

O óleo de girassol foi microencapsulado por Piacentini et al. (2013), os quais utilizaram gelatina de peixe de água fria/coacervação de complexo de goma arábica por emulsificação de membrana.

A microencapsulação de óleo de atum em gelatina-hexametafosfato de sódio (SHMP) por meio de coacervação complexa foi otimizada para a estabilização de óleos ômega-3, para uso como ingrediente alimentar funcional. A reticulação com transglutaminase seguida por liofilização resultou em um pó seco com uma eficiência de encapsulação de 99,82% (Wang et al. 2014).

Uma microcápsula contendo óleo de baunilha foi desenvolvida usando coacervação complexa. A encapsulação de baunilha manteve estabilidade de 60% nas microcápsulas após a liberação por 30 dias, o que demonstrou que as microcápsulas de sabor tinham bom potencial para servir como condimento alimentar de alta qualidade com longa ação residual e alta termoestabilidade (Yang et al., 2014).

O óleo de semente de papoula foi encapsulado usando goma arábica e gelatina como materiais de parede por coacervação complexa seguida pelo método de *spray dying*. A eficiência de encapsulação (EE) foi de 76,8%. As microcápsulas apresentaram bom desempenho para o óleo de semente de papoula, que pode ser utilizado na indústria alimentícia (Yang et al., 2015).

O óleo de semente de urucum, usando a técnica de liofilização para formação de partículas, foi testado por Silva e colaboradores (2015).

O óleo de peixe foi microencapsulado com material de casca de N-lauroil quitosana empregando o processo de emulsificação por membrana, cuja eficiência de encapsulação foi de 62,6% e liberação cumulativa máxima de óleo de 76,8%. Os resultados sugerem que a microencapsulação de óleo de peixe é benéfica para sua distribuição, estabilidade e biodisponibilidade no curso da administração oral (Chatterjee; Judeh, 2016).

Em estudos prévios deste grupo de pesquisa (Krumreich et al., 2019), o óleo de abacate foi encapsulado em fibras ultrafinas de zeína pela técnica de *electrospinning*, obtendo-se uma eficiência de encapsulação superior a 77%.

Electrospinning

Uma técnica que vem chamando a atenção de diversos pesquisadores, a exemplo de Costa et al. (2010) é o *electrospinning*, cuja técnica é utilizada para o preparo de micro e ultrafinas fibras poliméricas, a qual emprega campo elétrico para sua formação (Wang et al. 2009).

A técnica de *electrospinning* consiste na utilização de um equipamento constituído de quatro componentes principais, dentre os quais: uma fonte de alta tensão, uma bomba de infusão, uma seringa com agulha de aço inoxidável e um coletor que pode ser uma placa fixa

(Figura 01A) ou um cilindro rotativo (Figura 01B).

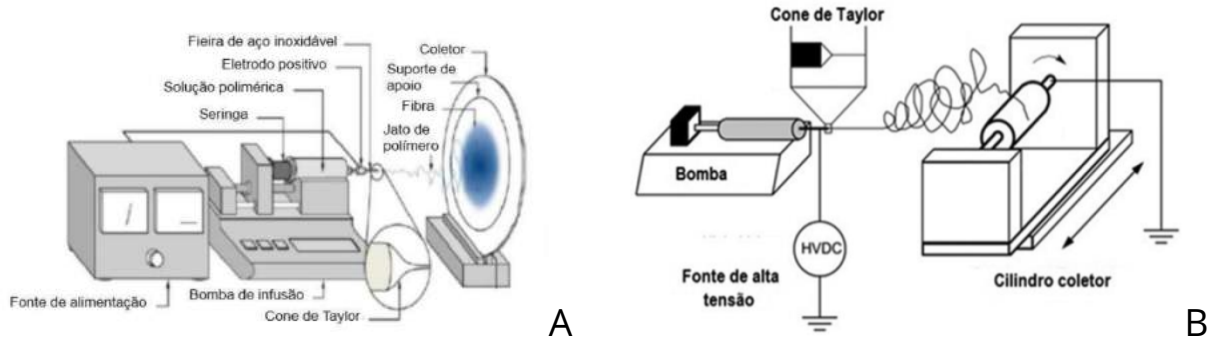


Figura 01: Modelo de uma estação de *electrospinning* para a formação de fibras ultrafinas - placa fixa (1A) e cilindro rotativo (1B).

Fonte: Leindecker et al. (2013).

A formação de fibras pela técnica de *electrospinning* ocorre pelo escoamento de uma solução polimérica contida na seringa através de uma agulha fina ou bico injetor, por ação da gravidade ou com o auxílio de uma bomba de infusão, na presença de um campo elétrico externo até atingir o coletor. Quando o campo elétrico é suficientemente intenso para superar a tensão superficial de uma dada solução polimérica, um jato de solução é formado e acelerado pelo campo elétrico na direção do coletor. As fibras são formadas enquanto o jato está sendo acelerado, ou seja, durante o tempo no qual o jato da solução é formado a partir do bico injetor até chegar ao coletor. Isso acontece porque ocorre o alongamento do jato e a evaporação do solvente, fazendo com que as cadeias fiquem cada vez mais juntas, levando assim à deposição da fibra seca no coletor (Nieto, 2006).

Uma variedade de fibras com formas e tamanhos de seção transversal pode ser obtida com o uso do *electrospinning*, geralmente, as fibras preparadas por esta técnica apresentam seções transversais cilíndricas, entretanto, sob algumas condições específicas, outras formas podem ser observadas.

Alguns autores como Koombhongse et al. (2001) e Frenot e Chronakis (2003) relataram a obtenção de fibras com morfologias ramificadas, fitas planas e dobradas, bem como fibras com cilindro oco. Também relataram que o tipo de polímero e o tipo de solvente empregado para o preparo das soluções poliméricas influenciam no tipo de fibra formada. Assim sendo, existem dois grupos de parâmetros que podem ser controlados e que também afetam o processo de eletrofiação e a arquitetura morfológica das fibras:

a. parâmetros da solução polimérica, como viscosidade, tensão superficial, condutividade e constante dielétrica;

b. parâmetros do equipamento, como a tensão aplicada, vazão da seringa, distância da ponta da agulha ao anteparo e o efeito do material do coletor.

Todas essas variáveis são interdependentes; assim, a combinação e a otimização para determinadas condições é essencial para alcançar a morfologia e o tamanho de fibras desejadas.

Segundo Ji et al. (2011) o uso de *electrospinning* mostra muitos benefícios, por represen-

tar uma técnica flexível, versátil e viável, tanto do ponto de vista do custo-benefício como de equipamento e de produção, fatos que contribuem para que seja a mais difundida mundialmente na obtenção de fibras. Essa tecnologia tem como vantagem produzir nanofibras diretamente a partir da solução polimérica e ser aplicada a uma ampla variedade de polímeros, tanto sintéticos, quanto naturais, como proteínas biogênicas estruturais e polissacarídeos; além da possibilidade de copolimerização, através da mistura de diferentes polímeros a outros materiais solúveis, como óleos essenciais, fármacos, fatores de crescimento celulares e de resinas. Além disso, é uma tecnologia de fácil manipulação para controle da arquitetura fibrilar, como diâmetro, morfologia e topografia superficial (Papenburg et al., 2009) e porosidade (Ramakrishna et al., 2005).

A aplicação das fibras em diversas áreas é facilitada pela possibilidade de utilização de grande variedade de polímeros. Dentre estes, as proteínas são comumente utilizadas como materiais de parede, como os concentrados de proteína de soro de leite (O□Sullivan et al., 2014), isolados de proteína de soja (Vega-Lugo e Lim, 2009), gelatina (Okutan et al. 2014), colágeno (Boccafoschi et al., 2005) e zeína (Neo et al., 2012).

Essa técnica já foi aplicada para diversos fins, a exemplo da encapsulação de enzimas imobilizadas, revestimentos alimentares, bem como desenvolvimento de materiais para filtração e embalagem de alimentos ativos (Jayakumar et al., 2010; Bhushani e Anandharamakrishnan, 2014).

No setor agroalimentar, essas aplicações são relativamente recentes, conforme afirmam Drosou et al. (2017). Burger et al. (2006) relataram que todas as aplicações utilizando fibras obtidas via *electrospinning,* aproximadamente, dois terços do número de patentes, estão relacionadas ao campo médico e das restantes, metade estão relacionadas a aplicações em processos de filtração.

Zeína

A zeína é uma prolamina do milho, a qual de acordo com Elzoghby et al. (2012) é rica nos aminoácidos prolina, leucina, glutamina e alanina e devido ao caráter hidrofóbico destes aminoácidos, a zeína é solúvel em etanol em concentrações acima de 70%. Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA), a zeína é considerada um ingrediente alimentar e reconhecida como alimento seguro (GRAS) (Prasanna et al., 2001).

A solubilidade da zeína é dependente da sua composição em proteínas; as proteínas do milho são constituídas de, aproximadamente, 20% de globulinas (solúveis em solução salina) e albuminas (solúveis em água), 40% de prolaminas (insolúveis em água e solúveis em álcool 70%) e 40% de glutelinas (insolúveis em água e álcool) (Shukla e Cheryan, 2001).

A zeína consiste de uma mistura de polipeptídeos que podem ser divididos em: δ-zeína (10 kDa), β-zeína (16 kDa e 14 kDa), α-zeína (19 kDa e 22 kDa) e γ- zeína (27 kDa). A α-zeína representa a classe mais abundante, perfazendo 60-70% do total, seguido γ-zeína (10-20%),

β-zeína (10%) e δ-zeína (1-5%). (Shukla e Cheryan, 2001; Prasanna et al., 2001; Momany et al., 2006). Todas as frações de zeína são consideradas anfifílicas, pois contêm resíduos de aminoácidos hidrofílicos (25%) e hidrofóbicos (75%) (Nonthanum et al. 2012).

Na composição de aminoácidos da zeína, ocorre a predominância de grupos residuais fortemente apolares, como leucina (20%), prolina (10%) e alanina (10%) e baixo conteúdo de resíduos de lisina e triptofano (Prasanna et al., 2001; Shukla e Cheryan, 2001).

A zeína tem sido muito investigada pela sua capacidade de formar nanopartículas por autoassociação para encapsulação de compostos bioativos em alimentos. Alguns estudos que demonstram seu emprego na encapsulação utilizaram óleos essenciais (Parris et al. 2005), β-caroteno (Fernandez et al. 2009), polifenóis de chá verde (Li et al. 2009), compostos de selenito (Luo et al., 2010), α- tocoferol (Luo et al., 2011), ácido gálico (Neo et al., 2013), óleo de peixe (Moomand e Lim, 2014) e taninos (Mori et al., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias de encapsulação vêm atraindo a atenção dos fabricantes de alimentos, os quais em busca de inovação encontram nessa tecnologia uma forma de enriquecer os alimentos com compostos bioativos.

Dentre as várias técnicas de encapsulação existentes, o *electrospinning* é uma das utilizadas para a encapsulação de compostos bioativos, que tem a vantagem de produzir microcápsulas e também fibras. Além disso, é uma tecnologia flexível, versátil e viável do ponto de vista do custo-benefício, de equipamento e de produção.

A técnica de *electrospinning* associada ao uso de zeína tem sido amplamente estudada como alternativa para encapsulação de óleos e vem demonstrando bons resultados de eficiência. Desse modo, essa técnica é uma alternativa para encapsulação de óleos para aplicação na indústria de alimentos, em especial visando o enriquecimento nutricional.

REFERÊNCIAS

BARRETO, B. N. **Obtenção e caracterização de microcápsulas de óleo vegetal por gelificação do sistema quitosana/tripolifosfato de sódio.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

BEIRÃO-DA-COSTA, S.; DUARTE, C.; BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; SERRA, T. A.; MOLDÃO-MARTINS, M.; JANUÁRIO, M. I. N.; VICENTE, A. A.; DUARTE, C. M. M.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. Effect of the matrix system in the delivery and in vitro bioactivity of microencapsulated oregano essential oil. **Journal of Food Engineering,** v. 110, p. 190-199, 2012.

BHUSHANI, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. *Electrospinning* and electrospraying techniques: Potential food based applications. **Food Science & Technology,** v. 38, n. 1, p. 1-13, 2014.

BOCCAFOSCHI, F.; HABERMEHL, J.; VESENTINI, S.; MANTOVANI, D. Biological performances of collagen-based scaffolds for vascular tissue engineering. **Biomaterials,** v. 26, n. 35, p. 7410-7417, 2005.

BURGER, C.; HSIAO, B. S.; CHU, B. Nanofibrous marterials and their applications. Annual **Review Materials Research,** v. 36, p. 333-368, 2006.

CHATTERJEE, S.; JUDEH, Z. M. A. Impact of encapsulation on the physicochemical properties and gastrointestinal stability of fish oil. **Food Science and Technology,** v. 65, p. 206-213, 2016.

COSTA, R. G. F.; RIBEIRO, C.; MATTOSO, L. H. C. Morphological and Photocatalytic Properties of PVA/TiO2 Nanocomposite Fibers Produced by *Electrospinning.* **Journal of Nanoscience and Nanotechnology,** v. 10, n. 8, p. 5144-5152, 2010.

DROSOU, C.; KROKIDA, M.; BILIADERIS, C.G. Composite pullulan-whey protein nanofibers made by *electrospinning:* Impact of process parameters on fiber morphology and physical properties. **Food Hydrocolloids,** v. 77, p. 726-735, 2017.

ELZOGHBY, A. O.; SAMY, W. M.; ELGINDY, N. A. Protein-based nanocarriers as promising drug and gene delivery systems. **Journal of Controlled Release,** v. 161, p. 38-49, 2012.

FERNANDEZ, A.; TORRES-GINER, S.; LAGARON, J. M. Novel route to stabilization of bioactive antioxidants by encapsulation in electrospun fibres of zein prolamine. **Food Hydrocolloids,** v. 23, n. 5, 1427-1432, 2009.

FRENOT, A.; CHRONAKIS, I. S. Polymer nanofibers assembled by lectrospinning. **Current Opinion in Colloid & Interface Science,** v. 8, n. 1, p. 64-75, 2003.

GALLARDO, G.; GUIDA, L.; MARTINEZ, V.; LÓPEZ, M. C.; BERNHARDT, D.; BLASCO, R.; PEDROZA-ISLAS, R.; HERMIDA, L. G. Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. **Food Research International,** v. 52, p. 473-482, 2013.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A method for pomegranate seed application in food industries: Seed oil encapsulation. **Food and Bioproducts Processing,** v. 90, p. 639-652, 2012.

JACKSON, L. S.; LEE, K. Microencapsulation and the Food Industry. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie,** v. 24(4), p. 289-297, 1991.

JAYAKUMAR, R.; PRABAHARAN, M.; NAIR, S. V.; TAMURA, H. Novel chitin and chitosan nanofibers in biomedical applications. **Biotechnology Advances,** v. 28, p. 142-150, 2010.

JI, W.; SUN, Y.; YANG, F.; BEUCKEN, J. J. J. P.; FAN, M.; CHEN, Z. Bioactive electrospun scaffolds delivering growth factors and genes for tissue engineering applications. **Expert Review,** p.1261, 2011.

KOOMBHONGSE, S.; LIU, W.; RENEKER, D. H. Flat polymer ribbons and other shapes by *electrospinning*. **Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics,** v. 39, n. 21, p. 2598-2606, 2001.

KRUMREICH, F. D.; PRIETSCH, L. P.; ANTUNES, M. D.; JANSEN-ALVES, C.; MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C. D.; ZAVAREZE, E. da. R.; ZAMBIAZI, R. C. Avocado oil incorporated in ultrafine zein fibers by e*lectrospinning*. **Food Biophysics,** v. 14, p. 383-392, 2019.

LEINDECKER, G. C.; ALVES, A. K.; BERGMANN, C. P. Obtenção por electrospinning e caracterização de fibras de pentóxido de nióbio (Nb_2O_5). **Estudos Tecnológicos em Engenharia,** v. 9, n. 2, p. 102-110, 2013.

LI, Y.; LIM, L. T.; KAKUDA, Y. Electrospun zein fibers as carriers to stabilize epigallocatechin gallate. **Journal of Food Science,** v. 74, n. 3, p. C233-C240, 2009.

LIU, Z.; JIAO, Y.; WANG, Y.; ZHOU, C.; ZHANG, Z. Polysaccharides-based nanoparticles as drug delivery systems. **Advanced Drug Delivery Reviews,** v. 60, p. 1650-1662, 2008.

LOPEZ-RUBIO, A.; GAVARA, R.; LAGARON, J. M. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. **Trends in Food Science & Technology,** v. 17, n. 10, p. 567-575, 2006.

LUO, Y.; ZHANG, B.; CHENG, W. H.; WANG, Q. Preparation, characterization and evaluation of selenite-loaded chitosan/TPP nanoparticles with or without zein coating. **Carbohydrate Polymers,** v. 82, n. 3, p. 942-951, 2010.

LUO, Y.; ZHANG, B.; WHENT, M.; YU, L. L.; WANG, Q. Preparation and characterization of zein/chitosan complex for encapsulation of α-tocopherol, and its in vitro controlled release study. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces,** v. 85, n. 2, p. 145-152, 2011.

MOMANY, F. A.; SESSA, D. J.; LAWTON, J. W.; SELLING, G. W.; HAMAKER, S. A.; WILLETT, J. L. Structural characterization of alpha-zein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 54, n. 2, p. 543-457, 2006.

MOOMAND, K.; LIM, L.T. Oxidative stability of encapsulated fish oil in electrospun zein fibres. **Food Research International,** v. 62, p. 523-532, 2014.

MORI, C. L. S. de O.; PASSOS N. A.; OLIVEIRA, J. E.; MATTOSO, L. H. C.; MORI, F. A.; CARVALHO, A. G.; FONSECA, A. de S.; TONOLI, G. H. D. *Electrospinning* of zein/tannin bio- nanofibers. **Industrial Crops and Products,** v. 52, p. 298-304, 2014.

NEO, Y. P.; RAY, S.; EASTEAL, A. J.; NIKOLAIDIS, M. G.; QUECK, S. Y. Influence of solution and processing parameters towards the fabrication of electrospun zein fibers with sub-micron diameter. **Journal of Food Engineering,** v. 109, p. 645-651, 2012.

NEO, Y. P.; RAY, S.; JIN, J.; GIZDAVIC-NIKOLAIDIS, M.; NIEUWOUDT, M. K.; LIU, D.; QUECK, S. Y. Encapsulation of food grade antioxidant in natural biopolymer by *electrospinning* technique: A physicochemical study based on zein-gallic acid system. **Food Chemistry,** v. 136, p. 1013-1021, 2013.

NESTERENKO, A.; ALRIC, I.; SILVESTRE, F.; DURRIEU, V. Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. **IndustrialCrops and Products,** v. 42, p. 469-479, 2013.

NIETO, J. R. C. **Produção de Heterojunções de Polianilina/Silício e Nanofibras de Polianilina para aplicações em dispositivos híbridos.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

NONTHANUM, P.; LEE, Y.; PADUA, G. W. Effect of y-zein on the rheological behavior of concentrated zein solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 60, n. 7, p. 1742-1747, 2012.

O□SULLIVAN, J.; ARELLANO, M.; PICHOT, R.; NORTON, I. The effect of ultrasound treatment on the structural, physical and emulsifying properties of dairy proteins. **Food Hydrocolloids,** v. 42, Parte 3, p. 386-396, 2014.

OKUTAN, N.; TERZI, P.; ALTAY, F. Affecting parameters on *electrospinning* process and characterization of electrospun gelatin nanofibers. **Food Hydrocolloids,** v. 39, p. 19-26, 2014.

PAPENBURG, B. J.; SCHÜLLERRAVOO, S.; BOLHUISVERSTEEG, L. A. M.; HARTSUIKER, L.; GRIJPMA, D. W.; FEIJEN, J.; WESSLING, M.; STAMATIALIS, D. Designing porosity and topography of poly (1,3trimethylene carbonate) scaffolds. **Acta Biomaterialia,** v. 9, n. 9, p. 3281-3294, 2009.

PARRIS, N.; COOKE, P. H.; HICKS, K. B. Encapsulation of Essential Oils in Zein Nanospherical Particles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 53, n. 12, p. 4788-4792, 2005.

PIACENTINI, E.; GIORNO, L.; DRAGOSAVAC, M. M.; VLADISAVLJEVIĆ, G. T.; HOLDICH, R. G. Microencapsulation of oil droplets using cold water fish gelatine/gum arabic complex coacervation by membrane emulsification. **Food Research International,** v. 53, p. 362-372, 2013.

PRASANNA, B. M.; VASAL, S. K.; KASSAHUN, B.; SINGH, N. N. Quality protein maize. **Current Science,** v. 81, n. 10, p. 1308-1319, 2001.

QUISPE-CONDORI, S.; SALDAÑA, M. D. A.; TEMELLI, F. Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze drying. **Food Science and Technology,** v. 44, p. 1880-1887, 2011.

RAMAKRISHNA, S.; FUJIHARA, K.; TEO, W. E.; LIM, T. C.; MA, Z. **An Introduction to *electrospinning* and nanofibers.** (5. ed.). Cingapura: World Scientific, 2005.

SANGUANSRI, L. E.; AUGUSTIN, M. A. Microencapsulation in functional food product development. In Smith, J. & Charter, E. (eds.), Functional Food Product Development. **Blackwell Publishing Ltd,** p. 3-19, 2010.

SANTOS, A. N. **Obtenção de corante natural de beterraba por microencapsulação em secador de spray.** (Relatório do Trabalho de Fim de Curso). Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 2005.

SHUKLA, R.; CHERYAN, M. Zein: The industrial protein from corn. **Industrial Crops and Products,** v. 13, n. 3, p. 171-192, 2001.

SILVA, E. K.; ANGELA, M.; MEIRELES, A. Influence of the degree of inulin polymerization on the ultrasound-assisted encapsulation of annatto seed oil. **Carbohydrate Polymers,** v. 133, p. 578-586, 2015.

VEGA-LUGO, A. C.; LIM, L. T. Controlled release of allyl isothiocyanate using soy protein and poly (lactic acid) electrospun fibers. **Food Research,** v. 42, p. 933-940, 2009.

WANG, B.; ADHIKARI, B.; BARROW, C. J. Optimisation of the microencapsulation of tuna oil in gelatin–sodium hexametaphosphate using complex coacervation. **Food Chemistry,** v. 158, p. 358-365, 2014.

WANG, H. S.; FU, G. D.; LI, S. X. Functional polymeric nanofibers from *electrospinning*. **Recents Patents on Nanotechnology,** v. 3, p. 21-31, 2009.

YANG, X.; GAO, N.; HU, L.; LI, J.; SUN, Y. Development and evaluation of novel microcapsules containing poppy-seed oil using complex coacervation. **Journal of Food Engineering,** v. 161, p. 87-93, 2015.

YANG, Z.; PENG, Z.; LI, J.; LIA, S.; KONG, L.; LI, P.; WANG, Q. Development and evaluation of novel flavour microcapsules containing vanilla oil using complex coacervation approach. **Food Chemistry,** v.145, p. 272-277, 2014.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

TENDÊNCIAS NA AVALIAÇÃO DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS EM LEITE HUMANO

TRENDS IN THE EVALUATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN HUMAN MILK

GALINDO, Marcella Vitoria[1]*; SILVA, Wellington Oliveira[2]; GODOY, Helena Teixeira[3]

[1]FEA/Universidade Estadual de Campinas; [2]CCQA/Instituto de Tecnologia de Alimentos; [3]FEA/Universidade Estadual de Campinas. *Contato: rpmarcella@hotmail.com

RESUMO

O leite humano é chamado de padrão-ouro na nutrição de recém-nascidos, devido a presença de substâncias essenciais para o desenvolvimento adequado de uma criança. Entretanto, o leite pode conter substâncias químicas tóxicas, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Os HPAs são compostos apolares, lipofílicos provenientes da combustão incompleta de combustível de origem petrolífera, incineração, tabagismo, dentre diversos outros meios resultantes da urbanização e industrialização. Hábitos alimentares e estilo de vida das mães influenciam na bioacumulação de HPAs no leite humano. Órgãos regulamentadores como EFSA e IARC concluíram que oito HPAs apresentam possível carcinogenicidade em humanos. Durante a última década, a comunidade científica sentiu a necessidade de investigar tais compostos em leite humano e por isso desenvolveu métodos analíticos para extração e *cleanup* seguidos de análise por cromatografia gasosa ou líquida, acoplada a diversos detectores, dentre eles o de massas, fluorescência e ionização em chamas. Esta revisão tem como objetivo fornecer uma visão geral sobre tendências e desenvolvimento dos métodos analíticos nos últimos 10 anos para análise de HPAs em leite humano.

Palavras-chave: Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, POP, leite humano, método analítico, cromatografia.

ABSTRACT

Human milk is the gold standard in newborn nutrition, due to the presence of essentials substances for children development. However, milk can contain toxic substances such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). PAHs are non-polar and lipophilic compounds, resulting from the incomplete combustion of fossil fuel, incineration, smoking, among several other components of urbanization and industrialization. Mothers' dietary habits and lifestyle have influenced in the bioaccumulation of PAHs in human milk. Regulatory agencies, such as EFSA and IARC concluded that eight PAHs have possible carcinogenicity to humans. During the last decade, the scientific community needs to investigate such compounds in human milk and, therefore, developed analytical methods for extraction and *cleanup* followed by gas or liquid chromatography analysis, coupled with several detectors, including mass, fluorescence, and flame ionization. This review aims to provide an overview of trends and developed analytical methods in the last 10 years for the analysis of PAHs in human milk.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbon, POP, human milk, analytical method, chromatograph.

INTRODUÇÃO

Recentemente, muitos contaminantes provenientes de produtos farmacêuticos, hormônios e produtos para cuidados pessoais têm despertado interesse da comunidade científica e regulatória. Devido a capacidade de bioacumulação no meio ambiente, muitos destes contaminantes já fazem parte de nossa rotina há décadas, são os chamados poluentes orgânicos persistentes (POPs). A contaminação ambiental acarreta também na contaminação de alimentos tanto pelo solo e água, quanto pela exposição ao ar ou até mesmo durante o seu processamento (Montagner et al., 2017).

Por serem em sua maioria hidrofóbicos, lipofílicos, semivoláteis e pouco biodegradáveis, os POPs têm grande propensão à acumulação na natureza. Sofrem adsorção em sedimentos e na matéria orgânica do solo e da água e acumulam-se na cadeia alimentar de animais marinhos, terrestres e seres humanos (Oliveira et al., 2020). A bioacumulação é geralmente maior em humanos, em especial no leite humano, devido às características lipofílicas do tecido adiposo das nutrizes (Acharya, et al., 2019; Hegazy et al., 2020).

O leite humano é a principal fonte alimentar para crianças recém-nascidas devido ao fornecimento de quase todos os nutrientes necessários para promover o crescimento e desenvolvimento seguro dos lactentes (WHO, 2003). Por outro lado, devido à exposição crônica ou aguda das nutrizes, muitos POPs de características lipofílicas tendem a acumular-se no leite humano (Pajewska-Szmyt et., 2019).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) fazem parte dos POPs e constituem uma classe de mais de 100 produtos químicos onipresentes no meio ambiente, de fontes naturais ou antropogênicas, resultantes da pirólise ou combustão incompleta de matéria orgânica (Lawal, 2017). Estes compostos acumulam-se no leite humano principalmente pelo teor de lipídios, idade e peso da mãe, paridade, frequência e hábito alimentar, tempo de exposição e local de moradia (Yu, et al., 2011).

A *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) dos Estados Unidos, incluiu 16 HPAs na lista de poluentes prioritários, sendo naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno e indeno(1,2,3,c-d)pireno por serem carcinogênicos ou possivelmente carcinogênicos, além de serem classificados como desreguladores endócrinos (Bojes e Pope, 2007; European Food Safety, 2008; ATSDR, 1995).

Diversas pesquisas foram conduzidas no intuito de encontrar níveis e padrões de contaminação de HPAs em alimentos. Em virtude da toxicidade em humanos já evidenciada, métodos analíticos para avaliar a incidência destes compostos em leite humano são amplamente reportados em literaturas internacionais. Contudo, é fundamental o desenvolvimento de métodos analíticos que apresentem sensibilidade e robustez para avaliação de HPA em matrizes

complexas como o leite humano (Çok, et al., 2012; Luzardo, et al., 2013; Oliveira, et al., 2020; Santonicola, et al., 2017; Tsang et al., 2011).

Para tanto, diversos métodos de preparo de amostra, detecção e quantificação de HPAs em leite humano são reportados na literatura, dentre eles, a extração em fase sólida (*solid-phase extraction* - SPE) e a extração líquido-líquido (*liquid-liquid extraction* - LLE) têm sido amplamente requeridas (Çok, et al., 2012; Hegazy, et al., 2020; Pulkrabova, et al., 2016). Esses métodos utilizam grandes volumes de solventes impactando em alta geração de resíduos. Em virtude disso, métodos alternativos baseados no QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) foram propostos com o intuito de atender aos requisitos propostos pela química verde, dos quais a redução do volume de solvente, utilização de substâncias menos tóxicas e otimização dos processos de extração são utilizados (Acharya et al., 2019; Asamoah et al., 2019; Baduel et al., 2015; Loutfy et al., 2017).

Em relação à instrumentação e sistemas de detecção, a cromatografia gasosa com detector de massas é mais utilizada para análise de HPAs (Pulkrabova et al., 2016; Wang et al., 2018; Yu et al., 2011), entretanto cromatografia a líquido acoplada ao detector de fluorescência foi empregada em diversos estudos (Loutfy et al., 2017; Oliveira et al., 2020).

Considerando a disseminação ambiental dos HPAs, seus efeitos nocivos à saúde de nutrizes e lactentes, a contaminação de alimentos e do ambiente, foi realizada uma revisão da ocorrência de HPAs em leite humano com o objetivo de obter informações e esclarecer possíveis riscos de exposição das nutrizes frente a estes compostos, além de apresentar técnicas analíticas utilizadas para análise de HPAs.

METODOLOGIA

Esta revisão foi uma síntese da literatura, publicada no período de janeiro de 2011 a abril de 2021, acerca da ocorrência de HPAs em leite humano. A base de dados *Scopus* foi utilizada para a seleção dos artigos, utilizando as seguintes palavras-chave: “human milk” OR “breast milk” AND “polycyclic aromatic hydrocarbon*” OR “PAH*”. Ao todo, 60 estudos foram encontrados, incluindo artigos, revisões e *conference papers*. Como critério de elegibilidade, apenas artigos que apresentaram métodos analíticos para avaliação de HPAs em leite humano foram considerados. Por fim, apenas 14 artigos foram utilizados para a presente revisão. Vale ressaltar que, no Brasil, não foram encontrados trabalhos utilizando as respectivas palavras-chave.

DESENVOLVIMENTO

Leite humano

O leite humano é considerado o padrão-ouro na nutrição, devido ao fornecimento de

quase todos os nutrientes necessários para os bebês durante alguns meses após o nascimento, além de auxiliar em uma série de fatores que ajudam a promover o crescimento e o desenvolvimento saudáveis (WHO, 2003). Basicamente, o leite é composto por 87% de água, 7% de carboidratos, no qual a lactose é o principal, 4% de lipídios, 1% de proteínas e uma pequena parcela, mas não menos importante, é composto por vitaminas e minerais (Pajewska-Szmyt et al., 2019).

A composição do leite muda com os períodos de lactação devido a fatores fisiológicos da mãe. O leite pode ser definido em três fases de acordo com sua composição: a primeira fase é a produção do colostro, variando de 3 a 4 dias, rico em proteínas e vitaminas A, B12 e K, além de alguns oligossacarídeos; a segunda fase é a produção de leite imaturo ou leite de transição, que pode chegar a 2 semanas; e o leite maduro, no qual possui maiores quantidades de lipídeos (Andreas et al., 2015; Emmett e Rogers, 1997; Pajewska-Szmyt et al., 2019).

O colostro auxilia no fornecimento da proteção imunológica do recém-nascido contra vários patógenos ambientais. Já o leite maduro, devido a maior concentração de lipídeos, garante o crescimento e o desenvolvimento requeridos pelo lactente, além de fortalecer os mecanismos de defesa do organismo imaturo dos bebês (Emmett e Rogers, 1997). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o leite materno é o melhor alimento para os bebês e recomenda-se que os bebês sejam exclusivamente amamentados nos primeiros seis meses de vida (WHO, 2003).

No entanto, a composição do leite humano também é afetada por fatores externos como dieta da mãe, estilo de vida e contaminantes químicos, provenientes do ambiente e dos alimentos. Por conta da composição do leite humano, ele acaba se tornando o local onde a maioria dos compostos químicos lipossolúveis tendem-se a acumular, dificultando a completa excreção destes compostos. Além disso, o leite humano tornou-se uma matriz de biomonitoramento não invasiva (Andreas et al., 2015; Emmett e Rogers, 1997).

Devido a exclusividade na alimentação durante os primeiros meses de vida e ao fato de que nesta fase vários órgãos ainda estão em desenvolvimento, os lactentes parecem ser o setor da população mais vulnerável aos POPs. Níveis de concentração de POPs no leite humano são usados para avaliar a exposição de lactentes, mas também pode ser avaliado a exposição da mãe frente aos contaminantes (Yu et al., 2011).

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Dentre os POPs pesquisados, encontram-se os HPAs, que são compostos apolares formados por dois ou mais anéis aromáticos contendo apenas carbono e hidrogênio em sua estrutura. HPAs contendo até quatro anéis são chamados de leves (baixo peso molecular) e aqueles que contêm mais de quatro anéis são HPAs pesados (alto peso molecular), sendo estes últimos mais estáveis e mais tóxicos (Lawal, 2017).

Grande parte dos HPAs são adsorvidos em partículas provenientes da combustão incom-

pleta de combustível, incineração e queima de produtos no geral, tabagismo, dentre diversos outros meios resultantes da urbanização e industrialização onipresentes no meio ambiente. Grande parte da geração de HPAs são resultados da ação humana (Asamoah et al., 2019).

Diferentes organizações de saúde e proteção ambiental, como a *European Food Safety Authority* (EFSA) e a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) alertaram sobre a toxicidade dos HPAs. Em 2008, a EFSA, concluiu através do Painel de contaminantes na cadeia alimentar (CONTAM) que oito HPAs (Figura 01), sendo eles, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno e indeno(1,2,3-cd)pireno, individuais ou em conjunto, são possíveis ou prováveis carcinogênicos (European Food Safety, 2008).

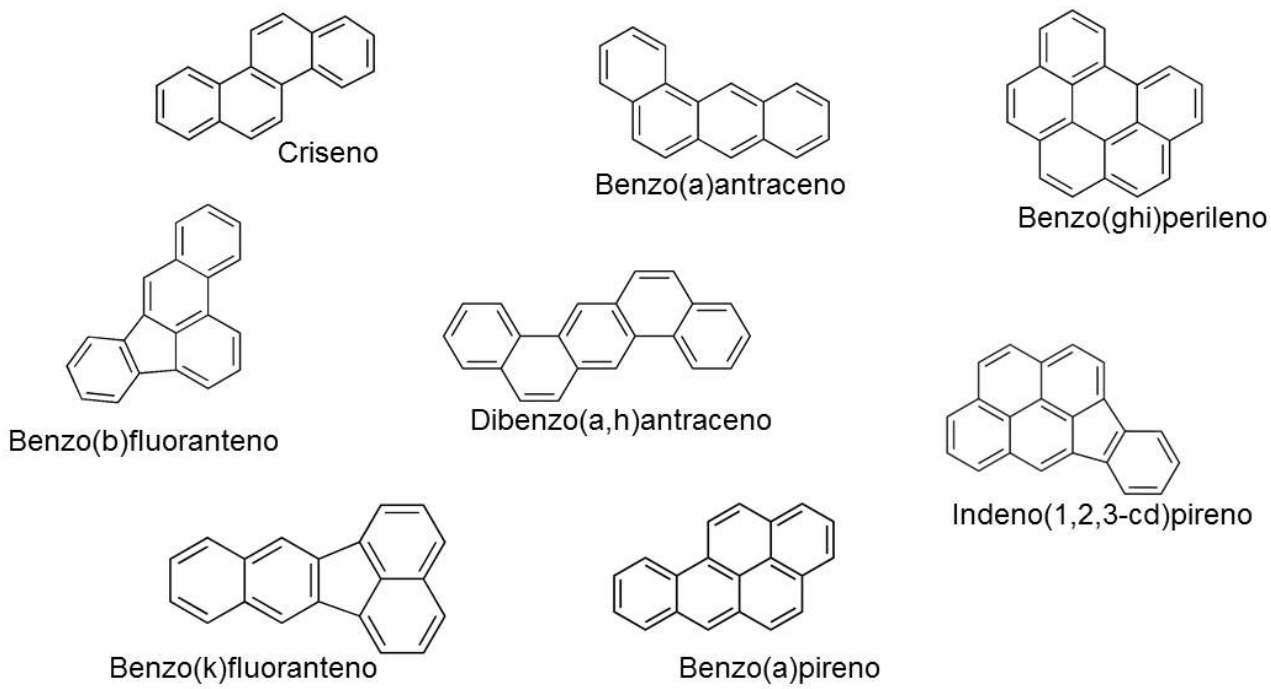


Figura 01: Estrutura química dos oito HPAs presentes na lista do CONTAM.

Fonte: Própria (2021).

No entanto, a IARC classificou o benzo(a)pireno como grupo 1, sendo carcinogênico, dibenzo(a,h)antraceno como provável carcinogênico (grupo 2A) e, benzo(a)antraceno, benzo(b) fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno e indeno(1,2,3-cd)pireno como possíveis carcinogênicos para humanos, correspondente ao grupo 2B (IARC, 2018), além de alguns HPAs serem possíveis disruptores endócrinos. Contudo, foi determinado o limite máximo de 1 µg/kg de benzo(a)pireno ou sua soma com benzo(a)antraceno, criseno e benzo(b)fluoranteno, em alimentos infantis (European Union, 2011).

Tendências na análise de HPAs

A tendência geral de publicação de trabalhos científicos, indexados na base de dados *Scopus*, acerca da presença de POPs em leite humano, durante os anos de 2011 a 2021 não apresentou crescimento significativo. Foram publicados 216 trabalhos, apresentando maior número de publicação no ano de 2013, entretanto estabilizou-se durante os anos seguintes. Até o mês junho de 2021, foram publicados 18 artigos, apresentando-se dentro da média em

comparação com anos anteriores (Figura 02). A maioria dos trabalhos foram realizados por pesquisadores dos Estados Unidos (EUA) (35), Alemanha (30) e Suécia (27), respectivamente. O Brasil se encontra na 24º posição, apresentando apenas 4 publicações.

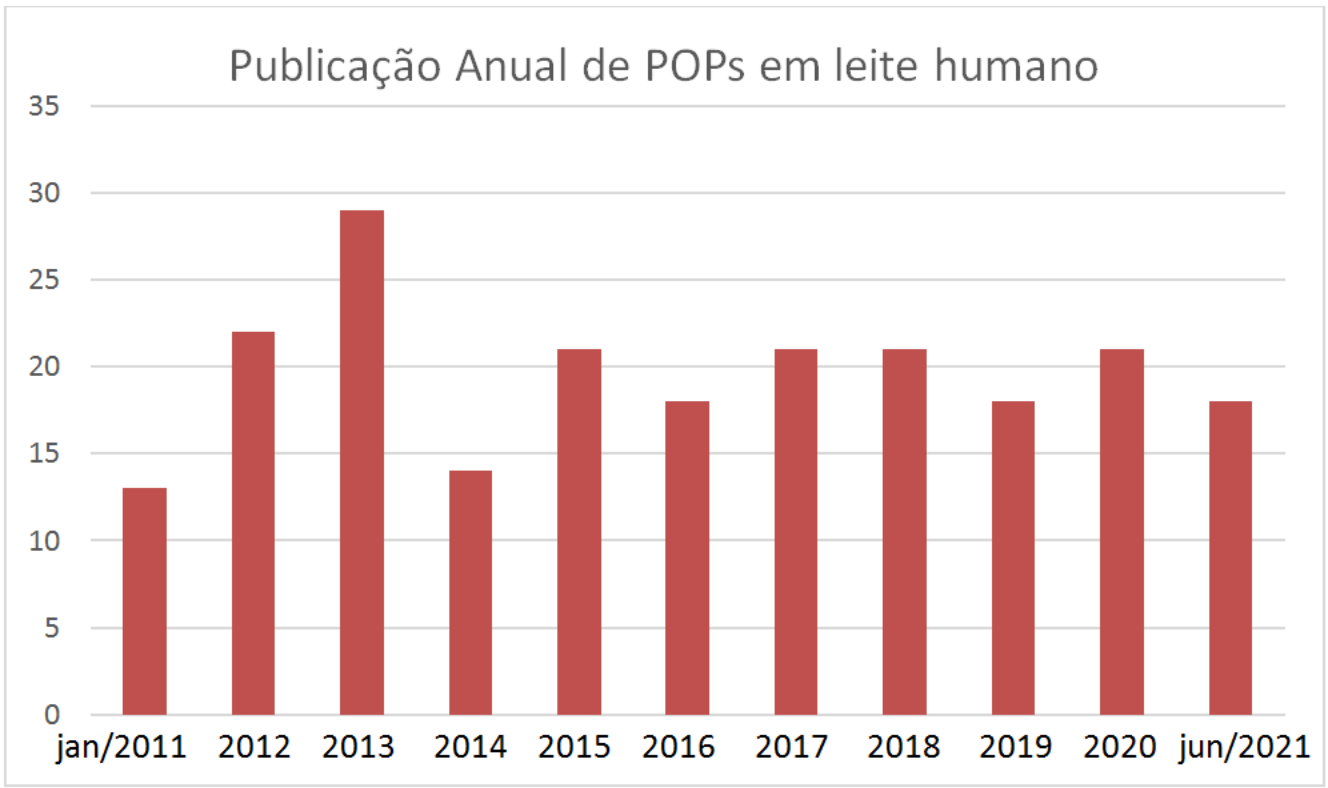


Figura 02: Publicação anual de POPs presentes em leite materno no período de jan/2011 - jun/2021.

Fonte: Própria (2021).

Entretanto, pesquisas para avaliar a incidência de HPAs em leite humano vêm ganhando destaque no decorrer dos anos. O desenvolvimento de métodos analíticos sensíveis para a detecção destes compostos se tornou imprescindível tanto para alimentos no geral, quanto para leite humano. Com isso, tornou-se visível as melhorias destes métodos com o passar dos anos. As novas técnicas de preparo de amostra e sistemas de detecção evoluíram em relação aos métodos tradicionais, no qual a utilização de grandes volumes de solventes e etapas que demandavam muito tempo foram reduzidas, dando espaço às técnicas chamadas *green chemistry* (Prestes et al., 2011).

A escolha da técnica analítica geralmente é baseada na estrutura do composto alvo, no caso dos HPAs, por apresentarem dois ou mais anéis aromáticos condensados e serem influenciados pelo sistema de duplas ligações conjugadas que possuem, os HPAs podem ser prontamente analisados por GC acoplado a detectores de massa ou GC-FID, técnicas que são frequentemente utilizadas pelos pesquisadores, como é possível observar na Tabela 01. A análise de HPAs no GC é realizada utilizando a injeção no modo *splitless*. Em relação a cromatografia a líquido, sistemas utilizando o detector de fluorescência apresentam sensibilidade satisfatória para análise de tais compostos.

Tabela 01: Metodologia analítica e concentração de HPAs em leite humano, publicados durante os anos de 2011 a 2021.

HPAs em amostras	Metodologia analítica	Concentração	Autor
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF	QuEChERS/ GC-MS	ND-950,70 ng/g	(Acharya, et al., 2019)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, 1-Met, 2-Met, DBahA	QuEChERS/GC-QqQ-MS/MS	<LOD-15936,57 ng/g	(Asamoah, et al., 2019)
Naph, Ace, Flu, Phe, P	QuEChERS/ GC-QqQ-MS/MS	ND – 1,70 ng/g	(Baduel, et al., 2015)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, DbahA,	LLE-SPE/ GC-MS	< LOD – 299,00 ng/g	(Çok, et al., 2012)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP	LLE-saponificação-SPE/ GC-FID	ND – 4,21 ng/ mL	(Hegazy, et al., 2020)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, Chr, BbF, BaP, BghiP, DBahA	QuEChERS/ HPLC-FLD	ND- 64,78 µg/kg	(Loutfy, et al., 2017)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, DBahA	QuEChERS/ GC-QqQ-MS/MS	ND – 14,44 µg/L	(Luzardo, et al., 2013)
Naph, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BghiP, DbahA, BjF	Extração com micro-ondas- incubação com β-glucuronidase/aril-sulfatase - SPE/ HPLC-DAD-FLD	< LOD – 1119,00 ng/g	(Oliveira, et al., 2020)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, DBahA	Soxhlet-SPE-*cleanup* com permeação em gel/ GC-MS	ND – 1447,00 ng/g	(Tsang, et al., 2011)
Naph, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF,BcFlu, BjF, CPP, DBahA, DBaeP, DBahP, DBaiP, DBalP	LLE-SPE/GC-MS	ND – 213,18 ng/g	(Pulkrabova, et al., 2016)
Acy, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, DBahA	Saponificação-LLE-SPE/ HLPC-FLD	ND – 89,55 µg/ kg	(Santonicola, et al., 2017)
Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, DBahA	LLE-SPE/ GC-MS	ND – 591,00 ng/g	(Yu, et al., 2011)
BaP, Phe, Flu, BaA, Ant, P, Flt, BbF, IndP, BghiP, BkF, Chr, DBahA	SPE/ GC-FID	0,4 – 3,30 mg/kg	(Karam, 2019)
Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, P, BaA, Chr, BbF, BaP, IndP, BghiP, BkF, DBahA	Soxhlet-SPE-*cleanup* com permeação em gel/ GC-MS	< LOD – 32,29 ng/g	(L. Wang, et al., 2018)

Fonte: Própria (2021).

Benz(a)pyrene; (BaP), Phenanthrene (Phe); flouranthene (Flt); Benz(a)anthracene (BaA); Anthracene (Ant); Pyrene (P); Fluorene (Flu); Benz(b)fluoranthene (BbF); Benz(j)fluoranthene (BjF); Indeno(1,2,3-cd)pyrene (IndP); Benzo(ghi)perylene (BghiP); Benz(k)fluoranthene (BkF); Chrysene (Chr); Dibenz(a,h)anthracene (DBahA); 1-Methylnaphthalene (1-Met); 2-Methylnaphthalene (2-Met); Naphthalene (Naph); Acenaphthylene (Acy); Acenaphthene (Ace); Cyclopental(-c,d)pyrene (CPP), Dibenz(a,h)anthracene (DBahA); Dibenzo(a,e)pyrene (DBaeP), Dibenz(a,h)pyrene (DBahP), Dibenz(a,i)pyrene (DBaiP), Dibenz(a,l)pyrene (DBalP).

No que diz respeito ao preparo de amostra, deve-se destacar que a SPE ainda é uma das técnicas mais utilizadas para extração, concentração e limpeza rápida de amostras de leite humano (Tabela 01). Em seguida, a LLE tem sido utilizada, muitas vezes, em conjunto com a SPE. Além disso, a técnica de QuEChERS é bastante requerida para a análise de HPA em leite humano, devido a facilidade no manuseio e bons resultados obtidos, além de utilizar meno-

res quantidades de reagentes tóxicos.

Asamoah et al. (2019), coletaram 128 amostras de leite de mulheres que moram ou trabalham em torno de um local de reciclagem de lixo eletrônico, em Gana. Os pesquisadores avaliaram a ocorrência de 18 HPAs e o protocolo de análise utilizado baseou-se na aplicação da técnica de QuEChERS seguido da cromatografia gasosa acoplada ao detector de massas em tandem. Os pesquisadores afirmam que foram encontrados níveis de HPAs em todas as amostras estudadas, variando de < LOD a 15.936,6 ng/g lipídeo, com nível médio de 1105,63 ng/g lipídeo. A presença de altos níveis de HPA no leite das mães pode ser corroborado com o local de habitação em que elas vivem. Além disso, foi comprovado que os compostos de baixo peso molecular como Naph, 2-Met e antraceno registraram os maior níveis de ocorrência, em relação aos de alto peso molecular (DB(a,h)A, IndP e B(k)F). Fato semelhante foi descrito por pesquisadores da Turquia e de Portugal (Çok et al., 2012; Oliveira et al., 2020).

A predominância de HPAs de baixo peso molecular no leite humano está associado a facilidade em que esses compostos apresentam em se locomover entre as células de glândulas mamárias, devido às suas características físico-químicas serem diferentes dos HPAs de maior peso molecular.

Em contrapartida, Karam (2019) analisou amostras de leite humano de doadoras que residiam na região de Al-Diwaniyah, no Iraque. O estudo foi delineado para analisar amostras de doadoras que viviam em região rural e urbana, e não fumantes. Os pesquisadores utilizaram uma metodologia analítica simples, que consistiu na extração em fase sólida seguida pela detecção por CG-FID. Através dos resultados obtidos, os HPAs de maior peso molecular foram detectados em maiores concentrações (0,8 a 2,8 mg/kg). Este resultado indica a propagação dos HPAs de origem petrolífera no ambiente, sugerindo que as doadoras que residiam na região urbana apresentaram maior concentração de HPAs de alto peso molecular. Comparativamente com outros estudos, o hábito de fumar aumentou em 5 vezes a presença de HPAs no leite.

A utilização de enzimas no preparo de amostra pode ser uma alternativa para melhorar a sensibilidade de métodos analíticos, como é o caso da utilização de enzimas β-glucuronidase/arylsulfatase, específicas para hidrólise de glucuronídeos e ésteres de sulfato presentes em fluidos biológicos, que podem comprometer a validação do método. Em Portugal, um grupo de pesquisadores desenvolveu um método de preparo de amostra utilizando uma solução enzimática de β-Glucuronidase/Arilsulfatase, visando a análise de oito HPAs e seis de seus metabólitos. Inicialmente, a etapa de extração foi realizada utilizando acetonitrila em um sistema de micro-ondas, em seguida o extrato foi concentrado e previamente tratado e para receber a solução enzimática. A detecção foi feita utilizando HPLC-DAD-FLD, alcançando limites de 0,02 a 7,43 µg/L de leite para os oito HPAs e 0,004 a 0,585 µg/L para os metabólitos de HPA (Oliveira et al., 2020).

Baduel et al. (2015), desenvolveram um método multirresíduo para análise de contaminantes químicos polares e apolares em leite humano, incluindo 16 HPAs. Neste estudo, foi demonstrado que o procedimento QuEChERS modificado utilizando sorventes à base de dióxido de zircônio (Z-sep) na etapa de *cleanup* seguido pela análise em GC-MS/MS apresentaram resultados extremamente satisfatórios, com vantagens claras sobre as técnicas tradicionais de extração de contaminantes no leite. Os limites de quantificação variaram de 0,3 a 1 µg/kg. Foram encontrados 5 HPAs nas amostras de leite avaliadas (Naph, Ace, Flu, Phe, P).

Com base na análise dos estudos sobre HPAs da última década, é possível identificar que as técnicas para determinação de tais compostos ainda precisam ser aprimoradas. Além disso, as tendências de desenvolvimento de métodos analíticos projetam-se na aplicação de tecnologias emergentes, principalmente na miniaturização e simplificação dos processos de preparo de amostra, visando a diminuição de geração de resíduos.

A utilização de técnicas de imunoensaio comerciais e imunossensores foram aplicadas em alimentos e apresentaram resultados satisfatórios, conforme relatado por Sun et al. (2019), demonstrando perspectivas para aplicação em leite humano. A utilização da nanotecnologia para o pré-tratamento de alimentos vem ganhando destaque na análise de contaminantes de alimentos. Os nanomateriais (0,2-100 nm) estão sendo utilizados como adsorventes devido ao seu pequeno tamanho e grande área superficial, conferindo propriedades funcionais singulares na pré-concentração dos analitos. Wang et al. (2015) desenvolveram um método para análise de HPAs em água utilizando nanopartículas magnéticas de nitreto de carbono grafítico (gC_3N_4/Fe_3O_4) como partículas adsorventes. Li et al., (2018) desenvolveram microesferas magnéticas covalentes (Fe_3O_4@COF-(TpBD)) para auxiliar no preparo de amostras de produtos cárneos e café. As microesferas adsorveram 99,95% dos HPAs analisados, apresentando limites de detecção que variaram de 0,83 a 11,7 ng/L. Para aplicação dos nanomateriais em leite humano, é necessário que estudos futuros melhorem a adaptabilidade dos adsorventes quanto a matriz, bem como a especificidade de ligação.

Métodos para reduzir a presença de HPAs nos alimentos, em especial no leite humano, precisam ser estudados e divulgados à população considerando os diversos malefícios à saúde humana ocasionados pelos respectivos contaminantes e a ampla disseminação no meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de HPAs em fluidos corporais, como leite humano ou até mesmo nos alimentos se tornou um alvo muito importante de estudos nos últimos anos, haja visto que eles estão presentes de forma não intencional. Esta revisão buscou apresentar os métodos analíticos para análise de HPAs em leite humano aplicados nos últimos dez anos (2011-2021). Os métodos apresentados englobaram diferentes técnicas de extração e *cleanup* seguido por de-

terminação utilizando cromatografia líquida ou gasosa. Estudos futuros são necessários para desenvolvimento de métodos miniaturizados em leite humano, utilizando menos amostras e solventes, visando enquadrar-se na categoria *green chemistry*.

Por fim, recomenda-se não abandonar o aleitamento materno mesmo que haja a incidência desses contaminantes no leite humano. São necessárias medidas para mitigar a exposição desses compostos, advindos de pesquisas interdisciplinares coordenadas para compreender o papel dos HPAs no processo de desenvolvimento de uma criança. É fundamental o papel dos órgãos regulamentadores em disseminar orientações e criar medidas preventivas para reduzir a incidência destes contaminantes na população, visando a saúde e bem-estar de todos.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, N.; GAUTAM, B.; SUBBIAH, S.; ROGGE, M. M.; ANDERSON, T. A.; & GAO, W. Polycyclic aromatic hydrocarbons in breast milk of obese vs normal women: Infant exposure and risk assessment. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 658-667, 2019.

ANDREAS, N. J.; KAMPMANN, B.; & MEHRING LEDOARE, K. Human breast milk: A review on its composition and bioactivity. **Early Human Development**, v. 91, p. 629-635, 2015.

ASAMOAH, A.; NIKBAKHT FINI, M.; ESSUMANG, D. K.; MUFF, J.; & SØGAARD, E. G. PAHs contamination levels in the breast milk of Ghanaian women from an e-waste recycling site and a residential area. **Science of The Total Environment**, v. 666, p. 347-354, 2019.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Altanta, GA. 1995. Disponível em: **<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>.**

BADUEL, C.; MUELLER, J. F.; TSAI, H.; & GOMEZ RAMOS, M. J. Development of sample extraction and clean-up strategies for target and non-target analysis of environmental contaminants in biological matrices. **Journal of Chromatography A**, v. 1426, p. 33-47, 2015.

BOJES, H. K.; & POPE, P. G. Characterization of EPA's 16 priority pollutant polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in tank bottom solids and associated contaminated soils at oil exploration and production sites in Texas. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 47, p. 288-295, 2007.

ÇOK, I.; MAZMANCI, B.; MAZMANCI, M. A.; TURGUT, C.; HENKELMANN, B.; & SCHRAMM, K. W. Analysis of human milk to assess exposure to PAHs, PCBs and organochlorine pesticides in the vicinity Mediterranean city Mersin, Turkey. **Environment International,** v. 40, p. 63-69, 2012.

EMMETT, P. M.; & ROGERS, I. S. Properties of human milk and their relationship with maternal nutrition. **Early Human Development,** v. 49, p. 7-28, 1997.

EUROPEAN FOOD SAFETY. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal, v. 6, p. 724, 2008. Disponível em: **<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/724>**.

EUROPEAN UNION. Commission Regulation No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs, v. 23, p. 274-278. 2011. Disponível em: **<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0835>.**

HEGAZY, A.; FAKHRELDIN, A.; & NASR, S. Monitoring of Carcinogenic Environmental Pollutants in Women's Breast Milk. **Biomedical and Pharmacology Journal**, v. 13, p. 119-125, 2020.

IARC. International agency for research on cancer. Agents classified by the IARC monographs. França, v. 1-122, 2018. Disponível em: **<https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/09/List_of_Classifications.pdf>.**

KARAM, F. F. Evaluation PAHs Contamination Level in the Breast Milk of Women in Al-Diwaniyah city, Iraq- a Case Study. **Journal of Global Pharma Technology**. v. 11, p.79-84. 2019.

LAWAL, A. T. Polycyclic aromatic hydrocarbons. A review. **Cogent Environmental Science**, v. 3, p. 1339841, 2017.

LI, N.; WU, D.; HU, N.; FAN, G.; LI, X.; SUN, J.; CHEN, X.; SUO, Y.; LI, G.; & WU, Y. Effective Enrichment and Detection of Trace Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food Samples based on Magnetic Covalent Organic Framework Hybrid Microspheres. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, p. 3572-3580, 2018.

LOUTFY, N. M.; MALHAT, F.; & AHMED, M. T. Polycyclic aromatic hydrocarbon residues in blood serum and human milk in Egypt, A pilot case study. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 23, p. 1573-1584, 2017.

LUZARDO, O. P.; RUIZ-SUÁREZ, N.; ALMEIDA-GONZÁLEZ, M.; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ, L. A.; ZUMBADO, M.; & BOADA, L. D. Multi-residue method for the determination of 57 Persistent Organic Pollutants in human milk and colostrum using a QuEChERS-based extraction procedure.

Analytical and Bioanalytical Chemistry, v. 405, p. 9523-9536, 2013.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

OLIVEIRA, M.; DUARTE, S.; DELERUE-MATOS, C.; PENA, A.; & MORAIS, S. Exposure of nursing mothers to polycyclic aromatic hydrocarbons: Levels of un-metabolized and metabolized compounds in breast milk, major sources of exposure and infants' health risks. **Environmental Pollution**, v. 266, p. 115243, 2020.

PAJEWSKA-SZMYT, M.; SINKIEWICZ-DAROL, E.; & GADZAŁA-KOPCIUCH, R. The impact of environmental pollution on the quality of mother's milk. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 7405-7427, 2019.

PRESTES, O.; ADAIME, M.; & ZANELLA, R. QuEChERS: possibilidades e tendências no preparo de amostra para determinação multirresíduo de pesticidas em alimentos. **Scientia Chromatographica,** v. 3, p. 51-64, 2011.

PULKRABOVA, J.; STUPAK, M.; SVARCOVA, A.; ROSSNER, P.; ROSSNEROVA, A.; AMBROZ, A.; SRAM, R.; & HAJSLOVA, J. Relationship between atmospheric pollution in the residential area and concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in human breast milk. **Science of The Total Environment,** v. 562, p. 640-647, 2016.

SANTONICOLA, S.; DE FELICE, A.; COBELLIS, L.; PASSARIELLO, N.; PELUSO, A.; MURRU, N.; FERRANTE, M. C.; & MERCOGLIANO, R. Comparative study on the occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in breast milk and infant formula and risk assessment. **Chemosphere**, v. 175, p. 383-390, 2017.

SUN, Y.; WU, S.; & GONG, G. Trends of research on polycyclic aromatic hydrocarbons in food: A 20-year perspective from 1997 to 2017. **Trends in Food Science & Technology**, v. 83, p. 86-98, 2019.

TSANG, H. L.; WU, S.; LEUNG, C. K. M.; TAO, S.; & WONG, M. H. Body burden of POPs of Hong Kong residents, based on human milk, maternal and cord serum. **Environment International**, v. 37, p. 142-151, 2011.

WANG, L.; LIU, A.; ZHAO, Y.; MU, X.; HUANG, T.; GAO, H.; & MA, J. The levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in human milk and exposure risk to breastfed infants in petrochemical industrialized Lanzhou Valley, Northwest China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 16754-16766, 2018.

WANG, M.; CUI, S.; YANG, X.; & BI, W. Synthesis of g-C3N4/Fe3O4 nanocomposites and application as a new sorbent for solid phase extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples. **Talanta**, v. 132, p. 922-928, 2015.

WHO. World Health Organization. Global strategy for infant and young child feeding. Geneva: World Health Organization; p. 41. 2003. Disponível em: **<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42590/9241562218.pdf;jsessionid=EE258E36B0AFF22DEC4B3A2885A0C357?sequence=1>.**

YU, Y.; WANG, X.; WANG, B.; TAO, S.; LIU, W.; WANG, X.; CAO, J.; LI, B.; LU, X.; & WONG, M. H. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Residues in Human Milk, Placenta, and Umbilical Cord Blood in Beijing, China. **Environmental Science & Technology**, v. 45, p. 10235-10242, 2011.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

ULTRASSOM DE ALTA INTENSIDADE: APLICAÇÕES COM INATIVAÇÃO OU ESTIMULAÇÃO MICROBIANA EM PRODUTOS LÁCTEOS

HIGH INTENSITY ULTRASOUND: APPLICATIONS WITH MICROBIAL INACTIVATION OR STIMULATION PURPOSES IN DAIRY PRODUCTS

OLIVEIRA, Gabriella[1]*; GUIMARÃES, Jonas[2]; SCUDINO, Hugo[2]; RAMOS, Gustavo Luis de Paiva Anciens[1,2]; COSTA, Leonardo[1]; CRUZ, Adriano[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro; [2]Universidade Federal Fluminense
*Contato: adriano.cruz@ifrj.edu.br

RESUMO

As tecnologias emergentes estão em constante aprimoramento, dando origem a novos processos capazes de promover maior preservação nutricional e melhorias nas características tecnológicas, além dos benefícios relacionados à eficiência energética. Entre as tecnologias não térmicas, o tratamento com ultrassom tem se destacado devido aos diversos benefícios relacionados às alterações microestruturais e à inativação microbiana. O estudo desta tecnologia é particularmente importante em produtos lácteos, pois esses representam um dos segmentos mais importantes da indústria de alimentos e possuem uma ampla gama de produtos desenvolvidos a partir de diferentes processos. Tem sido demonstrado que dependendo da intensidade do ultrassom aplicado, o tratamento pode exercer efeitos opostos sobre os produtos alimentícios, como inativação/estimulação de microrganismos e enzimas. Portanto, o objetivo desta revisão foi contextualizar as diferentes aplicações e mecanismos de ação do ultrassom em leite e derivados, abordando os benefícios tecnológicos do ponto de vista microbiológico.

Palavras-chave: Cavitação acústica, probióticos, preservação de alimentos, fermentação atividade funcional.

ABSTRACT

Emerging technologies are being constantly improved, giving rise to new processes capable of promoting greater nutritional preservation and improved technological characteristics, in addition to the benefits related to energy efficiency. Ultrasound treatment has stood out among the non-thermal technologies, due to several benefits related to microstructural changes and microbial inactivation. The study of this technology is particularly important in dairy products, which represent one of the most important segments of the food industry and have a wide range of products developed from different processes. It has been shown that depending on the applied ultrasound intensity, the treatment may exert opposite effects on the food products, such as inactivation/stimulation of microorganisms and enzymes. Therefore, the purpose of this review was to contextualize the different applications and mechanism of action of ultrasound in milk and dairy products, approaching the technological benefits from the microbiological point of view.

Keywords: Acoustic cavitation, probiotics, food preservation, fermentation, functional activity.

INTRODUCTION

The concept of food preservation has been adapting according to the consumer awareness for the risks involved with consumption of contaminated products. Previously restricted to the vision of obtaining the longest shelf life, producers and consumers are currently looking for more fresh and nutritious products, in addition to being safe for consumption. Traditional heat treatments can cause significant nutritional loss and sensory changes, thus, non-thermal treatments such as high hydrostatic pressure, pulsed electric fields, cold plasma, ultraviolet light and ultrasound have been extensively studied and improved to meet the demand of the industry for healthier and pleasant foods (Aguilera, 2019). Furthermore, these treatments have the characteristic of being more energy efficient processes, which is desirable on an industrial scale (Morales-de la Peña, 2019).

The study of emerging non-thermal technologies began with the aim of replacing conventional heat treatments in order to inactivate microorganisms but preserve the nutritional and sensory aspects of the fresh food. However, studies currently show that these technologies have much more applications than just being used for food preservation. The ultrasound is an example of a versatile non-thermal technology with several applications for food processing such as kinetic stabilization, cell rupture, release of bioactive compounds, improvement of water and lactose crystallization, microbial and enzymatic inactivation and any other process that requires improved mass transfer (Guimarães, 2019a; Bhargava, 2021; Chandrapala, 2015). It is currently known that the effects of the acoustic cavitation, generated by high-intensity ultrasound (HIUS), are dependent on the treatment intensity, considering a constant wave frequency (Pagnossa, 2020).

The dairy sector has several products, with different intrinsic characteristics, reason why the high-intensity ultrasound is widely studied in this area. The main applications of ultrasound in dairy products include reduction of microbial spoilage, fat homogenization and emulsification, viscosity change and improved fermentation (Soltani Firouz, 2019). However, recent studies have been focusing on the use of ultrasound for development of functional dairy products, such as probiotic, increasing their viability (Guimarães, 2019a).

The high-intensity ultrasound uses intensities greater than 1 W/cm^2 (Chandrapala, 2015), but higher than this, there is a wide range of possibilities to work with. It is complex to calculate the exact intensity used for processing, because the ultrasound intensity is influenced by the wave amplitude, pressure, sample volume, processing temperature, sample viscosity, among others (Hielscher, 2007). However, most studies work with processing parameters like ultrasonic power, time of processing and sample temperature, thus, the higher they are, the higher the intensity of treatment. Studies have shown the use of higher intensities for food preservation purposes while lower intensities has been used for microbial stimulation (Akdeniz, 2020).

The purpose of this review was to contextualize the different applications and mechanism of action of ultrasound in milk and dairy products, approaching the technological benefits from the microbiological point of view.

METHODOLOGY

A qualitative literature review was carried out, based on the search for the associated terms “ultrasound” and “dairy” published in the last five years. Science Direct, PubMed and Google Scholar databases were used.

DEVELOPMENT

Mechanism of action of ultrasound

The mechanism of action of ultrasound is based on acoustic cavitation and acoustic streaming. In a liquid environment, such as milk, the passage of acoustic waves create areas of compression and expansion, creating bubbles between these cycles, which grow with continuous application of the sound waves until reaching the stability limit, when they collapse. However, before the formation and implosion of the microbubbles, the rapid changes in pressure by ultrasound waves cause turbulence and volume displacement that can transport particles, gases or chemical compounds, being referred as acoustic streaming. The phenomenon of bubble collapse increase pressure and temperature at the implosion site, create shock waves, water jets and free radicals, which are responsible for most of the microbial inactivation and physico-chemical effects. However, the bubbles implosion also create microstreaming effects that generate shear forces and contribute, together with the acoustic streaming, to the mass transfer and displacement of particles (Kentish, 2014; Arvanitoyannis, 2017).

Initially, under the effect of the acoustic streaming, ultrasound acts on the cell wall inducing stress in the microbiological species but without damaging the membrane. However, prolonged and more intense treatments can cause the bubble collapse and disrupt the membrane, contributing to the release of intracellular material. The generation of intracellular cavitation is also reported as a mechanism of microbial inactivation. The main effects related to the microbial inactivation are the break of the cell wall by the action of micro-jets, changes in cell permeability; thermal inactivation by hot spots and production of free radicals that can thin the cell membrane and damage DNA (Chemat, 2011). The different effects caused by ultrasound waves depends on the intensity of acoustic cavitation and streaming effect, which can be controlled by varying equipment power intensity (W), however, different microorganisms have particular resistance to these effects (Scudino, 2020). In general, both yeast and bacteria are affected by these effects, but differences in the cell membrane and the existence of capsules must be considered, which can soften the effect of US (Bevilacqua, 2019).

The type of microorganism and cell size generate different levels of resistance to ultrasound treatment in the following decreasing order: spores, fungi, yeasts, Gram-positive bacteria and Gram-negative bacteria. Cocci are more resistant than bacilli due to the greater relationship between cell surface and volume, and Gram-positive bacteria may have greater resistance due to the thickness of the cell wall. Nevertheless, studies indicate variation in sensitivity between species: for example, among Gram negative, *Pseudomonas putida* and *Salmonella* spp. are more resistant than *Escherichia coli* (Bevilacqua, 2019). Bacterial spores are very resistant to acoustic cavitation and most of the studies recommend the utilization of high temperatures to inactivate them. For example, the inactivation of Bacillus subtilis spores by thermosonication (20 kHz) is more effective than heat treatment alone, since the ultrasound effect is enhanced by the hydrophobic surfaces of the spores, which attract hydrophobic cavitation bubbles. However, the process must be very well controlled, since ultrasound processing can induce spore germination (Fan, 2015).

Regarding microbial biofilms, attention should be paid to the application of ultrasound, as there may be an opposite effect than expected. If insufficient intensity is applied, there may be stimulation of cellular metabolism, helping the transport of oxygen and nutrients to the innermost layers of the biofilm, increasing formation and stability (Bevilacqua, 2019).

The effectiveness of food processing by ultrasound is determined by processing parameters like frequency, power and treatment time; however, other variables may also affect the overall result such as sample temperature and food characteristics. Many authors affirm that the ultrasound alone, using controlled low temperature, is not enough to effectively inactivate microorganisms and ensure the food safety, then, they suggest the combination with heat or pressure, which change the physicochemical state of the cell membranes and improve the cavitation effects, favoring microbial inactivation (Akdeniz, 2020; Evelyn, 2020). On the other hand, lower temperatures and mild ultrasonic intensities may be beneficial to stimulate the growth and activity of microorganisms (Pagnossa, 2020).

For food applications aiming physicochemical and microbiological effects, frequencies in the range of 20-100 kHz and more than 1 W/cm^2 are used, being characterized as high-intensity ultrasound, because in this frequency range is possible to generate waves of higher amplitudes, which result in higher cavitation effect and volume displacement (Hielscher, 2007). However, the intensity calculation is rarely demonstrated in the ultrasound studies, because it depends on not only the sonotrodes surface area but also the wave amplitude, sample volume and temperature. Therefore, there is a difficulty in distinguishing the lower and higher treatments of the high-intensity ultrasound, and some authors mistakenly use the term low-intensity ultrasound to characterize the mild HIUS treatments for microbial stimulation (Huang, 2019).

Microbiological applications of HIUS in dairy

The high-intensity ultrasound has presented several applications for food processing, being considered a versatile technology due to its different effects on food constituents. Traditionally, this technology was extensively studied for food preservation purposes, mainly inactivation of microorganisms in foods (Piyasena, 2003). However, researches have been reporting a low efficiency of the ultrasound alone, as a non-thermal process, to inactivate microbial load enough to ensure the food safety and preservation, mainly because of the resistance of some microorganisms to acoustic cavitation (Chandrapala, 2012). Therefore, aiming mainly the microbial inactivation, it has been suggested the use of HIUS process in combination with other processes, such as heat (Evelyn, 2020), supercritical carbon dioxide (Michelino, 2018), ultraviolet light (Wang, 2020) , among others..

Despite the need for high ultrasound intensities in order to effectively inactivate microorganisms, the use of non-thermal ultrasound (temperatures up to 55ºC) alone has been studied and applicable for some kind of dairy products, such as dairy beverages (Guimarães, 2018; Monteiro, 2018), in which the product ingredients already had a degree of microbial safety and the objective is to reduce the microbial load. The advantages of using ultrasound instead of heating to reduce the microbial load in multicomponent dairy beverages are the concurrent fat homogenization, kinetic stabilization and release/production of bioactive compounds (Monteiro, 2020; Guimarães, 2019b). However, the choice of using HIUS to reduce microbial load instead of conventional heating must be precisely calculated and there must be more advantages than negative effects, since inefficient ultrasonic treatments may not inactivate and also stimulate spore forming bacteria in dairy products (Lim, 2019).

Although there are many studies evaluating technological impacts of ultrasound treatment on several dairy products, the great majority of studies aiming microbial inactivation occurs in milk and dairy beverages. In these products the kinetic parameters of inactivation for a wide variety of food pathogens (*E. coli, S. aureus, Salmonella* sp. and *Listeria monocytogenes*) and spoilage bacteria are found in the literature. It is reported in these studies that ultrasound treatment can achieve microbial inactivation equivalent or superior to conventional heat treatment. (Scudino, 2020; Balthazar, 2019; Dhahir, 2020; Mortazavi, 2019).

As mentioned before, the effects of HIUS on food products depends on the treatment intensity. Studies indicate that microbial inactivation is more effective when higher ultrasound power/intensities and temperatures are applied, while lower processing parameters does not affect the microbial integrity (Scudino, 2020). However, more recently, researchers found that the application of HIUS using very low intensities (lower powers and temperatures), in other words, non-lethal treatments may improve the microbial growth (Akdeniz, 2020; Ojha, 2017). The effect on microbial stimulation is particularly interesting in fermented and probiotic dairy products, however, the relation between beneficial effects and ultrasonic intensity are still

controversial (Ojha, 2017; Abesinghe, 2019), since there is not a standardized form in literature to present the received acoustic energy by the food.

Ultrasound in probiotic dairy products

Ultrasound has several applications in probiotic dairy products, which can result in physical and chemical changes that affect the viability and metabolic activity of microorganisms; however, there are several forms of applying the ultrasound to develop probiotic products. The sonication can be performed in the culture alone, before fermentation; in the product with probiotics during fermentation; in the product prior to probiotic inoculation; and in the probiotic product after fermentation. Therefore, the desirable ultrasonic intensity will depend on the form of processing.

In general, the HIUS can be used to obtain a shorter processing/fermentation time, higher probiotic viability, products with lower lactose content, higher concentration of oligosaccharides and bioactive peptides and less formation of acetic and propionic acids (Guimarães, 2019a). To improve microbial growth of probiotics, a lower level of sonoporation may be required, which leads to an improvement in the permeability of cell membranes (increasing the mass transfer of substrates and removing metabolism products) and accelerating the supply of oxygen and nutrients (Ojha, 2017). However, the use of high ultrasonic intensities may also be useful to improve probiotic viability, mainly if applied to the product before the inoculation of the microorganisms, since the processing can disrupt cells and structures, which may release intracellular compounds and increase the bioaccessibility of nutrients for probiotics growth and survival (Barukčić, 2015; Wang, 2021). In addition, HIUS can also alter the structure of prebiotics, facilitating their access by probiotic microorganisms (Song, 2018).

Another microbial application for high-intensity ultrasound is the attenuation of probiotic microorganisms, aiming the modulation of the probiotic metabolism that can eventually alter sensory aspects of the product, mainly avoiding acidification, but without affecting the viability of the microorganisms (Racioppo, 2017). Beyond attenuation, the inactivation of probiotics may be desirable using ultrasound, which generates paraprobiotic products (where microbial cell compounds have beneficial effects on the consumer, without altering the product composition). In addition, ultrasound can be applied to stimulate probiotic growth and increase metabolic activity, generating beneficial microbial metabolites and microbial components, featuring a postbiotic product (Guimarães, 2019a).

Some studies have shown the beneficial effects of ultrasound treatment in stimulating probiotic microorganisms, such as *Lactobacillus plantarum*, *L. paracasei* and *L. acidophilus* in fermented milk, where there is an increase in viable cells and a consequent improvement in desirable properties, such as antioxidant activity, in addition to reducing fermentation time (Huang, 2019; Gholamhosseinpour, 2019 e 2020; Niamah, 2019). Potoroko, Kalinina, Botvinnikova, Krasulya, Fatkullin, Bagale and Sonawane (2018) evaluated the behavior of kefir fungi,

kefir culture and yogurt culture in reconstituted skim milk, concluding that it is possible to obtain growth stimulation and greater generation of biologically active compounds by adjusting the ultrasound treatment parameters.

FINAL CONSIDERATIONS

The high-intensity ultrasound is considered a versatile technology with different applications in food safety and products development. However, the effects of this technology are still varied and very dependent on the processing parameters, which affect the acoustic intensity. Studies on HIUS have been traditionally applied to inactivate microorganisms, but lower intensities have proven to stimulate the growth and viability, which is particularly important in dairy sector, to develop improved fermented and probiotic products. Further studies are needed regarding the definition of process parameters for each technological or microbiological safety objective, customized for each type of dairy product. In addition, it is interesting to stimulate the determination of the microbial inactivation kinetics of different pathogens in different dairy products by ultrasound, aiming at the application of quantitative risk analysis models, which reveal themselves as the future of food quality management.

REFERENCES

ABESINGHE, A. M. N. L.; ISLAM, N.; VIDANARACHCHI, J. K.; PRAKASH, S.; SILVA, K. F. S. T.; KARIM, M. A. Effects of ultrasound on the fermentation profile of fermented milk products incorporated with lactic acid bacteria. **International Dairy Journal**, v. 90, p. 1-14, 2019.

AGUILERA, J. M. The food matrix: implications in processing, nutrition and health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, p. 3612-3629, 2019.

AKDENIZ, V.; AKALIN, A. S. Recent advances in dual effect of power ultrasound to microorganisms in dairy industry: activation or inactivation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-16, 2020.

ARVANITOYANNIS, I. S.; KOTSANOPOULOS, K. V.; SAVVA, A. G. Use of ultrasounds in the food industry-Methods and effects on quality, safety, and organoleptic characteristics of foods: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 109-128, 2017.

BALTHAZAR, C. F.; SANTILLO, A.; GUIMARÃES, J. T.; BEVILACQUA, A.; CORBO, M. R.; CAROPRESE, M.; MARINO, R.; ESMERINO, E. A.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L.; FREITAS, M. Q.; CRUZ, A. G.; ALBENZIO, M. Ultrasound processing of fresh and frozen semi -skimmed sheep milk and its effects on microbiological and physical-chemical quality. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 51, p. 241-248, 2019.

BARUKČIĆ, I.; LISAK JAKOPOVIĆ, K.; HERCEG, Z.; KARLOVIĆ, S.; BOŽANIĆ, R. Influence of high intensity ultrasound on microbial reduction, physico-chemical characteristics and fermentation of sweet whey. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 27, p. 94-101, 2015.

BEVILACQUA, A.; CAMPANIELLO, B.; SPERANZA, B.; ALTIERI, C.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Two Nonthermal Technologies for Food Safety and Quality - Ultrasound and High Pressure Homogenization: Effects on Microorganisms, Advances, and Possibilities: A Review. **Journal of Food Protection,** v. 82, p. 2049-2064, 2019.

BHARGAVA, N.; MOR, R. S.; KUMAR, K.; SHARANAGAT, V. S. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 70, p. 105293, 2021.

CHANDRAPALA, J.; LEONG, T. Ultrasonic Processing for Dairy Applications: Recent Advances. **Food Engineering Reviews**, v. 7, p. 143-158, 2015.

CHANDRAPALA, J.; OLIVER, C.; KENTISH, S.; ASHOKKUMAR, M. Ultrasonics in food processing – Food quality assurance and food safety. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, p. 88-98, 2012.

CHEMAT, F.; ZILL, H.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, p. 813-835, 2011.

DHAHIR, N.; FEUGANG, J. M.; WITRICK, K.; PARK, S. B.; ABUGHAZALEH, A. Impact of ultrasound processing on some milk-borne microorganisms and the components of camel milk. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 245, 2020.

EVELYN; SILVA, F. V. M. Ultrasound assisted thermal inactivation of spores in foods: Pathogenic and spoilage bacteria, molds and yeasts. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 402-415, 2020.

FAN, L.; HOU, F.; MUHAMMAD, A. I.; RUILING, L. V.; WATHARKAR, R. B.; GUO, M.; DING, T.; LIU, D. Synergistic inactivation and mechanism of thermal and ultrasound treatments against Bacillus subtilis spores. **Food Research International**, v. 116, p. 1094-1102, 2019.

GHOLAMHOSSEINPOUR, A.; HASHEMI, S. M. B. Ultrasound pretreatment of fermented milk containing probiotic Lactobacillus plantarum AF1: Carbohydrate metabolism and antioxidant activity. **Journal of Food Process Engineering**, v. 42, e12930, 2019.

GHOLAMHOSSEINPOUR, A.; HASHEMI, S. M. B.; RAOUFI JAHROMI, L.; SOURKI, A. H. Conventional heating, ultrasound and microwave treatments of milk: Fermentation efficiency and biological activities. **International Dairy Journal**, v. 110, 104809, 2020.

GUIMARÃES, J. T.; BALTHAZAR, C. F.; SCUDINO, H.; PIMENTEL, T. C.; ESMERINO, E. A.; ASHOKKUMAR, M.; FREITAS, M. Q.; CRUZ, A. G. High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 57, p. 12-21, 2019.

GUIMARÃES, J. T.; SILVA, E. K.; ALVARENGA, V. O.; COSTA, A. L. R.; CUNHA, R. L.; SANT'ANNA, A. S.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Physicochemical changes and microbial inactivation after high-intensity ultrasound processing of prebiotic whey beverage applying different ultrasonic power levels. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 251-260, 2018.

GUIMARÃES, J. T.; SILVA, E. K.; RANADHEERA, C. S.; MORAES, J.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; FERREIRA, M. S.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 55, p. 157-164, 2019.

HIELSCHER, T. Ultrasonic production of nano-size dispersions and emulsions. **arXiv preprint** , 0708.1831, 2007.

HUANG, G.; CHEN, S.; TANG, Y.; DAI, C.; SUN, L.; MA, H.; HE, R. Stimulation of low intensity ultrasound on fermentation of skim milk medium for yield of yoghurt peptides by Lactobacillus paracasei. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 51, p. 315-324, 2019.

KENTISH, S.; FENG, H. Applications of power ultrasound in food processing. **Annual review of food science and technology**, v. 5, p. 263-284, 2014.

LIM, S. Y.; BENNER, L. C.; CLARK, S. Neither thermosonication nor cold sonication is better than pasteurization for milk shelf life. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 3965-3977, 2019.

MICHELINO, F.; ZAMBON, A.; VIZZOTTO, M. T.; COZZI, S.; SPILIMBERGO, S. High power ultrasound combined with supercritical carbon dioxide for the drying and microbial inactivation of coriander. **Journal of CO^2 Utilization**, v. 24, p. 516-521, 2018.

MONTEIRO, S. H. M. C.; SILVA, E. K.; ALVARENGA, V. O.; MORAES, J.; FREITAS, M. Q.; SILVA, M. C.; RAICES, R. S. L.; SANT'ANA, A. S.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Effects of ultrasound energy density on the non-thermal pasteurization of chocolate milk beverage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 42, p. 1-10, 2018**.**

MONTEIRO, S. H. M. C.; SILVA, E. K.; GUIMARÃES, J. T.; FREITAS, M. Q.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. High-intensity ultrasound energy density: How different modes of application influence the quality parameters of a dairy beverage. **Ultrasonics Sonochemistry,** v. 63, p. 104928, 2020.

MORALES-DE LA PEÑA, M.; WELTI-CHANES, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Novel technologies to improve food safety and quality. **Current Opinion in Food Science**, v. 30, p. 1-7, 2019.

MORTAZAVI, N.; ALIAKBARLU, J. Antibacterial Effects of Ultrasound, Cinnamon Essential Oil, and Their Combination Against Listeria monocytogenes and Salmonella Typhimurium in Milk. **Journal of Food Science**, v. 84. p. 3700-3706, 2019.

NIAMAH, A. K. Ultrasound treatment (low frequency) effects on probiotic bacteria growth in fermented milk. **Future of Food: Journal on Food, Agriculture & Society**, v. 7, n. 2, 2020.

PAGNOSSA, J. P.; ROCCHETTI, G.; RIBEIRO, A. C.; PICCOLI, R. H.; LUCINI, L. Ultrasound: beneficial biotechnological aspects on microorganisms-mediated processes. **Current Opinion in Food Science**, v. 31, p. 24-30, 2020.

OJHA, K. S.; MASON, T. J.; O'DONNELL, C. P.; KERRY, J. P.; TIWARI, B. K. Ultrasound technology for food fermentation applications. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 34, p. 410-417, 2017.

PIYASENA, P.; MOHAREB, E.; MCKELLAR, R. C. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 87, p. 207-216, 2003.

POTOROKO, I.; KALININA, I.; BOTVINNIKOVA, V.; KRASULYA, O.; FATKULLIN, R.; BAGALE, U.; SONAWANE, S. H. Ultrasound effects based on simulation of milk processing properties. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 48, p. 463-472, 2018.

RACIOPPO, A.; CORBO, M. R.; PICCOLI, C.; SINIGAGLIA, M.; SPERANZA, B.; BEVILACQUA, A. Ultrasound attenuation of lactobacilli and bifidobacteria: Effect on some technological and probiotic properties. **International Journal of Food Microbiology**, v. 243, p. 78-83, 2017.

SCUDINO, H.; SILVA, E. K.; GOMES, A.; GUIMARÃES, J. T.; CUNHA, R. L.; SANT'ANA, A. S.; MEIRELES, M. A. A.; CRUZ, A. G. Ultrasound stabilization of raw milk: Microbial and enzymatic inactivation, physicochemical properties and kinetic stability. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 67, p. 105185, 2020.

SOLTANI FIROUZ, M.; FARAHMANDI, A.; HOSSEINPOUR, S. Recent advances in ultrasound application as a novel technique in analysis, processing and quality control of fruits, juices and dairy products industries: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, p. 57, p. 73-88, 2019.

SONG, A. X.; MAO, Y. H.; SIU, K. C.; WU, J. Y. Bifidogenic effects of Cordyceps sinensis fungal exopolysaccharide and konjac glucomannan after ultrasound and acid degradation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 111, p. 587-594, 2018.

WANG, J.; LIU, Q.; XIE, B.; SUN, Z. Effect of ultrasound combined with ultraviolet treatment on microbial inactivation and quality properties of mango juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 64, p. 105000, 2020.

WANG, J.; XIE, B.; SUN, Z. Quality parameters and bioactive compound bioaccessibility changes in probiotics fermented mango juice using ultraviolet-assisted ultrasonic pre-treatment during cold storage. **LWT**, v. 137, p. 110438, 2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

ULTRASSOM E A FORMAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

ULTRASOUND AND THE FORMATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS

LINO, Débora Lemos [1]; GUIMARÃES, Jonas Toledo [2] ; CRUZ, Adriano Gomes da[1]*

[1]Departamento de Alimentos/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ); [2]Faculdade de Medicina Veterinária/Universidade Federal Fluminense (UFF)
*Contato: dedealecrim@gmail.com

RESUMO

O consumo de alimentos ricos em compostos bioativos é reportado na literatura como um hábito que auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, doenças metabólicas, inflamatórias e carcinogênicas. Os avanços tecnológicos dos alimentos visam aprimorar processamentos e estocagem, minimizando alterações e degradações que podem depreciar a qualidade dos alimentos. O ultrassom tem sido aplicado como tecnologia de conservação de alimentos e método de extração de compostos, gerando menores perdas nutricionais quando comparado às tecnologias tradicionais térmicas. Assim, esta revisão tem como objetivo relatar parâmetros comprovadamente definidos no processamento por ultrassom e exemplificar diferentes aplicações relacionadas a compostos bioativos em alimentos.

Palavras-chave: Conservação, tecnologias, emergente, polifenóis.

ABSTRACT

The consumption of foods rich in bioactive compounds is reported in the literature as a habit that helps to prevent cardiovascular diseases, metabolic, inflammatory and carcinogenic diseases. Technological advances in food are aimed at improving processing and storage, minimizing changes and degradations that can detract from the quality of food. Ultrasound has been applied as a food preservation technology and a compound extraction method, generating lower nutritional losses when compared to traditional thermal technologies. Thus, this review aims to report parameters that have been proven to be defined in ultrasound processing and to exemplify different applications related to bioactive compounds in foods.

Keywords: Conservation, technologies, emerging, polyphenols.

INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos ricos em compostos bioativos é um hábito que auxilia na manutenção da saúde, sendo eficiente no tratamento e prevenção de doenças cardiovasculares, doenças metabólicas, inflamatórias e carcinogênicas (Yildiza et al., 2019). Segundo a RDC Nº 243, de 26 de julho de 2018, a substância bioativa é definida como "nutriente ou não nutriente consumido normalmente como componente de um alimento, que possui ação metabólica ou fisiológica específica no organismo humano". Esses compostos (são encontrados em uma grande variedade de frutas e vegetais) são mitigadores de processos degenerativos. Para que estas substâncias permaneçam disponíveis, pesquisamos métodos não térmicos, tais como o ultrassom, que promovam mudanças com poucas alterações nas estruturas moleculares (Aghajani et al.,2020). São muitas as tecnologias emergentes, como plasma, ozônio, ultrassom, processamento de alta pressão e luz pulsada que se mostram com melhores desfechos após processamento. Desencadeiam poucas alterações na composição da matriz alimentar, sabor, nutrientes e compostos bioativos preservados (Linhares et al, 2020).

A tecnologia de ultrassom tem atuação mecânica, promove a melhoria de compostos bioativos, é facilmente reproduzível e economicamente viável (Yıkmıs et al.,2020). Fisicamente, ocorrem choques de ondas de cavitação acústica e microjatos, enquanto que quimicamente, ocorrem possíveis formações de radicais livres por meio da lise promovida pelas ondas sonoras e vapor de água, como demonstrado na Figura 02 (Yıkmıs et al., 2020). Quimicamente, resultam em possíveis formações de radicais livres por meio da lise promovida pelas ondas sonoras e vapor de água demonstrado na Figura 01. (Yıkmıs et al.,2020).

As frequências são agrupadas em: baixa frequências (20 kHz-100 kHz), frequências médias (100 kHz-1 MHz) que podem ser utilizadas em tecnologias de alimentos e altas frequências (5 MHz-10 MHz) que frequentemente são utilizadas para fins clínicos. O ultrassom tem se destacado nos estudos para extração, filtração, cristalização, homogeneização, corte e inativação de microrganismos deteriorantes. Porém, ondas de alta frequência podem induzir danos aos vegetais gerando um estresse pós-tratamento. Este estudo tem como objetivo relacionar o uso do ultrassom e a degradação de compostos bioativos (Aguilar-Camacho et al., 2018), bem como relatar parâmetros comprovadamente definidos no processamento por ultrassom e exemplificar diferentes aplicações relacionadas a compostos bioativos em alimentos.

METODOLOGIA

Foi executado levantamento bibliográfico utilizando como palavras-chave para buscar os termos: "ultrassom" e "compostos bioativos" em português, "*ultrasound and bioactive compounds*" em inglês, na base de dados do Pubmed e Periódicos Capes. Foram excluídos os estudos com mais de 5 anos de publicação e os quais apresentaram objetivos que não eram compatíveis com a investigação deste trabalho.

DESENVOLVIMENTO

Com os avanços tecnológicos de conservação, reforçou-se que haviam alimentos que eram constituídos de substâncias que promovem reações benéficas ao organismo. Porém, longos períodos de aquecimento na pasteurização não garantiam que todo o potencial funcional e sensorial fosse preservado. O ultrassom é uma tecnologia de frequência, tempo e amplitude controladas. Além de método de conservação, pode ser utilizado na extração de compostos de maneira coadjuvante, obtendo ótimos resultados em composição e qualidade. Os sistemas de ultrassom mais utilizados no processamento de alimentos são sondas e banhos (Figura 03). Na indústria de alimentos em fabricação de carnes auxilia na maciez, melhora a dinâmica da água no tecido, eleva a capacidade de retenção de água e intensifica a cor; enquanto para frutas e vegetais tende a deixá-los mais firmes, reduz a carga microbiana, altera a coloração, inativação de enzimas e melhora as características de secagem.Em produtos à base de cereais, o ultrassom permite uma melhor mistura das massas e melhora a textura, os aspectos sensoriais e visuais.

No caso da indústria de laticínios, o ultrassom tem sido usado para inativar micro-organismos, aumentar a etapa de homogeneização, reduzir o tamanho dos glóbulos de gordura e melhorar a qualidade sensorial e nutricional (Bhargava et al., 2021; Rana, Meena, Shweta, 2017; Astráin-Redín et al, 2019).

Hortaliças são produtos perecíveis, portanto é de extrema urgência para a indústria alimentícia melhorar os aspectos no que tange a aprimorar a vida de prateleira. O ultrassom pode ser aplicado em frutas e vegetais para alterar a consistência e também para a inativação substâncias fenol peroxidase e polifenoloxidase, em condições, ocorrendo em taxas mais elevadas quando se combina a tecnologia de ultrassom com o calor (40-60°C). As ondas de ultrassom podem determinar padrões sobre a composição, estrutura e propriedades físicas das frutas.

A Inovação da aplicação do ultrassom em frutas e vegetais ocorre devido aos poros e vazios neles presentes, pois os espaços vazios podem restringir a dispersão do ultrassom (Bhargava et al., 2021; Soltani Firouz, M., A. Farahmandi, Hosseinpour, 2019).

Um dos aspectos sensoriais importantes de frutas ou vegetais é a cor, que é um indicador de frescor e qualidade do sabor. A alteração ou depreciação da cor afeta a decisão de compra dos consumidores, pois pode ser um indicativo de que o produto pode estar impróprio para o consumo (Nicolau-Lapeña et al.,2019).

A consistência firme e a suculência são atributos que os consumidores procuram nas frutas ou vegetais. No entanto, a maioria dos estudos relatou que o processamento de ultrassom pode afetar a firmeza de frutas ou vegetais. Todavia, é ainda uma questão inconclusiva, pois alguns estudos não reportaram diferenças significativas nos parâmetros texturais.

Desse modo, o efeito do ultrassom na firmeza da fruta ou vegetal depende de vários

parâmetros, como matriz alimentar, variedade, estágio de maturação e intensidade ou tempo de processamento. Esses parâmetros precisam ser melhor avaliados de acordo com dada particularidade de cada fruta ou vegetal (Nicolau-Lapeña et al,2019; Bhargava, 2021, Soltani Firouz, M., A. Farahmandi, S. Hosseinpour,2019; Nicolau-Lapeña et al., 2019).

Existem outros efeitos do ultrassom que não tem sido amplamente estudados: no sabor de frutas ou vegetais, que demandam mais investigações e neste sentido podem ser necessárias para descrever essas propriedades. Um experimento testou o efeito do ultrassom combinado com atmosfera controlada na qualidade em pepinos e obteve como desfecho a redução da perda de massa e firmeza, inibição da mudança de cor, manutenção do teor de sólidos solúveis e integridade da parede celular, além de restringir a redistribuição de água em pepinos. No que diz respeito ao sabor, não foram relatadas diferenças na adstringência, gosto residual, amargor, umami, riqueza e salinidade entre pepino processado por ultrassom e controles (Nicolau-Lapeña et al.,2019; Feng.,2018).

Outra utilidade recente do ultrassom é a ação em sucos de frutas, demonstrando sua eficácia em melhorar suas propriedades, como viscosidade aparente, cor, estabilidade turva e qualidade sensorial (aparência, textura, sabor e aroma) (Dolas, R., C. Saravanan, B. P. Kaur, 2019.). O uso combinado com outras tecnologias de preservação ou ultrassom sozinho pode ser o suficiente para a preservação de alimentos líquidos. O ultrassom mostrou-se eficaz na redução da atividade da polifenoloxidase e da peroxidase, que são as enzimas comumente envolvidas nas reações de escurecimento de sucos de frutas (Soltani Firouz, M., A. Farahmandi, S. Hosseinpour, 2019).

O resultado combinado das tecnologias de ultrassom (40 kHz, 200 W, 21 minutos) e campo elétrico pulsado (1 kHz, 9 kV/cm, 335 μs) foi descrito com a finalidade de melhorar a qualidade e a segurança microbiana do suco de espinafre (Nicolau-Lapeñaet al,2019). Depois do tratamento, o suco de espinafre teve redução significativa na inativação microbiana. No entanto, a reologia do suco foi alterada pelas tecnologias não térmicas, a viscosidade aparente e o índice de consistência sofreram alterações no suco de espinafre.

Achados referentes examinar o resultado do tratamento químico (ácido ascórbico e cloreto de cálcio), tratamento físico (banho-maria a 65°C) e ultrassom (tipo banho, 28 kHz, intensidade 100 kW/m3, 50 W, 15 min) para retardar o escurecimento enzimático de fatias de marmelo minimamente processadas durante 14 dias de armazenamento. As análises comprovaram que o tratamento com ultrassom inibiu o crescimento de bactérias, fungos e leveduras em fatias de marmelo minimamente processadas durante o armazenamento a 4°C. As amostras tratadas com ultrassom apresentaram benefícios nos compostos bioativos e essas amostras obtiveram melhores valores de cor, mostrando menor escurecimento enzimático (Yildiz, G., G. Izli, R. M. Aadil, 2020).

O ultrassom tem potencial significativo para comercialização na indústria de alimentos,

em especial a de laticínios. As aplicações do ultrassom na indústria de laticínios são: a inativação microbiana; homogeneização, desnatação, emulsificação e pode acelerar a fermentação do leite. Demais aplicações, como remoção de espuma, desnaturação e benefícios funcionais para proteínas e cristalização de lactose foram exploradas. O tratamento de ultrassom do leite resulta em glóbulos de gordura homogêneos e uniformemente distribuídos, o que facilita o uso desse leite em diversos laticínios. Por exemplo, o leite tratado por ultrassom terá dispersão melhorada de gordura, o que torna o iogurte mais homogêneo e viscoso (Soltani Firouz, M.; A. Farahmandi, e S. Hosseinpour, 2019; Gallo, M.; L. Ferrara, D. Naviglio, 2018; Yildiz, G.; G. Izli, e R. M. Aadil, 2020; Mohan, M. S., 2020). Intensidades superiores a 1 W/cm2 foram usadas para emulsificação e homogeneização, enquanto intensidades abaixo de 1 W/cm2 foram usadas para monitoramento não invasivo e separação não destrutiva de misturas (Mohan, M. S., 2020; Scudino, Silva 2020) descreveu o efeito do ultrassom na inativação enzimática e microbiana, estabilidade cinética e aspectos físico-químicos do leite cru visando à estabilização.

Com o uso do processamento de ultrassom (20 kHz, 475 W, 3 kJ/L), o leite cru obteve padrões microbianos e enzimáticos semelhantes aos processos térmicos tradicionais. Para além disso, o tamanho dos glóbulos de gordura foi diminuído (< 1 μm), os parâmetros de cor foram melhorados e uma estabilidade cinética foi melhorada durante o armazenamento. Entretanto, estudos desta tecnologia ainda precisam ser realizados em produtos lácteos para avaliar as alterações nutricionais e a aceitação sensorial desses produtos (Scudino et al,2020).

Os estudos relacionados à textura e aos parâmetros reológicos têm se direcionado na aplicação do ultrassom na fabricação de queijos, processos de coagulação e fermentação (Chávez-Martínez et al, 2020). Ultrassom e análise de textura têm utilização para fins de controle de qualidade, para avaliar a textura e o grau de maturação em queijo manchego durante o armazenamento (Gómez-Salazar, J. A., et al., 2018). Com o objetivo de obter laticínios com menor teor de gordura, o ultrassom tem sido utilizado para fracionar o leite líquido e remover as camadas de gordura (Paniwnyk et al.,2017).

Estudos se mostram promissores, a preocupação está em delimitar parâmetros que sejam eficazes na preservação das características que os consumidores atuais valorizam e que já são descritas como promotoras de saúde. O desenvolvimento de tecnologias é importante para que a saúde caminhe concomitante à conservação dos alimentos. As demandas do consumidor moderno são alimentos que conferem praticidade, maior tempo de prateleira, nutrientes biodisponíveis e preservados. Diversos são os usos para o ultrassom no processamento de alimentos, desde o pré-tratamento à extração de substâncias intracelulares através do extravasamento que ocorre com o rompimento das paredes celulares (Radziejewska Kubzdela et al., 2020). A Tabela 01 relaciona as aplicações reportadas na literatura.

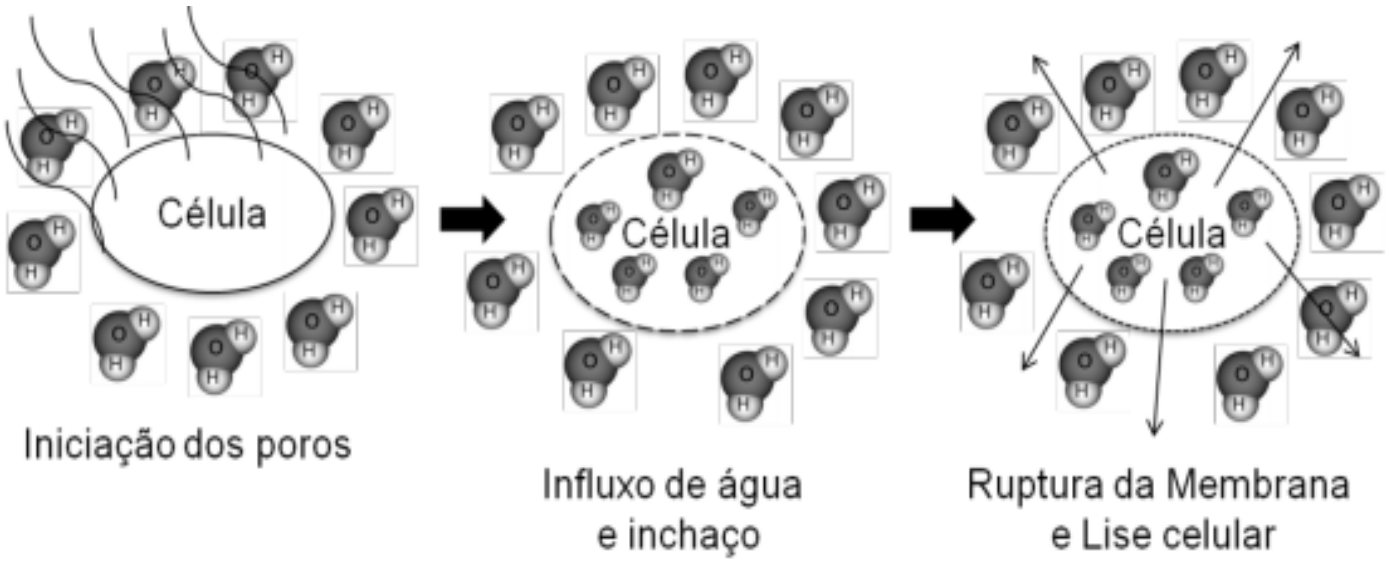


Figura 01: Esquema de lise celular de micro-organismos patogênicos induzido por ultrassom.

Fonte: Verruck & Prudencio, 2018.

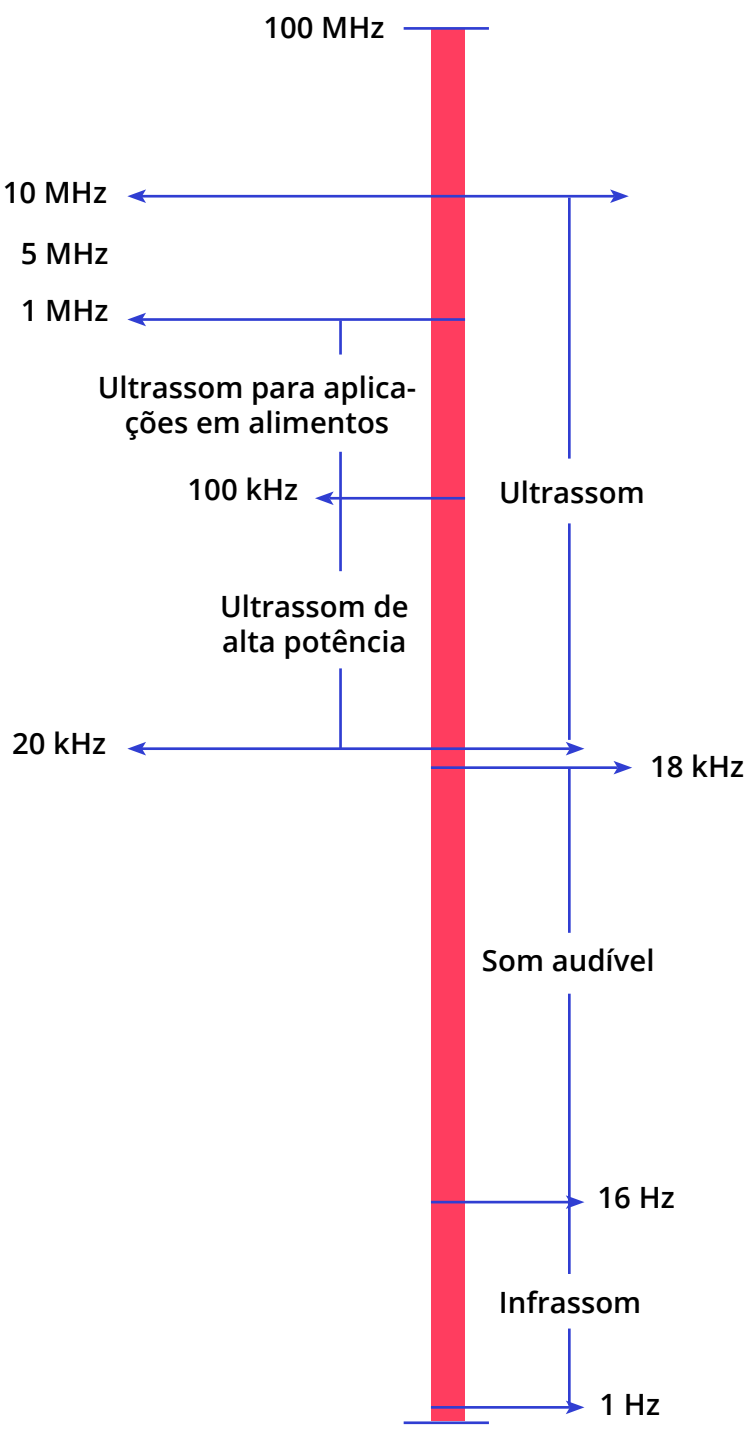


Figura 02: Esquema de frequência de ondas sonoras.

Fonte: S.Verruck & E. S. Prudencio, 2018.

Tabela 01: Aplicações do ultrassom em alimentos, relacionadas à compostos bioativos.

Tipo de ensaio	Resultados	Autor e ano
Thermosonication applied on camu–camu nectars processing: Effect on bioactive compounds and quality parameters	Observou-se que com ultrassom (30min), não houve redução significativa do conteúdo de antocianina e o comportamento inverso ocorreu para a aplicação de ultrassom de 60min.O processamento aumentou o teor de bioativos e os tornou mais biodisponíveis na digestão, reduziu a concentração com o aumento da temperatura de processamento. Peroxidase e polifenoloxidase diminuíram significativamente após a termossonicação.	Souza et al., 2019.
Teste com de otimização da radiação UV-C combinada com extração assistida por ultrassom de tomate cereja	Comprovaram que foram significativamente bons para determinação da concentração de licopeno extraído tratados com concentrações que variam 1:10, 1:20, 1:30 amostra/solvente respectivamente com sonicação de 20 kHz/ 20°C durante 4, 8 e 12 minutos.	Lima et al., 2019
Efeitos do tratamento de tanase e ultrassom nos compostos bioativos e atividade antioxidante de extrato de chá verde	As capacidades antioxidantes aumentaram significativamente de 0 a 10 min e atingiram o pico em 10min com a temperatura de 45°C. O prolongamento do tempo ultrassônico permitiu um aumento nas capacidades antioxidantes. No entanto, após o tempo de ultrassom ter sido superior a 10 minutos, as capacidades antioxidantes começaram a diminuir. Devido ao longo tempo de ultrassom, a atividade enzimática diminuiu e os antioxidantes foram degradados.	Xiao-Yu Xu et al.l, 2019.
Processos térmicos e não térmicos, os processos não térmicos concentraram açúcares, aminoácidos betaína	O ultrassom por 5min a 372,93 W.cm-2 de potência (US.12) e ultrassom seguido de luz pulsada (US.LPP) melhoraram o suco de açaí. Ultrassom e plasma juntos aumentam a quantidade de ácidos. A ação combinada de ultrassom seguido por luz pulsada melhorou em 8% ($p \geq 0,05$) a bioacessibilidade da vitamina C. Esses compostos têm melhor utilização no lúmen intestinal.	Linhares et al., 2020
Efeito do tratamento de ultrassom na cor, vitamina C, fenóis totais e teor de carotenoides no suco de groselha.	A intensidade e energia aplicada no suco de groselha não alterou a estrutura molecular de alto peso molecular, estas estão associadas a propriedades físico-químicas. Evidenciam alterações significativas nos compostos bioativos, por exemplo o ácido ascórbico quando associado a pasteurização térmica e ao ultrassom. A diminuição do ácido ascórbico afetou a eficácia da função antioxidante e pode alterar na conservação e, consequentemente, no tempo de prateleira.	Ordóñez-Santos et al., 2017.
Valorization of iraca (Carludovica palmata, Ruiz & Pav.) infructescence by ultrasound-assisted extraction: An economic evaluation	Outro estudo examinou a economia da extração assistida por ultrassom de compostos fenólicos da infrutescência de Iraca (Carludovica palmata, Ruiz & Pav.). O custo de fabricação mudou dependendo das capacidades do equipamento. Ao dimensionar o volume de 5 L para 500 L, o custo diminuiu de 456,04 USD/kg para 93,43 USD/kg.	Galviz-Quezada, A., et al., 2019.
Techno-economic evaluation of the extraction of anthocyanins from purple yam (Dioscorea alata) using ultrasound-assisted extraction and conventional extraction processes	A extração de antocianinas do inhame roxo por ultrassom foi relatada como economicamente viável com um preço de venda acima de 170 USD / kg [95].	Ochoa, S.; M. M. Durango-Zuleta, and J. Felipe Osorio-Tobón, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Produtos processados sem aditivos químicos tendem a atrair consumidores. Os benefícios relacionados à melhor preservação nutricional e concentração na extração fazem os usos do ultrassom em alimentos promissores. São necessários mais estudos para definir parâmetros de processamento para diferentes classes de alimentos, associados aos diversos efeitos na matriz alimentar.

REFERÊNCIAS

AGHAJANI , A.; MORTAZAVI, S. A.; YAZDI, F. T.; ZENOZIAN M. S.; AND SAEIDI ASL, M. R. Optimized ultrasound-assisted extraction of antioxidant and bioactive compounds from Ferulago angulata by response surface methodology. **Songklanakarin Journal Science Technology.** v. 42 , p. 8-14, 2020.

AGUILAR-CAMACHO, M.; J. WELTI-CHANES; D. A. JACOBO-VELÁZQUEZ. Combined effect of ultrasound treatment and exogenous phytohormones on the accumulation of bioactive compounds in broccoli florets, **Ultrasonics Sonochemistry**, 2018.

ASTRÁIN-REDÍN, SALOMÉ; CIUDAD-HIDALGO; JAVIER RASO; SANTIAGO CONDÓN;GUILLERMO CEBRIÁN; IGNACIO ÁLVAREZ; Application of High -Power Ultrasound in the Food Industry, in Sonochemical Reactions S. Karakuş, Editor. 2019, **IntechOpen:** Rijeka. p. 1-24.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Segundo a RDC Nº 243, DE 26 DE JULHO DE 2018. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares.** Brasília, 2018.

BHARGAVA, N.; RAHUL S MOR; KSHITIZ KUMAR; VIJAY SINGH SHARANAGAT; Advances in application of ultrasound in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry,** 2021. 70: p. 105293.

RANA, A.; MEENA; SHWETA, Ultrasonic processing and its use in food industry: A review. **Journal of Chemical Studies**, 2017. 5(6): p. 1961-1968.

CARNIEL, N.; DALLAGO, R. M.; BILIBIO, D.; NUNES, A. L.; BENDER, J. P; ,PRIAMO, W. L.The effects of ultrasound-assisted extraction on polyphenolics compounds obtained from Physalis angulata using response surface approach, Acta Scientiarum. **Technology,** v. 40, p. 35530, 2018.

CHÁVEZ-MARTÍNEZ, A.; RAHUL S. MOR; KSHITIZ KUMAR; VIJAY SINGH SHARANAGAT; Low and High-Intensity Ultrasound in Dairy Products: Applications and Effects on Physicochemical and Microbiological Quality. **Foods,** 2020.

Dolas, R.; C. Saravanan; B. P. Kaur, Emergence and era of ultrasonic's in fruit juice preservation: A review. Ultrasonics Sonochemistry, 2019. 58: p. 104609.

FENG, L.; ET AL., Effect of Ultrasound Combined with Controlled Atmosphere on Postharvest Storage Quality of Cucumbers (Cucumis sativus L.). **Food and Bioprocess Technology**,. 11(7): p. 1328-1338, 2018.

GALLO, M.; FERRARA, L.; NAVIGLIO D. Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. **Foods**, v. 7, p. 164, 2018.

GHOSHAL,G. Emerging Food Processing Technologies, Food Processing for Increased Quality and Consumption, **Handbook of Food Bioengineering**, p. 29-65, 2018.

GÓMEZ-SALAZAR, J. A.; DIANA A.; OCHOA-MONTES; ABEL CERÓN-GARCÍA; CÉSAR OZUNA; MARIA ELENA SOSA-MORALES; Effect of Acid Marination Assisted by Power Ultrasound on the Quality of Rabbit Meat. **Journal of Food Quality,** p. 5754930, 2018.

JACOTET-NAVARRO, N.; ROMBAUT, A. S.; FABIANO-TIXIER, M.; DANGUIEN, A.; BILY, F. C. Ultrasound versus microwave as green processes for extraction of rosmarinic, carnosic and ursolic acids from rosemary, **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 102-109, 2015.

LINHARES, D. F. D.; ALVES FILHO, E. G.; SILVA, L. M. A.; FONTELES, T. V.; WURLITZER, N. J. DE BRITO, E. S., FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.**,** Thermal and non-thermal processing effect on açai juice composition, **Food Research International,** 2020.

LIMA, A. R.; CRISTOFOLIA N. L.; VENERALA, J. G.; FRITZA, A. R. M.; VIEIRAB, M. C. **Optimization Conditions of UV-C Radiation Combined with Ultrasound-Assisted Extraction of Cherry Tomato (Lycopersicon esculentum) Lycopene Extract.** October, v. 8, p. 65-80, 2019.

MOHAN, M. S.; TOM F. O'CALLAGHAN; PHIL KELLY AND SEAN A. HOGAN.; Milk fat: opportunities, challenges and innovation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** 2020: p. 1-33.

NICOLAU-LAPEÑA, I.; Tomás Lafarga; Inmaculada Viñas; Maribel Abadias; Gloria Bobo; Ingrid Aguiló-Aguayo. Ultrasound Processing Alone or in Combination with Other Chemical or Physical Treatments as a Safety and Quality Preservation Strategy of Fresh and Processed Fruits and Vegetables: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, 2019. 12(9): p. 1452-1471.

PANIWNYK, L. Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, 2017. 38: p. 794-806.

RADZIEJEWSKA-KUBZDELA, E.; OLEJNIK, A.; BIEGAŃSKA-MARECIK, R. Effect of pretreatment on bioactive compounds in wild rocket juice. **Journal Food Science Technology,** v. 56, p. 5234-5242, 2019.

Rana, A.; Meena; Shweta; Ultrasonic processing and its use in food industry: A review. J**ournal of Chemical Studies**, 2017. 5(6): p. 1961-1968.

SCUDINO, H.; ERIC KEVEN SILVA; ANDRESA GOMES; JONAS T. GUIMARÃES; ROSIANE L. CUNHA; ANDERSON S. SANT'AN; M. ANGELA A. MEIRELES; ADRIANO G. CRUZ. Ultrasound stabilization of raw milk: Microbial and enzymatic inactivation, physicochemical properties and kinetic stability. **Ultrasonics Sonochemistry**, 2020. 67: p. 105185.

SOLTANI FIROUZ, M.; A. FARAHMANDI; S. HOSSEINPOUR. Recent advances in ultrasound application as a novel technique in analysis, processing and quality control of fruits, juices and dairy products industries: A review. **Ultrasonics Sonochemistry,** 2019. 57: p. 73-88.

SOUZA, F. C. A.; MOURA, L. G. S.; BEZERRA ,K. O.; AGUIAR, J. P. L.; MAR, J. M.; SANCHES, E. A.; SANTOS, F. F.; BAKRY, A. M.; PAULINO, B. N.; CAMPELO, P. H. **Food and Bioproducts Processing.** July, 2019.

YILDIZA, S.; POKHREL, P. R.; UNLUTURKC, S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Identification of equivalent processing conditions for pasteurization of strawberry juice by high pressure, ultrasound, and pulsed electric fields processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies,** v. 57, 2019.

XU, X.; MENG, J.; MAO, Q.; SHANG, A.;, LI, B.; ZHAO, C.; TANG, G.; CAO, S.; WEI, X.; GAN, R.; CORKE, H.; LI, H. Effects of Tannase and Ultrasound Treatment on the Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Green Tea Extract. **Antioxidants,** v. 8, p. 362, 2019.

VERRUCK, S.; PRUDENCIO, E. S. **Ultrassom na indústria de alimentos: aplicações no processamento e conservação,** 2018.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

UM OLHAR INTERDISCIPLINAR PARA O CAFÉ E SUA INTERFERENCIA NA SAÚDE HUMANA: ALGUÉM AINDA DUVIDA DO PODER DE UM CAFEZINHO?

AN INTERDISCIPLINARY LOOK AT COFFEE AND ITS INTERFERENCE IN HUMAN HEALTH: DOES ANYONE STILL DOUBT THE POWER OF A COFFEE?

GOMES, Beatriz Vieira[1]; MARANDOLA, Rodrigo Fernando[2]; GOMES, Silvia Cristina Vieira[2]

[1]Medicina - União das Faculdades dos Grandes Lagos - UNILAGO, São José do Rio Preto SP; [2]Progarama de Pós Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento – UNESP - Universidade Estadual Paulista FCE, Tupã SP
Contato: silvia.cv.gomes@unesp.com

RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Sua bebida está entre as mais consumidas globalmente e esta demanda encontra-se crescente e cada vez mais exigente, justificada pela terceira onda do café. Como objetivo geral, a pesquisa busca identificar os benefícios do café para a saúde humana. De maneira interdisciplinar, foi elencada a base metodológica da revisão bibliográfica para elaboração deste trabalho. Como resultado observou-se que a cafeína é o princípio estimulante responsável pela maioria dos benefícios do café para a saúde humana. Conclui-se ainda que faltam informações nos rótulos dos produtos à base de café informando aos consumidores as propriedades benéficas à saúde presente nestes alimentos.

Palavras-chave: Cafeína, saúde, agronegócio, alimento, café.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer and exporter of coffee. Its drink is among the most consumed globally and this demand is growing and increasingly demanding, justified by the third wave of coffee. As a general objective, the research seeks to identify the benefits of coffee for human health. In an interdisciplinary way, the methodological basis of the bibliographic review for the elaboration of this work was listed. As a result it was observed that caffeine is the stimulant principle responsible for most of the benefits of coffee for human health. It is concluded that there is still a lack of information on the labels of coffee-based products informing consumers about the beneficial health properties present in these foods.

Keywords: Caffeine, health, agribusiness, food, coffe.

INTRODUÇÃO

De maneira abrangente, o alimento enquadra-se como uma temática interdisciplinar que perpassa por diferentes saberes. Sua articulação com o agronegócio e a saúde permite uma visão copiosa interdisciplinar sobre os benefícios do consumo do café para a saúde humana.

A bebida está entre as mais consumidas do mundo e em especial no Brasil, país que detém a maior produção e exportação global do grão, contribuindo para a consolidação do agronegócio nacional na produção agroalimentar (CARDOSO et al., 2020). A água potável é a bebida mais consumida no mundo e o café ocupa o segundo lugar na preferência global (SOUZA; SANTOS, 2013).

Existem inúmeros métodos de extração da bebida (técnicas gastronômicas) de se preparar a bebida café e variam conforme a tradição dos países ou regiões: “No Brasil, as formas de preparo mais comuns são: café fervido ou estilo escandinavo (sem filtração do pó), filtrado (filtro de papel), café à brasileira (filtro de pano) e café expresso, além do uso do café instantâneo ou solúvel” (COSTA et al, 2006; LIMA et al., 2010, p. 2).

Existe motivos para a humanidade ter adotado a bebida do café como um hábito alimentar universal, “presente em todos os lares e instituições [...] em todos os cantos do planeta. Entretanto, tomar um “cafezinho” pode trazer mais benefícios à saúde que o simples prazer de degustar a tradicional bebida” (EMBRAPA, 2003, p. 9).

METODOLOGIA

De maneira interdisciplinar, na busca de responder o objetivo proposto, a pesquisa foi estruturada por meio de uma revisão bibliográfica (VIEIRA; HOSSNE, 2015; GIL, 2014). A escolha foi intencional devido ao período pandêmico que preconiza o distanciamento social e facilitou a interação *online* dos pesquisadores de díspares Instituições de Ensino Superior (IES), pública e privada, de diferentes municípios paulistas, que mesclaram seus de saberes na construção de um objetivo único: esta pesquisa. A pesquisa aplicada gera conhecimentos para problemas específicos, envolvendo interesses interdisciplinares (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

De maneira epistemológica, a pesquisa interdisciplinar tende a uma ideia de unicidade do conhecimento, de maneira embrionária teve seu debate na antiguidade com os gregos (GUSDORF, 1995). Ainda nos anos de 1970, seu marco conceitual foi o Congresso francês de Nice, evento denominado como Seminário sobre pluridisciplinaridade e interdisciplinaridade nas universidades (JAPIASSU, 1976).

A interdisciplinaridade não foi impulsionada apenas pela academia, mas também pela demanda do ambiente corporativo, nos diversos mercados de trabalho. É defendida pela sua criticidade e como alternativa ao saber fragmentado que caracteriza a ciência moderna (MANGINI; MIOTO, 2009). Complementa Morin (2000, p. 83) que o modo que “as disciplinas estão estruturadas isola os objetos do seu meio e as partes do seu todo, razão pela qual deve

a educação romper com a fragmentação por elas estabelecida para mostrar as correlações entre os saberes e a complexidade dos problemas".

O diálogo científico entre os autores pesquisadores: médicos da área da saúde e a integrantes das ciências agrárias (focados no viés da ciência médica, das ciências sociais aplicadas ao agronegócio e da tecnologia de alimentos) possibilitou segundo Japiassu (1976), um processo com interatividade mútua, em que todas as disciplinas que participam do processo que devem influenciar e serem influenciadas. Por meio desse processo foi possível restabelecer a unidade do conhecimento, religando as fronteiras. Complementa Japiassu (1976) que, mais do que um conceitual teórico, a interdisciplinaridade se impõe como ação, superando a dicotomia entre a pesquisa teórica e a pesquisa aplicada.

Após a revisão da literatura e diálogo entre as disciplinas, na forma de abordagem da construção de um novo conhecimento, os resultados foram apresentados por meio de maneira qualitativa.

DESENVOLVIMENTO

Produção de café no Brasil e a cafeína

O Brasil é o principal *player* no cenário mundial na produção e exportação de café. Para Cardoso et al. (2020) o mercado global de café encontra-se demandante, e a cafeicultura brasileira estimulada à produção de grãos com melhor qualidade e quantidade visando atender esse consumo com valor agregado. O Gráfico 01 aponta a produção de café no Brasil apresentada com as duas espécies (arábica e robusta).

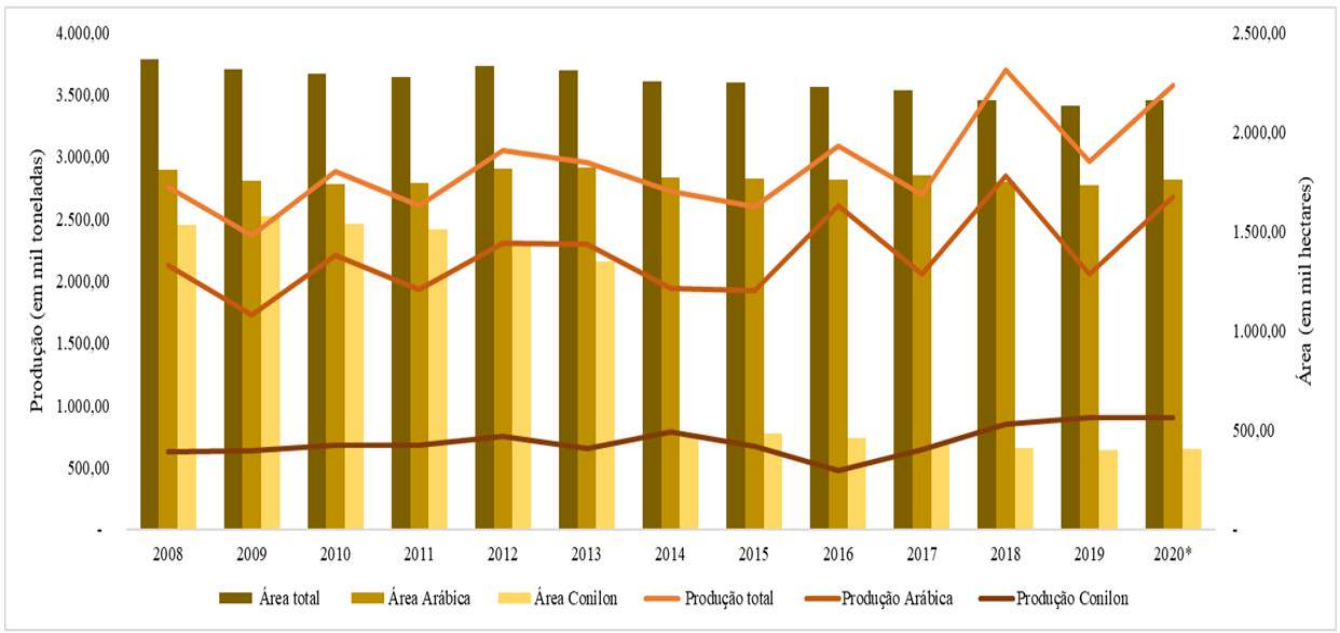


Gráfico 01: Série histórica de produção e área produtiva de café no Brasil (200-2020).

Fonte: Elaborado com base em CONAB (2020). * Estimativa de produção.

A espécie robusta *Coffea canephora* (ou conilon) apresenta um trato mais rude e pode ser cultivado em altitudes mais baixas, é mais resistente a pragas e com um paladar mais amargo devido à presença de mais cafeína. É utilizada para a composição de *blends* e pela indústria de café solú-

> vel. A espécie *Coffea arabica* é rica em sabor, óleos aromáticos e acidez, o que proporciona uma bebida mais nobre, os cafés 'gourmet', sendo essa espécie a mais consumida no mundo, com adaptabilidade melhor a grandes altitudes e clima ameno, no entanto, necessidade de mais tratos culturais e maior controle de pragas e doenças, elevando o custo de produção (ABIC, 2020, sp).

Neste contexto, embora o café Arábica seja o mais consumido no Brasil, o café Conillon possui maior quantidade de cafeína, componente estimulante da bebida (AGNOLETTI, et al., 2019). Para EMBRAPA (2003, p. 28) "a cafeína presente no tradicional "cafezinho", é um dos principais estimulantes naturais [...] a vantagem da cafeína natural em relação às drogas sintéticas é que não se precisa aumentar a dose cada vez mais para se obter o mesmo efeito".

A cafeicultura no Brasil gera empregos e renda e desponta como cadeia produtiva em ascensão e reconhecimento global. Além de suas propriedades nutricionais, o café desperta interesse da comunidade científica e de consumidores quanto aos seus benefícios na saúde humana. O mercado enaltece novas experiências de consumo, tanto nas cafeterias que se espalharam pelo país e pelo mundo, quanto nos lares, criando uma demanda contemporânea.

Demanda contemporânea: Terceira onda do café

A demanda contemporânea agroalimentar, onde se inclui o café, sinaliza uma preocupação emblemática à sombra de fatores intrínsecos que antes passavam despercebidos aos olhares dos consumidores e que atualmente encontram-se cada vez mais exigentes e ditam as novas regras do mercado.

Na cafeicultura, esses consumidores tendem a direcionar e modificar a atuação de toda cadeia produtiva para um modal mais consciente de produção e consumo, com preocupações sobre a procedência dos alimentos, tipo de manejo empregado, o cenário social e ambiental desta produção/comercialização e até mesmo fatores inerentes a saúde de quem produz e daqueles que consomem (FLORÊNCIO; TARABAL, 2020; BOAVENTURA et al., 2018).

Atualmente, no segmento de produção primária – dentro da porteira, ocorre a profissionalização dos agricultores, mudanças de manejo que possibilitam acessar um mercado que busca por qualidade e novas experiências no consumo da bebida. Tanto a montante, quanto a jusante do elo produtivo primário. Nesta dinâmica de consumo, a terceira onda do café impacta novos valores, agregando um diferencial ao café de um tipo superior, fora do viés comum da mercadoria *commodity*, imprime um diferencial próprio das cadeias de valor agregado, melhorando preço do produto aos agricultores e agradando um público alvo consumidor disposto a pagar mais caro por esse tipo de produto.

Florêncio e Tarabal (2020) apontam que tais características ajudam a compor a nova realidade em ascensão denominada terceira onda do café, por meio da racionalidade científica que incide nas pesquisas.

Além dos pré-requisitos já citados que integram a terceira onda do café, fatores diretamente relacionados à saúde emergem e tendem a estimular o consumo do café.

Benefícios do café para a saúde humana

Benefícios sobre o uso do café para fins medicinais são descritos desde a antiguidade. Gatto, Medeiros e Sousa Neto (2019, p. 4) relataram que "nos anos 900 da nossa Era, o café era descrito nos livros de medicina árabe para quase todos os tipos de enfermidades, como apatia sexual, sarampo e febres em geral".

Neste contexto de benefícios à saúde, os dilemas imbricados na gênese dos saberes científicos revelam que o café é ótima opção para todas as idades. Apresenta-se como uma bebida nutracêutica[1]:

> mais rico em minerais que as bebidas isotônicas, contém vitamina B (niacina) e a cafeína que é segura na dose existente em três ou quatro xícaras diárias (até 500 mg/dia), a qual estimula a atenção, a concentração, a memória e o aprendizado escolar. Adicionalmente, o café contém os ácidos clorogênicos, antioxidantes naturais, que formam no processo adequado de torra os quinídeos, que ajudam a prevenir a depressão e suas consequências (tabagismo, alcoolismo, consumo de drogas e suicídio). Por isso, a bebida mais saudável para crianças e jovens de todo o mundo é o popular e natural café com leite, na dose média de três xícaras diárias, pois, além de não causar obesidade, oferece também cálcio, vitaminas e outros nutrientes básicos para a saúde humana (EMBRAPA, 2003, p. 9).

Neste sentido, Rodrigues, Almeida e Spers (2020) apontam que consumidores de café, especialmente a população jovem do Brasil está disposta a consumir produtos nutracêuticos, vistas à adoção de hábitos saudáveis por meio da ingestão de alimentos funcionais[2] como o café. Mas ainda faltam informações nos rótulos quanto ao café possuir benefícios à saúde. Além do consumo alimentar, o café proporciona socialização. Os autores notaram que os jovens precisam de mais estímulos para intensificar o consumo do café como um combustível energizante diário para ser instalado na rotina diária, na busca por concentração, memória e disposição.

"O café, consumido essencialmente pelo seu efeito estimulante e propriedades organolépticas, possui uma composição química bastante diversificada e complexa" (ALVES; CASAL; OLIVEIRA, 2009, p. 2176). Depende da espécie, aspectos de pós- colheita, fermentação, condições de torra, embalagem adequada, entre outros fatores que podem alterar quimicamente a bebida.

Quadro 01: Benefícios do consumo de café*.

*(consumo periódico e balanceado de até quatro xícaras diárias de café torrado adequadamente)

1 *Bebida nutracêutica - (nutricional e farmacêutica)*
2 *Alimentos funcionais -*

Principais benefícios da ingestão da bebida de café	Referência
Estimula a atenção, a concentração, a memória e o aprendizado escolar. Ajuda a prevenir a depressão e suas consequências (tabagismo, alcoolismo, consumo de drogas e suicídio; Evita sonolência, combate o stress, é rico em antioxidantes, ajuda na digestão, é amigo do fígado, melhora os níveis de atenção, bom para o diabetes tipo II, faz bem para o coração, não causa problemas gástricos, bom para a memória, bom para o humor e estimulador da inteligência;	Embrapa (2003)
Motivador da redução do risco de algumas espécies de câncer, devido a substâncias antioxidantes, anticarcinogênicas e antiteratogênicas naturalmente presentes no café ou formadas durante o seu processamento;	Almeida (2003)
Transforma o cérebro mais concentrado e apto para exercer suas atividades intelectuais, reduz a ocorrência de apatia e depressão e fomenta a memória, atenção e concentração e, consequentemente, beneficia a atividade intelectual, tornando-se apropriado à todas as idades, incluindo crianças e adolescentes;	Lima (2017)
Pode ser benéfico na prevenção da depressão por conter, em quantidades superiores às de cafeína (1-2%), compostos quinídeos derivados dos ácidos clorogênicos (2-4%) com ação antioxidante, além de potente ação antagonista opioide (tipo naltrexona) e efeito inibidor da receptação de adenosina;	ADIC (2018)
Evidências na prevenção da diabetes tipo 2, devido à enorme quantia de antioxidantes existente no café, como o ácido clorogênico e tocoferóis, assim como minerais, entre eles os magnésio, os quais têm sido apontados como importantes para melhorar a sensibilidade à insulina e metabolismo da glicose, porém essa ajuda apenas se dá quando a bebida é consumida com moderação (quatro xícaras diárias), pois o seu excesso e o seu consumo durante as refeições pode elevar os níveis de glicose e os níveis de insulina;	Krolow, (2011)
Pode diminuir os índices de depressão, estimula o sistema de vigília, atenção e concentração, podendo ajudar no aprendizado, pois deixa o cérebro mais atento e capaz de suas atividades intelectuais, diminui a incidência de apatia e depressão e estimula a memória, atenção e concentração, melhorando a atividade intelectual;	ABIC (2021)
O consumo de café pode ser uma estratégia interessante para reduzir as chances de cirrose hepática e consequentemente o câncer de fígado;	Avanza (2016)
Em atletas, o consumo regular diário de no mínimo quatro xícaras de cafés durantes os treinos: a cafeína atua como estimulante do sistema nervoso e, por retardar a sensação de fadiga, propicia o fortalecimento dos músculos;	Lima, (2013)
Efeito estimulante ocasionado pela presença da cafeína, que é o seu composto farmacológico mais ativo;	Romeiro et al. (2012)
Reduz o risco de alguns tipos de câncer por conter substâncias antioxidantes, anticarcinogênicas e antiteratogênicas que estão presentes em sua composição ou são constituídas durante a sua produção;	Almeida et al., (2003)
Associado a prevenção de vários tipos de doenças crônicas como Diabetes Mellitus tipo 2, Parkinson e hepatopatia crônica;	Souza e Santos, (2013);
Além de prevenir doenças, ingerir quantidades moderadas de média a quatro xícaras por dia (até 500 mg/dia) estimula o cérebro em suas atividades intelectuais, memória, concentração, diminuindo a empatia/depressão;	Arruda et al. (2009)
Excelente fonte nutricional, com variadas propriedades químicas e farmacêuticas, tornando-se um importante nutriente para a vida das pessoas. Possui efeitos positivos para asma, cirrose alcoólica e alguns tipos de câncer; Aumenta energia e melhora funções cognitivas; ajuda emagrecer, contribui para a saúde vascular; melhora desempenho físico; auxilia no combate a depressão; evita doenças neurodegenerativas; ajuda proteger o fígado e contribui para a longevidade;	Gatto, Medeiros e Souza Neto (2019)

A cafeína induz a diferenciação celular, podendo tornar a célula menos suscetível à carcinogênese; Estudos sobre a afinidade e interações dos ácidos clorogênicos com neuroceptores específicos do cérebro humano, bem como o efeito antioxidante e neuroprotetor dos ácidos clorogênicos, vêm ampliando a hipótese de sua possível ação na prevenção da demência, incluindo a Doença de Alzheimer e o Mal-de-Parkinson;	Lima (2003)
Impacto positivo sobre o câncer de próstata avançado, câncer de mama pós-menopausa e a reincidência do câncer devido aos compostos como antioxidantes, interferindo também em mecanismos de reparos do DNA e nos efeitos anti-inflamatórios;	Bohn, Blomhoff, e Paur, (2013)
Diminui os riscos de desenvolvimento de cálculos renais em aproximadamente 10%, induzindo a perda de peso por aumentar a termogênese; Colabora na prevenção de doenças crônicas como Diabetes Mellitus tipo 2, Parkinson e hepatopatia crônica; Ajuda a proteger contra o câncer no estágio inicial, observou-se que a cafeína pode inibir a mitose e, desse modo, interferir em importantes passos na síntese do DNA e na divisão celular;	Alves, Casal e Oliveira (2009)
Demonstrou efeitos positivos na prevenção da Diabetes Mellitus tipo II, Hepatopatias crônicas e na Doença do Mal-de-Parkinson;	Cesar; Moretti e Mioto ‘(2013)
Fonte de compostos fenólicos não flavonoides e compostos voláteis responsáveis pelo aroma, que tornam a bebida uma das maiores fontes de antioxidantes da dieta; Pode ter um possível papel protetor sobre o risco cardiovascular;	Lima et al. (2010)
Estimula e melhora níveis de energia;	Rodrigues, Almeida e Spers (2020)
Efeito estimulante do sistema nervoso central, diminuição do sono e estimulante do músculo cardíaco;	Monteiro e Trugo (2005)
Efeitos positivos para Diabetes tipo 2.	Van Dam et al. (2006)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Embrapa (2011) afirmou que mesmo contendo propriedades benéficas à saúde, quando o café é ingerido em excesso torna-se prejudicial. A Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) (2018) complementa que ainda existem preconceitos e mitos sobre a ingesta da bebida do café. Rodrigues, Almeida e Spers (2020, p. 359) apostam que uma melhor comunicação sobre os benefícios saudáveis do café teria bom impacto na elevação de consumo entre adultos e jovens e complementam que “a associação do consumo com o estilo de vida adulto moderno pode melhorar o consumo de café pelos jovens”.

Os autores apontados no Quadro 01 possuem o mesmo direcionamento ao apontarem a cafeína como principal ativo dos benefícios do café para a saúde humana.

Fatores que influenciam na composição química do café

A composição química do grão de café é influenciada pelos fatores apresentados na Figura 01.

Figura 01: Fatores que influenciam a composição química do café.

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Monteiro e Trugo (2005).

Os fatores apresentados na Figura 01 apresentam-se como variáveis determinantes quanto a qualidade do grão de café e sua coloração, seu aspecto, o número de defeitos apresentados, o aroma e o sabor (saboroma) da bebida. No entanto, a composição química do grão varia principalmente em função da espécie (pode ser consumida individual ou combinada em *blends)*. A espécie torna-se o fator primordial para que os grãos crus, quando submetidos a tratamento térmico da torra, forneçam bebidas com características organolépticas diferenciadas (MONTEIRO; TRUGO, 2005; LIMA et al., 2010, GATTO; MEDEIROS; SOUSA NETO, 2019; RODRIGUES; ALMEIDA; SPERS, 2020).

Para Illy e Viani (1995), no quesito quantidade de cafeína (1,3,7-trimetilxantina), a espécie do grão do café também sofre diferenciação, sendo que o café arábica possui menor concentração que o robusta ou conillon.

Eugênio (2010) corrobora com Arnaud (1999); Monteiro e Trugo (2005) quando classifica que a cafeína é um alcaloide farmacologicamente ativo, do grupo das xantinas e suas relevantes fontes agroalimentares são o café, o chá mate e o guaraná. A cafeína é o composto mais conhecido do café devido suas propriedades farmacológicas e fisiológicas, além de apresentar um amargor característico que define o sabor e aroma da bebida do café.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não restam dúvidas a respeito do poder do cafezinho para beneficiar a saúde humana. Indiscutivelmente, há um enorme lastro de vinculações entre o consumo da bebida do café e seus benefícios à saúde entre acadêmicos e pesquisadores, porém, esse conteúdo ainda necessita melhor permeabilidade visando atingir o público consumidor fora do ambiente científico das IES e centros de pesquisa.

As informações a respeito dos benefícios do café para a saúde humana que chegam aos consumidores são fragmentadas e parcialmente disponíveis no conteúdo midiático, nas cafeterias. Nas embalagens de cafés nas gôndolas dos mercados, essas informações ainda encontram-se ausentes e fora das recomendações de elaboração de rótulos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

REFERÊNCIAS

ABIC. **Associação Brasileira da Indústria do café.** Café e Depressão/risco de suicídio. <https://www.abic.com.br/o-cafe/cafe-e-saude/cafe-e-depressao-risco-de-suicidio/#:~:text=Sabe%2Dse%20que%20o%20consumo,devido%20ao%20seu%20efeito%20psicoestimulante>. Acesso em: julho 2021.

AGNOLETTI, B. Z.; OLIVEIRA, E. C. da S.; PINHEIRO, P. F.; SARAIVA, S. H. Discriminação de Café Arábica e Conilon Utilizando Propriedades Físico-Químicas Aliadas à Quimiometria. **Rev. Virtual Química.** 2019, 11 (3), 785-805. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v11n3a16.pdf>. Acesso em: junho de 2021.

ALMEIDA, A. A. P. Café e saúde: três décadas de estudos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, edição especial, n. 7, p. 56-63, 2003.

ALVES, R. C.; CASAL, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café na saúde: mito ou realidade? **Revista Quim. Nova**, v. 32, n. 8, p. 2169-2180, 2009. Disponível em <https://www.scielo.br/j/qn/a/T5Fz97sh8ywywPKZhHXwWbc/?lang=pt>. Acesso em: 21 junho 2021.

ARNAUS, M. J. **Em encyclopedia of human nutrition**. London: Academic, 1999, v. 1.

ARRUDA, A. C.; MINIM, V. P. R.; FERREIRA, M. A. M.; MININ, L. A.; SILVA, N. M.; SOARES, C. F. Justificativas e motivações do consumo e não consumo de café. **Rev. Ciênc. Tecnologia Alimentos**, v. 29, n° 4, p. 754-763, 2009.

AVANZA, M. Café não provoca câncer, conclui OMS. **Jornal da USP.** Universidade de São Paulo. 2016. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/cafe-nao-provoca-cancer-conclui-oms/>. Acesso em: jun. 2021.

BOAVENTURA, P. S. M. et al. Cocriação de valor na cadeia do café especial: o movimento da terceira onda do café. **Revista de administração de empresas.** São Paulo, v. 58, n. 3, p. 254-266, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-59020180003002 54&script=sci_arttext&tlng=p>. Acesso em: junho. 2021.
.
BOHN, S. K.; BLOMHOFF, R.; PAUR, I. Coffee and cancer risk, epidemiological evidence, and molecular mechanisms. **Mol Nutr Food Res**, p. 915-930, 2013.

CÉSAR, L. A. M.; MORETTI, M. A.; MIOTO, B. M. Pesquisas comprovam benefícios do café à saúde humana. **Visão agrícola**, nº 12, p. 112 a 114. 2013.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Café e saúde humana. 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92424/1/cafe-doc-01.pdf>. Acesso em: julho de 2021.

EUGÊNIO, M. H. A. **Blends de café arábica e conillon:** avaliações químicas, físicas e sensoriais. UFL. Lavras: 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1591/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Blends%20de%20caf%C3%A9s%20ar%C3%A1bica%20e%20conillon%20%20avalia%C3%A7%C3%B5es%20f%C3%ADsicas%2C%20qu%C3%ADmicas%20e%20sensoriais.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021.

GATTO, M. A.; MEDEIROS, J. V.; SOUZA NETO, F. P. Analisando os benefícios do consumo de café para a saúde humana. **Revista SINESUL.** v. 47, n. 2. Julho e agosto de 2019. Disponível em: <https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_64_1568731056.pdf>. Acesso em: 22 junho de 2021.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa.** Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS - SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, v. 2, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GUSDORF, G. **Passado, presente, futuro da pesquisa interdisciplinar.** Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro, n. 121, p. 7-27, abril-junho 1995.

ILLY, A.; VIANI, R. **Expresso Coffee:** the chemistry of quality 3 ed. London Academic. 1998.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber.** Rio de Janeiro, Imago. 1976.

KROLOW, A, C. **Consumo do Café:** benefício à saúde ou fator de risco. 2011.

Lima, D. R. (Editor): **Café e Saúde:** Manual de Farmacologia Clínica, Terapêutica e Toxicologia, Medsi Editora (3 volumes), RJ, 2003, p. 141-149.

LIMA, D. R. **Café melhora o desempenho no esporte e traz benefício à saúde.** 2013. Disponível em: <consorciopesquisacafe.com.br>. Acesso em: julho de 2021.

LIMA, F. C.; SANT'ANA, A. E. G.; ATAIDE, T. R.; OMENA, C. M. B.; MENEZES, M. A. S.; VASCONCELLOS, S. M. L. Café e saúde humana: um enfoque nas substâncias presentes na bebida relacionadas às doenças cardiovasculares. **Revista Nutrição**, Campinas, 23(6):1063-1073, nov./dez., 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/NM-6dh9CVSv7hxYFmGhQsjYb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 junho de 2021.

MANGINI, F.; MIOTO, R. A interdisciplinaridade na sua interface com o mundo do trabalho. **Revista. Katálysis,** Florianópolis, v. 12, n. 2, 2009. p. 207-215.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. **Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado.** Química Nova. São Paulo, v. 28, n. 4. P. 637-641, 2005.

MORIN, E. **A Cabeça bem-feita.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

RODRIGUES, R. P.; ALMEIDA, L. F.; SPERS, E. E. **Coffee and health in the perspective of young consumers.** In Coffee consumption and industry strategies in BraziL Chapter 17. Elsevier. 2020. p. 343 a 366.

SOUZA, J. D. P.; SANTOS, F. J. L. **Consumo de café:** Riscos e benefícios. 2013. 63f. Tese de Mestrado – Universidade de Coimbra, Portugal. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/47914>. Acesso em: julho de 2020.

VAN DAM, R. M.; WILLET, W. C.; MANSON, J. E.; HU, F. B. Coffee, caffeine, and risk of type 2 diabetes. **Diabetes Care.** 2006; v. 29: p. 398-403.

2021 WICTA
16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

USO DE INGREDIENTES VEGETAIS NÃO CONVENCIONAIS COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIA DA QUALIDADE NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS - UMA BREVE REVISÃO

USE OF UNCONVENTIONAL VEGETABLE INGREDIENTS AS A STRATEGY TO IMPROVE THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL QUALITY OF PASTA - A BRIEF REVIEW

MARQUES, Jamylle Monteiro[1]*; BARBOSA, Maria Ivone Martins Jacintho[1]

[1]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/UFRRJ
*Contato: jamyllemarques@hotmail.com

RESUMO

A massa alimentícia é um alimento popularmente consumido e apreciado em diversos países. A utilização de ingredientes que alteram a cor, o sabor, o aroma e o conteúdo nutricional das massas alimentícias é uma boa alternativa para a fabricação de um produto com características sensoriais e nutricionais atraentes ao consumidor. A inserção de ingredientes não convencionais em preparações alimentícias apresenta uma nova proposta para a indústria de alimentos, pois além de enriquecer nutricionalmente os produtos, proporciona a popularização de espécies ou partes dos vegetais que ainda são desconhecidas pela população, além de promover a valorização da agricultura familiar do local. Muitas espécies vegetais se destacam por apresentarem propriedades e características bioativas e fitoquímicas relevantes e de interesse para a saúde dos consumidores. Na cadeia de produção das massas alimentícias, alguns fatores como composição nutricional e qualidade tecnológica podem afetar diretamente a qualidade do produto final, influenciando também na manutenção de suas características. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a produção de massas alimentícias tradicionais e os trabalhos realizados a partir da utilização de ingredientes não convencionais na formulação deste produto. Portanto, foi identificada uma melhoria nas propriedades nutricionais das massas, conforme ocorreu o aumento nos níveis de substituição dos ingredientes não convencionais, porém, em alguns trabalhos, as características tecnológicas foram afetadas de forma proporcional a esse aumento.

Palavras-chave: Massas alimentícias enriquecidas, plant-based, alimento funcional, tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

Pasta is a staple food very consumed and appreciated in several countries. The use of ingredients that change the color, flavor, aroma and nutritional content of pasta is a good alternative for manufacturing a product with sensory and nutritional characteristics that are attractive to the consumer. The inclusion of unconventional ingredients in food preparations presents a new proposal for the food industry, as in addition to nutritionally enriching the products, it provides for the popularization of species or parts of vegetables that are still unknown by the population, in addition to promoting the appreciation of the local familiar agriculture. Many plant species stand out for having relevant bioactive and phytochemical properties and characteristics that are of interest to the consumers health. In the pasta production chain, some factors such as nutritional composition and technological

quality can directly affect the quality of the final product, also influencing the maintenance of its characteristics. Thus, the objective of this work was to carry out a literature review on the production of traditional pasta and the work carried out from the use of unconventional ingredients in the formulation of this product. Therefore, an improvement in the nutritional properties of the pasta was identified, as the levels of substitution of unconventional ingredients increased, however, in some studies, the technological characteristics were proportionally affected by this increase.

Keywords: Enriched pasta, plant-based, functional food, food technology.

INTRODUÇÃO

As massas alimentícias estão entre os produtos mais populares disponíveis nas prateleiras dos mercados, devido ao seu baixo custo, composição nutricional, facilidade de preparo, transporte e extensa vida útil (Nilusha et al., 2019).

'Mundialmente, a produção total de massas alimentícias atingiu 16,5 milhões de toneladas em 2020, a Itália foi a maior produtora (3,5 milhões de toneladas) e o Brasil foi o 5º maior produtor (1,1 milhão de toneladas) no ranking mundial de acordo com a União das Organizações de Fabricantes de Produtos de Massa Alimentícia na União Euroeéia (UNAFPA, 2020). A massa alimentícia é tradicionalmente preparada a partir de semolina, que contém amido como constituinte principal, seguido por proteínas, gorduras, vitaminas, minerais e compostos bioativos (Gull et al., 2018).

Nos últimos anos, tem sido observada uma demanda crescente por alimentos naturais e saudáveis, resultado do aumento da preocupação da população com sua própria saúde (Kaimainen et al., 2015; Schweiggert, 2018). Assim, a incorporação de ingredientes naturais na massa surge como uma alternativa potencial para o aumento do consumo desse produto, além de melhorar suas propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas do produto (Rekha et al., 2013; Yadav et al., 2014).

Diversos alimentos têm sido incorporados com compostos bioativos, objetivando aumentar os teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante destes produtos, sendo empregadas diversas matrizes alimentares (cereais, pseudocereais, especiarias, frutas, hortaliças, leguminosas) e resíduos vegetais. No entanto, essas substâncias são frequentemente adicionadas em baixas concentrações para evitar a alteração das propriedades tecnológicas e sensoriais do produto (Marinelli et al., 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a produção mundial e sobre o impacto na qualidade nutricional, funcional e tecnológica de farinhas vegetais não convencionais aplicadas na elaboração de massas alimentícias.

METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa de artigos científicos foi utilizada a base de dados Scopus. Foi utilizado o método de revisão bibliométrica, pois permite identificar as relações entre os

termos pesquisados, número de publicações e citações pelos principais autores. A bibliometria é um campo que utiliza técnicas a partir da matemática e estatística, para estudar padrões de publicações de acordo com a distribuição das informações ao longo do tempo (Diodato, 1994; Rostaing, 1997). De acordo com Tague-Sutcliffe (1992) a bibliometria pode ser definida como o estudo quantitativo utilizado na produção científica, de forma que suas informações podem ser quantificadas e validadas a partir do levantamento de modelos ou padrões que podem avaliar tais métodos.

Foi utilizada a base de dados *Scopus*, onde foram pesquisadas as palavras-chave "pasta" AND "nutritional" AND "enriched" OR "cooking quality" e foram encontrados um total de 173 trabalhos publicados no período entre 1976 e 2021. A pesquisa foi dividida em duas etapas, onde na primeira, a pesquisa foi refinada para o período entre 2017 e 2021, resultando em 92 trabalhos. Para a pesquisa, também foram utilizados os conectores AND e OR, e foram selecionadas as áreas de estudo correlacionados com os temas sobre agricultura e ciências biológicas ("AGRI" - Agricultural and Biological Sciences) e engenharia ("ENGI" - Engineering). Para a segunda etapa, dentre os trabalhos encontrados e utilizados como base para a primeira, foram selecionados 13 (treze) artigos, sendo os demais excluídos por evadirem o tema pesquisado, principalmente por atuarem com matérias-primas de origem animal, serem artigos de revisão ou atuarem com matérias-primas vegetais convencionais.

DESENVOLVIMENTO

De acordo com a legislação brasileira, as massas alimentícias são definidas como: "produtos obtidos da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L. e ou de outras espécies do gênero *Triticum*) e ou derivados de trigo *durum* (*Triticum durum* L.) e ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação.", e ainda que "podem ser adicionadas de outros ingredientes, acompanhadas de complementos isolados ou misturados à massa, desde que não descaracterizem o produto. Os produtos podem ser apresentados secos, frescos, pré-cozidos, instantâneos ou prontos para o consumo, em diferentes formatos e recheios" (BRASIL, 2005). E de acordo com Martinez-Valvercle et al. (2002) é fabricada, tradicionalmente, apenas com sêmola de trigo duro (*Triticum durum*), sendo possível incorporar outras farinhas ou ingredientes em sua composição para aumentar seu valor nutricional.

No ano de 2020, a Europa, seguida das Américas Central e Sul e a África foram os maiores produtores de massas alimentícias, somando 77% da produção mundial. Já o consumo, não é proporcional ao nível de produção em alguns países. O Brasil, por exemplo, é o 5º maior produtor mundial, porém, ocupa a 27ª posição em relação ao consumo, com apenas 4.8 kg per capita, valor muito inferior a alguns países como Itália que consome 23.1 kg, Tunísia 17 kg e Venezuela com 12 kg per capita por ano (UNAFPA, 2020).

O Brasil também é um dos maiores produtores de frutas e hortaliças, e a fruticultura é um dos setores com maior destaque, sendo reconhecido por sua variedade produtiva, ocupando a posição de 3º maior produtor mundial, ficando atrás apenas de China e da Índia. Já na produção de hortaliças, está situado na 14º posição entre os maiores produtores, atrás de países como China, Índia e EUA (FAO, 2018; Kist et al., 2018).

Paralelo a este cenário de produção, o desperdício e a perda de alimentos são um grave problema a ser resolvido em diversos países, principalmente quando se trata de indicadores de crescimento da população mundial (FAO, 2018). E uma das propostas para reduzir ou minimizar esse desperdício é o Aproveitamento Integral de Alimentos (AIA). Pesquisas mostram que partes vegetais como folhas, cascas, talos e sementes de alimentos são, muitas vezes, mais nutritivos do que as partes usualmente consumidas. Entretanto, o desperdício dessas partes que são consideradas altamente nutritivas, ainda é grande (Lima et al., 2008; Ciccoritti et al., 2019; Spinelli et al. 2019). Essa evidência exige que sejam elaboradas estratégias para aumentar a ingestão de frutas e vegetais: uma delas é a adição em produtos regularmente consumidos (International Pasta Organization, 2014; Capacci et al., 2012).

De acordo com a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008/2009, realizada pelo IBGE (2009), 90% da população brasileira consome menos de 400 g de frutas e hortaliças diariamente, que é a quantidade indicada pela Organização Mundial da Saúde (OMS). No cenário internacional ocorre uma grande variação entre os países, a Índia por exemplo, consome de 120 a 140 g de frutas e hortaliças por dia (Bigaran, 2012). O que indica a necessidade e o crescente número de pesquisas relacionadas ao enriquecimento de alimentos convencionais a partir de alimentos de origem vegetal. Já em países desenvolvidos onde o consumo desses mesmos vegetais é maior, como na Europa (com uma média de consumo acima de 300 g/dia per capita), o número de pesquisas relacionadas a esse tema envolve a busca por alternativas para minimizar o desperdício, aderindo ao aproveitamento integral dos alimentos (Cedes, 2018; Buzby e Hyman, 2012).

Portanto, pesquisas envolvendo farinhas de hortaliças, ervas e de frutas, bem como seus resíduos, como cascas e bagaços têm sido realizadas a partir da substituição parcial da semolina ou farinha de trigo em massas alimentícias, devido ao seu potencial de melhorar as propriedades nutricionais e funcionais, e assim contribuir para melhoria e aumento da segurança alimentar em países emergentes como a Índia, Brasil e Turquia, que apresentaram 12 (doze), 6 (seis) e 6 (seis) publicações, respectivamente, sobre o assunto. E tratando-se de países desenvolvidos, há destaque para a Itália com 25 (vinte e cinco) publicações, a Espanha com 9 (nove), Polônia com 8 (oito) e França com 7 (sete) publicações entre o período pesquisado (2017 e 2021), conforme indicado na Figura 01.

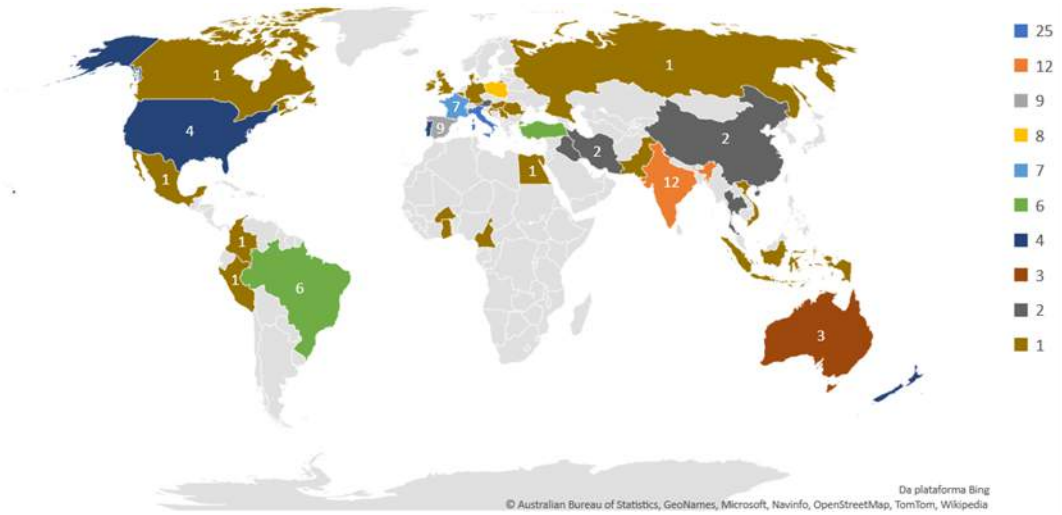


Figura 01: Produção científica – número de "publicação x país".

Fonte: Scopus (2021)

Neste contexto, Fradinho et al. (2020), desenvolveu uma massa alimentícia sem glúten com aplicação da casca de batata (*Solanum tuberosum* L.) submetida a processo de auto-hidrólise. Como resultados, a massa crua e cozida adicionada de extrato de casca de batata apresentou maiores teores de proteína (8.24 ± 0.13 e 8.46 ± 0.31 g/100 g, b.s.) quando comparado com a massa controle crua e cozida (7.66 ± 0.15 e 7.71 ± 0.01 g/100 g, b.s).

Para Marinelli et al. (2018) os resultados mostraram que a substituição da sêmola de trigo (rica em amido) no espaguete por 15% de bagaço de uva vermelha aumentou o teor de polifenóis totais, o teor de antocianinas e a atividade antioxidante. E também destacaram que esses importantes parâmetros nutricionais não foram afetados pelo cozimento. Um efeito positivo adicional da fortificação do espaguete foi a diminuição da glicose bioacessível. Assim, o enriquecimento do espaguete com farinha de bagaço de uva vermelha (Gaita et al., 2018; Marinelli et al., 2018), bem como o bagaço de azeitona (Simonato et al., 2019) pode aumentar seus benefícios relacionados às propriedades nutricionais, aumentando a bioacessibilidade de compostos com atividade antioxidante e reduzindo a quantidade de glicose biodisponível e carga glicêmica, os principais resultados obtidos na pesquisa podem ser visualizados na Tabela 01.

No entanto, a qualidade tecnológica em relação a perda de sólidos solúveis durante o cozimento da massa estudada por Fradinho et al. (2020) foi inferior à massa controle, sendo justificado pelo autor que a substituição da farinha de trigo (com a presença de glúten) pela farinha de arroz (sem glúten) enfraquece a formação da rede de glúten interferindo assim, na coesividade dos grânulos de amido, corroborando com o resultado de outros estudos desenvolvidos com farinha sem glúten, como a farinha de arroz (Ferreira et al., 2016; Phongthai et al., 2017).

Espinosa-Solis et al. (2019) estudaram o efeito da adição de farelo de aveia e farinha de maçã na qualidade de cozimento, digestibilidade, capacidade antioxidante, características nutricionais e de textura de massa alimentícia do tipo espaguete. Os autores reportaram que apesar de ocorrer uma maior perda de sólidos solúveis em comparação com a amostra controle elaborada com 100% de semolina de trigo durum, os valores foram de 5 a 6%, caracterizando uma massa alimentícia de boa qualidade (Fu, 2008). Semelhantemente, Lucas-Gonza-

lez et al. (2020) também verificou aumento na perda de sólidos solúveis em massa alimentícia incorporada com adição de farinha de caqui, bem como Lopes-Mejía e Posada (2020), Schettino et al. (2019), Djeukeu et al. (2017).

Tabela 01: Principais resultados referentes à composição nutricional das massas alimentícias incorporadas com vegetais não convencionais.

Vegetal / parte utilizada	Principais resultados	Referências
Casca de batata (*Solanum tuberosum* L.) autohidrolisada	Aumento no teor de proteína e compostos fenólicos totais.	Fradinho et al. 2020
Farinha de caqui (*Diospyrus kaki* L. f.)	Aumento na concentração de fibras totais e pigmento amarelo total (carotenoides).	Lucas-González et al. 2020
Casca de cebola (cultivar polonesa) em pó	Aumento de percentuais de fibras totais, compostos fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante.	Michalak-Majewska et al. 2020
Farinha de polpa de abóbora (*Cucurbita maxima*) desidratada	Aumento nos teores de proteínas e fibras em comparação ao controle.	Lopes-Mejía e Posada (2020)
Farinha de bagaço de azeitona	Aumento nos teores de compostos fenólicos totais, fibras e capacidade antioxidante.	Simonato et al. (2019)
Farinhas de erva (*Cannabis sativa* L.) e grão de bico (*Cicer arietinum* L.)	Aumento no teor de proteínas e fibras e na concentração de aminoácidos totais livres.	Schettino et al. (2019)
Farelo de aveia e farinha de maçã	Aumento de capacidade antioxidante e no teor de fibra na massa com farelo de aveia.	Espinosa-Solis et al. 2019
Subproduto de uva (*Vitis vinifera*)	Aumento no teor de fenólicos totais e atividade antioxidante.	Gaita et al. 2018
Farinha de bagaço de uva vermelha	Aumento na concentração de polifenóis e atividade antioxidante e redução dos níveis de glicose bioacessíveis.	Marinelli et al. 2018
Farinha de inhame (*Dioscorea schimperiana*)	Aumento nos níveis de ácido ascórbico e concentração de beta-caroteno em adições acima de 10%.	Djeukeu et al. 2017

Fonte: Artigos científicos da base de dados Scopus (2021).

Michalak-Majewska et al. (2020) utilizaram casca de cebola em pó e verificaram que conforme aumentou-se o nível de substituição da semolina de trigo *durum*, a qualidade nutricional aumentou, porém, o tempo de cozimento das massas alimentícias diminuiu quando comparada a massa controle. Essa diminuição no tempo de cozimento que também foi observada em outros estudos, podem ser justificadas pela alteração na matriz do glúten causada pelas partículas de fibras adicionadas, sendo assim, ocorrem alterações no processo de absorção de água pela semolina contribuindo com a redução do tempo de cozimento (Sobota et al. 2015; Desai et al. 2018), o que também ocorreu com as demais massas apresentadas na Tabela 01, devido às alterações realizadas a partir da incorporação de farinhas vegetais que não apresentam amido em sua composição, e sim contribuindo com o aumento do teor de fibras, justificando essas alterações nas características tecnológicas do produto final.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além dos países desenvolvidos como os da Europa, países emergentes como a Índia, Brasil e Turquia, historicamente caracterizados por problemas de carência nutricional são os que apresentam maior quantidade de pesquisas relacionadas a temas sobre enriquecimento e fortificação de alimentos tradicionais, de baixo custo e acessíveis para a população, principalmente de baixa renda.

Massas alimentícias incorporadas com variadas fontes de ingredientes não convencionais são uma excelente abordagem para melhorar o perfil nutricional e funcional deste produto. Além disso, estes ingredientes aumentam os teores de compostos bioativos, sem impactar negativamente nos atributos tecnológicos relacionados à qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

ALASINO, M. C.; OSELLA, C. A.; DE LA TORRE, M. A.; SANCHEZ, H. D. Use of sodium stearoyl lactylate and azodicarbonamide in wheat flour breads with added pea flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 62, p. 385-391, 2011.

BIERNACKA, B.; DZIKI, D.; RÓZYLO, R.; WÓJCIK, M.; MIS, A.; ROMANKIEWICZ, D.; KRZYSIAK, Z. Relationship between the properties of raw and cooked spaghetti-New indices for pasta quality evaluation. **International Agrophysics**, v. 32, p. 217-223, 2018.

BIGARAN, J. T. **Consumo de frutas e hortaliças "in natura" no município de Piracicaba/SP e sua implicação socioeconômica no estado nutricional** (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Dispõe sobre regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BUZBY, J. C.; HYMAN, J. Total and per capita value of food loss in the United States. **Food Policy**, v. 37, n. 5, p. 561-570, 2012.

CAPACCI, S.; MAZZOCCHI, M.; SHANKAR, B.; MACIAS, J. B.; VERBEKE, W.; PÉREZ-CUETO, F. J. A.; KOZIOL-KOZAKOWSKA, A.; PIÓRECKA, B.; NIEDZWIEDZKA, B.; D'ADDESA, D.; SABA, A.; TURRINI, A.; ASCHEMANN-WITZEL, J.; BECH-LARSEN, T.; STRAND, M.; SMILLIE, L.; WILLS, J.; TRAILL, W. B. Policies to promote healthy eating in Europe: a structured review of policies and their effectiveness. **Nutrition Reviews**, v. 70, n. 3, p. 188-200, 2012.

CEDES – Centro de Estudos e Debates Estratégicos. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. **Perdas e desperdício de alimentos – estratégias para redução. Série de cadernos de trabalhos e debates 3**. Brasília, DF, 2018.

CHHIKARA, N.; KOUR, R.; JAGLAN, S.; GUPTA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. *Citrus medica*: Nutritional, phytochemical composition and health benefits -A review. **Food & Function**, v. 9, n. 4, p. 1978-1992, 2018.

CHHIKARA, N.; KUSHWAHA, K.; SHARMA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. **Food Chemistry**, v. 272, p. 192-200, 2019.

CICCORITTI, R.; NOCENTE, F.; SGRULLETTA, D.; GAZZA, L. Cooking quality, biochemical and technological characteristics of bran-enriched pasta obtained by a novel pastamaking process. **LWT - Food Science and Technology**, v. 101, p. 10-16, 2019.

DESAI, A.; BRENNAN, M. A.; BRENNAN, C. S. The effect of semolina replacement with protein powder from fish (*Pseudophycis bachus*) on the physicochemical characteristics of pasta. **LWT-Food Science and Technology**, v. 89, p. 52-57, 2018.

DIODATO, V. P. **Dictionary of bibliometrics**. New York: The Haworth Press, 1994.

DJEUKEU, W. A.; GOUADO, I.; LENG, M. S.; VIJAYKRISHNARAJ, M.; PRABHASANKAR, P. Effect of dried yam flour (*Dioscorea schimperiana*) on cooking qua-lity, digestibility profile and antioxidant potential of wheat based pasta. **Food Measure**, v. 11, p. 1421-1429, 2017.

ESPINOSA-SOLIS, V.; ZAMUDIO-FLORES, P. B.; TIRADO-GALLEGOS, J. M.; RAMÍREZ-MANCINAS, S.; OLIVAS-OROZCO, G. I.; ESPINO-DÍAZ, M.; HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.; GARCÍA-CANO, V. G.; SÁNCHEZ-ORTÍZ, O.; BUENROSTRO-FIGUEROA, J. L.; BAEZA-JIMÉNEZ, R. Evaluation of Cooking Quality, Nutritional and Texture Characteristics of Pasta Added with Oat Bran and Apple Flour. **Foods**, v. 8, p. 299, 2019.

FAO/WHO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper, n. 92, p. 1-66, 2013. Disponível em: <**http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf**>.

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo – Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma, 2018. Disponível em: <**http://www.fao.org/3/i9553es/i9553es.pdf**>.

FERREIRA, S. M. R.; DE MELLO, A. P.; DOS ANJOS, M. C. R.; KRÜGER, C. C. H.; AZOUBEL, P. M.; ALVES, M. A. O. Utilization of sorghum, rice, corn flours with

potato starch for the preparation of gluten-free pasta. **Food Chemistry**, v. 191, p. 147-151, 2016.

FRADINHO, P.; OLIVEIRA, A.; DOMÍNGUEZ, H.; TORRES, M. D.; SOUSA, I.; RAYMUNDO, A. Improving the nutritional performance of gluten-free pasta with potato peel autohydrolysis extract. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 63, p. 102374. 2020.

FU, V. X. Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. **Food Research International**, v. 41, p. 888-902, 2008.

GAITA, C.; ALEXA, E.; MOIGRADEAN, D.; CONFORTI, F.; POIANA, M-A. Designing of high value-added pasta formulas by incorporation of grape pomace skins. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 25, n. 3, p. 1607-1614, 2018.

GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, p. 147-153, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF – Pesquisa de orçamentos familiares 2008/2009.** Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. 2009.

INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION (IPO). The word pasta industry status report 2014 - The word pasta industry in figures. Disponível em: <**http://www.internationalpasta.org/resources/World%20Pasta%20Industry%20Survey/IPOstatreport2014low.pdf**>.

KAIMAINEN, M.; LAAKSONEN, O.; JARVENPAA, E.; SANDELL, M.; HUOPALahti, R. Consumer acceptance and stability of spray dried betanin in model juices. **Food Chemistry**, v. 187, p. 398-406, 2015.

KIST, B. B. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018.** Editora Gazeta, Santa Cruz, 2018.

LIMA, G. P. P.; PIERI, C.; LOPES, T. V. C.; BERNHARD, A. B.; PIROZZI, D. C. Z.; CORRÊA, L. C. ROCHA, S. A.; NEVES, R. C. F.; SILVA, F. A.; ROSSETTO, M. R. M.; BELUTA, I. Parâmetros bioquímicos em partes descartadas de vegetais. In: **PROGRAMA ALIMENTE-SE BEM: tabela de composição química das partes não convencionais dos alimentos.** São Paulo: SESI, 2008.

LIU, S.; SUN, Y.; OBADI, M.; JIANG, Y.; CHEN, Z.; JIANG, S.; XU, B. Effects of vacuum mixing and mixing time on the processing quality of noodle dough with high oat flour content. **Journal of Cereal Science**, v. 91, p. 102885, 2020.

LÓPEZ-MEJÍA, N.; POSADA, N. B. M. Optimización de la formulación de tallari-nes libres de gluten enriquecidos con pulpa de zapallo deshidratada empleando el método de diseño de mezclas**.** **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2018299, 2020.

LUCAS-GONZÁLEZ, R.; VIUDA MARTOS, M.; PÉREZ ÁLVAREZ, J. A.; CHAVES LÓPEZ, C.; SHKEMBI, B.; MOSCARITOLO, S.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; SACCHETTI, G. Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of two persimmon flours from Diospyros kaki Thunb. vars. 'Rojo Bril-lante' and 'Triumph' co□products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 504-510, 2018.

MARINELLI, V.; PADALINO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A.; BRIVIBA, K. Red Grape Marc Flour as Food Ingredient in Durum Wheat Spaghetti: Nutritional Evaluation and Bioaccessibility of Bioactive Compounds. **Food Science and Technology Research**, v. 24, n. 6, p. 1093-1100, 2018.

MARTINEZ-VALVERCLE, I.; PERIAGE, M. J.; PROVAN, G.; CHESSON, A. Phenolic compounds, Lycopene and antioxidante activities in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Nochai Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 323-330, 2002.

MICHALAK-MAJEWSKA, M.; TETERYCZ, D.; MUSZYNSKI, S.; RADZKI, W.; SYKUT-DOMANSKA, E. Influence of onion skin powder on nutritional and quality attributes of wheat pasta. **PLOS ONE**, v. 15, n. 1, e0227942, 2020.

NILUSHA, R. A. T.; JAYASINGHE, J. M. J. K.; PERERA, O. D. A. N.; PERERA, P. I. P. Development of pasta products with nonconventional ingredients and their effect on selected quality characteristics: A brief overview. **International Journal of Food Science**, 6750726, 2019.

PETITOT, M.; BOYER, L.; MINIER, C.; MICARD, V. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. **Food Research International**, v. 43, p. 634-641, 2010.

PHONGTHAI, S.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R.; HOMTHAWORNCHOO, W.; RAWDKUEN, S. Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 378-385, 2017.

REKHA, M. N.; CHAUHAN, A. S.; PRABHASANKAR, P.; RAMTEKE, R. S.; RAO, G. V. Influence of vegetable purees on quality attributes of pastas made from bread wheat (*T. aestivum*). **CyTA - Journal of Food**, v. 11, n. 2, p. 142-149, 2013.

ROSTAING, H. La bibliométrie et sés techniques. Toulouse: Sciences de la Société; Marseille: Centre de Recherche Rétrospective de Marseille, 1997. Disponível em: <**https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01579948**>.

SCHWEIGGERT, R. M. Perspective on the ongoing replacement of artificial and animal-based dyes with alternative natural pigments in foods and beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, p. 3074-3081, 2018.

SIMONATO, B.; TREVISANA, S.; TOLVEA, R.; FAVATIA, F.; PASINIB, G. Pasta fortification with olive pomace: Effects on the technological characteristics and nutritional properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 114, p. 108368, 2019.

SOBOTA, A.; RZEDZICKI, Z.; ZARZYCKI, P.; KUZAWIŃSKA, E. Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 111-119, 2015.

SPINELLI, S.; PADALINO, L.; COSTA, C.; NOBILE, M. A. D.; CONTE, A. Food by-products to fortified pasta: A new approach for optimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 985-991, 2019.

TAGUE-SUTCLIFFE, J. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, v. 28, n. 1, p. 1-3, 1992.

UNAFPA. Estimate of world pasta production (tonnes). Disponível em: <**https://www.pasta-unafpa.org/newt/unafpa/default.aspx?IDCONTENT=89**>.

YADAV, D. N.; SHARMA, M.; CHIKARA, N.; ANAND, T.; BANSAL, S. Quality characteristics of vegetable-blended wheat-pearl Millet composite pasta. **Agricultural Research**, v. 3, n. 3, p. 263-270, 2014.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

USO DE ÓLEOS ESSENCIAL COMO POTENCIAL ANTIOXIDANTE EM PRODUTOS CÁRNEOS: UMA BREVE REVISÃO

USE OF ESSENTIAL OILS AS POTENTIAL ANTIOXIDANTS IN MEAT PRODUCTS: A BRIEF REVIEW

NATIVIDADE, Ana Cristina Silva[1]*; OLIVEIRA, José Matheus Santos [2]; SALGADO, Gleyciane Pereira[3], LIMA, Leidiana de Sousa[4]

[1]Graduanda em Tecnologia de Alimentos/IFMA – Campus São Luís Maracanã; [2]Graduando Tecnologia de Alimentos/IFMA – Campus São Luís Maracanã; [3]Graduanda em Tecnologia de Alimentos/IFMA – Campus São Luís Maracanã, 4Mestre em Química – UFMA . *Contato: a.cristina@acad.ifma.edu.br

RESUMO

A busca por alimentos seguros e saudáveis tem crescido no Brasil. Os produtos cárneos são mais suscetíveis a oxidação lipídica. Neste sentido, a indústria de alimentos tem investido na aplicação de óleos essenciais. A característica antioxidante dos óleos essenciais intensifica a viabilidade de utilização destes compostos como alternativa na conservação de alimentos. Diante do exposto objetivou-se com a presente pesquisa realizar um levantamento bibliográfico acerca da aplicabilidade e ação antioxidante presente nos óleos essenciais na promoção da conservação de alimentos. Foi realizada uma pesquisa mediante o levantamento de estudos sobre ações antioxidantes de óleos essenciais, em artigos de bancos de dados científicos indexados nas bases do Scielo, Google acadêmico, Portal de Periódicos da Capes e PubMed. Logo, foi possível compreender que a extração do óleo essencial de alecrim, orégano e cravo da índia, tem se tornado fundamental, pois são muito eficientes no controle da estabilidade oxidativa de produtos cárneos e no sequestro de radicais livres em testes in vitro.

Palavras-chave: Conservação, óleos essenciais, antioxidantes, produtos cárneos.

ABSTRACT

The search for safe and healthy food has been growing in Brazil. Meat products are more susceptible to lipid oxidation. In this sense, the food industry has invested in the application of essential oils. The antioxidant characteristic of essential oils intensifies the viability of using these compounds as an alternative to food conservation. In view of the above, the aim of this research was to carry out a bibliographic survey about the applicability and the antioxidant action present in essential oils to promote food preservation. A research was carried out by means of a survey of studies on the antioxidant action of essential oils in articles from scientific databases indexed in Scielo, Google Scholar, Portal de Periódicos da Capes and PubMed. Therefore, it was possible to understand that the extraction of rosemary, oregano and clove of india essential oils has become fundamental, for they are very efficient in the control of oxidative stability of meat products and in the sequestration of free radicals *in vitro* tests.

Keywords: Conservation, essential oils, antioxidants, meat products.

INTRODUÇÃO

A indústria de produtos alimentícios tem optado pelo uso de óleos essenciais, isso se deve a sua ação antioxidante e antimicrobiana resultante de suas características químicas (Miranda, et al., 2016). Os óleos essenciais são formados por diferentes componentes que variam desde terpenos e seus derivados como aldeídos, cetonas, álcoois, e fenóis nos quais apresentam um ou mais anéis aromáticos (Brewer, 2011).

A estrutura e característica sensorial marcante dos óleos essenciais, provenientes da sálvia, orégano, tomilho, entre outros, devendo ser levado em consideração sua contribuição ao sabor e aroma do produto. Além de serem extraídos das flores, sementes e folhas destes (Brewer, 2011; Galindo, et al., 2019).

O uso de produtos químicos que podem formar compostos tóxicos é associado a efeitos carcinogênico, sendo esta a principal causa da indústria buscar por compostos naturais que atuem de forma semelhante aos compostos sintéticos, a exemplos o butil-hidroxi-anisol (BHA), 2,6-di-tert-butil-4-hidroxitolueno (BHT), terc butil-hidroquinona (TBHQ) e galato de propila (PG). (Galindo, et al., 2019).

A carne é constituída em geral, por 60 a 80% de água e 15 a 25% de proteína, sendo o restante formado principalmente por gorduras, sais, pigmentos e vitaminas (Bragagnolo, 2001). Em produtos cárneos, a oxidação lipídica e proteica afeta de forma negativa a qualidade deste, influenciado nas características sensoriais, nutricionais. (Santos, et al., 2020).

O uso de óleos essenciais revela resultados animadores na estabilização oxidativa de alimentos e no sequestro de radicais livres em testes *in vitro*. São eficientes para inibir deterioração oxidativa, porém existe a necessidade de novas pesquisas que envolvam os mesmos na formulação de produtos, a fim de avaliar a sua aplicabilidade como conservantes naturais de alimentos (Carvalho, et al., 2016).

A formulação de produtos cárneos mais saudáveis se evidencia como estratégia para o desenvolvimento de alimentos mais benéficos à saúde do consumidor. Visando atender à demanda dos consumidores, a elaboração de derivados cárneos vai além de algo mais prático e seguro, visa também torná-los mais nutritivos (Novello e Pollonio, 2015).

A busca por diminuir o uso de aditivos sintéticos, com a substituição por antioxidantes naturais, particularmente por óleos essenciais como os de alecrim, orégano e cravo-da-índia são mais seguros, além de apresentarem benefícios à saúde. Diante disso, este estudo buscou avaliar o uso e potencial antioxidante do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*), de alecrim (*Sálvia rosmarinus*), e do cravo da índia (*Syzygium aromaticum*) em produtos cárneos, por meio de estudos realizados entre os anos de 2010 a 2020.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio de uma revisão de literatura que aborda a utilização de óleos essenciais em produtos cárneos. Os artigos desta revisão foram buscados nas bases de dados: Periódicos CAPES, Scielo, PubMed, Google Acadêmico.

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: óleo essencial, orégano, alimentos, antioxidante, alecrim, cravo da índia, produtos cárneos. Também foram buscados no idioma inglês: essential oil, oregano, food, antioxidant, rosemary, clove of india, meat products.

Os critérios de inclusão foram: trabalhos publicados entre 2010 e 2020 que abordassem o tema de forma clara, informações de forma objetiva e concisa. Os critérios de não inclusão foram: trabalhos publicados fora do período estabelecido; artigos que já tratassem do mesmo conteúdo dos artigos mais recentes e já selecionados.

DESENVOLVIMENTO

Oxidação lipídica em produtos cárneos e derivados

Os produtos cárneos passam por uma série de processos, sendo classificados em emulsionados, reestruturados, injetados, fermentados, congelados, enlatados e tratados termicamente. Estes processos influenciam na qualidade e susceptibilidade à oxidação (Pagliarini, 2015).

Quando ocorre algum tipo de processamento ou aquecimento, a carne e seus produtos derivados tendem a sofrer oxidação, devido aos radicais livres presentes, que resultam em oxidação de ácidos graxos poliinsaturados e extinguem o sistema natural antioxidante (Hayagreeva et al., 2014). A liberação de ácidos graxos influencia diretamente nas características da carne. Mudanças na coloração, maciez e sabor são resultantes desta oxidação lipídica (Huang et al., 2013; Oliveira et al., 2016).

Em carnes a oxidação lipídica é ocasionada pela presença de oxigênio, que reage diretamente com os ácidos graxos, resultando em peróxidos (Min Ahn, 2012).O percentual de oxidação é ajustado à quantidade de insaturações contidos no ácido graxo, que determinam a cor e duração dos produtos (Hallenstvedt et al., 2012).

Óleo essencial como antioxidante

Os óleos essenciais podem ser considerados como agente antioxidante, demonstrando que têm potencial para serem utilizados na estabilidade oxidativa de alimentos (Taj Karimi et al., 2010). Em razão de atributos antioxidantes que certos compostos naturais possuem, estes podem variar de acordo com a espécie, as condições climáticas e a fase de desenvolvimento da planta (Tavares et al., 2014).

Os óleos essenciais são resultantes de estruturas voláteis obtidas por métodos de extração, como a destilação de vapor, prensagem a frio e entre outros compostos voláteis extraídos de plantas. Em sua composição são encontrados limoneno, timol, carvacrol e eugenol

(Silveira et al., 2012; Simitzis, 2017).

Determinados óleos compreendem mais de 60 compostos diferentes, destes 85% são responsáveis pelas propriedades biológicas dos óleos essenciais. Este produto natural contém dezenas de substâncias como metabólitos secundários importantes para a presença de diversas atividades biológicas (Silveira et al., 2012).

A inclusão destes óleos essenciais pode evitar a deterioração oxidativa em diversos compostos por meio da redução de radicais livres neles presentes, manifestando-se como agentes antioxidantes com alto potencial para serem aproveitados até mesmo como substitutos de antioxidantes sintéticos nas indústrias químicas, farmacêuticas e de alimentos (Carvalho et al ., 2016).

Óleo essencial de Rosmarinus officinalis L. (Alecrim)

Pertencente à família Lamiaceae, a Rosmarinus officinalis L., originária do mar Mediterrâneo, é uma erva aromática, cultivada em quase todo Brasil. Frequentemente é empregada como o aromatizante em alimentos, apresenta características medicinais, anti-inflamatórias, antimicrobianas e antioxidantes (Begum et al., 2013; Melo, 2010).

O óleo essencial de alecrim é retirado das folhas das plantas, é um líquido incolor ou amarelo pálido, com odor característico da planta e devido à sua atividade antioxidante é utilizado pela indústria na preservação de alimentos (Rašković et al., 2014).

Pereira (2013), ao avaliar óleo essencial de alecrim e seu potencial como antioxidante natural em hambúrgueres durante o seu processamento e armazenamento, identificaram que o extrato hidroalcoólico de Alecrim (adição de 0,5%) apresentou uma alta capacidade antioxidante. Além disso, o extrato de alecrim inibiu a oxidação lipídica em 21 dias com uma baixa produção de malonaldeído e com valores muito próximos ao antioxidante sintético (BHT), o que torna possível a substituição deste antioxidante pelo extrato de alecrim.

Em estudos, Oliveira et al. (2020), avaliaram a inclusão de diferentes níveis de óleo essencial de alecrim sobre o pH e bases nitrogenadas voláteis totais na carne de C. Carpio, o qual indicou que o óleo de alecrim mostrou ter efeito sobre o pH da carne de carpa comum, aumentando a conservação da carne. Este estudo vai ao encontro de Vanz (2013) em que ao avaliar o potencial antioxidante do extrato de alecrim na inibição da oxidação lipídica de filés de tilápia defumados, afirma que adição do alecrim aos filés mostrou-se eficiente e satisfatória à capacidade antioxidante, sendo assim o alecrim apresenta uma ótima fonte de compostos fenólicos e antioxidantes que poderão ser incorporados aos alimentos com facilidade.

O óleo de alecrim se mostra promissor para ser utilizado na substituição do antioxidante sintético BHA na proporção de 0,01% do sintético para a proporção de 0,24% de óleo essencial de alecrim em hambúrgueres de frango, preservando a sua estabilidade oxidativa e sem alterar suas características sensoriais (Pires, 2014).

Kaipers (2017), ao desenvolver um estudo sobre o uso de óleo essencial de alecrim em

combinação de antioxidante químico para a inibição lipídica, obtiveram resultados favoráveis quanto à aceitabilidade quando utilizado 0,0115% de óleo de alecrim com 0,055% de antioxidante químico. A linguiça colonial apresentou sabor característico, embora o sabor do alecrim tenha sido percebido.

Óleo essencial de Origanum vulgare L. (Orégano)

O Origanum vulgare L., popularmente conhecido como orégano, é uma erva aromática pertencente à Lamiaceae que compreende cerca de 260 gêneros e 7000 espécies cultivadas no mundo todo (Rodriguez-Garcia et al., 2015). É um dos condimentos mais populares do mundo, possuindo um aroma característico. O óleo essencial de orégano é produzido por espécies de plantas com um conteúdo relativamente alto de carvacrol (Barbosa et al., 2015).

Pesquisas demonstram que o óleo essencial de orégano possui um potente antioxidante para compostos lipídicos, agindo através da neutralização dos radicais livres, depois pelo bloqueio de peroxidação catalisada pelo ferro capturando o radical lipídico na cadeia de reações (Barbosa et al., 2015; Romero et al., 2012).

O aumento da concentração do óleo essencial de O. vulgare provoca um aumento na inibição do radical ABTS, pois produz uma eficiente ação antioxidante. O potencial antioxidante do óleo essencial de O. Vulgare é explicado devido a presença de compostos fenólicos, que inibem praticamente todo o radical ABTS em concentrações relativamente baixas (Santos, 2020).

Estudos realizados por Prete et al., (2020), ao avaliarem a capacidade antioxidante do óleo essencial de orégano, adquirido comercialmente para aplicação em linguiça suína frescal, observaram que óleo de orégano se mostrou um eficiente antioxidante, representando aproximadamente 56% da capacidade antioxidante do eritorbato de sódio, ressalta-se que tal concentrações deste OE deve possuir quantidades limitadas para não ocorrer alteração de maneira indesejada da característica sensorial do alimento. Moraes (2017) observou também um que o óleo essencial de orégano apresentou um maior potencial antioxidante, superior ao antioxidante sintético BHT quando utilizado *in vitro* em produtos cárneos.

Técnicas para produção do uso de óleo essencial nanoencapsulado têm sido estudadas. Moraes (2013), ao produzir e avaliar nanoemulsões encapsulando o óleo essencial de orégano em patê de frango, através da quantificação do índice de TBARS constatou que o óleo de orégano não emulsionado e as nanoemulsões encapsuladas tiveram atividade oxidante. Ressaltam que quando nanoencapsulado apresentam melhor resultados. Sobre as características sensoriais, tanto o óleo essencial de orégano não emulsionado quanto emulsionado influenciaram nas propriedades sensoriais do patê de frango nas concentrações empregadas no estudo, portanto, as nanoemulsões seriam mais indicadas para serem aplicadas em produtos cárneos, uma vez que apresentou maior aceitação sensorial em relação ao tratamento de patê de frango contendo as nanoemulsões.

Óleo essencial de Syzygium aromaticum (Cravo-da-índia)

O cravo-da-índia é uma planta do tipo arbórea que pode atingir de oito a dez metros de altura, é da família Myrtaceae, onde é conhecido cientificamente por Eugenia caryophyllata Thumb, Caryophyllus aromaticus L., Eugenia aromatica (L) Baill, Eugenia caryophyllus (Sprengel) e atualmente por Syzygium aromaticum (L) Merr. É originário das ilhas Moluccas, na Indonésia.

O óleo essencial de cravo-da-índia apresenta forte ação antioxidante devido à presença majoritária de eugenol (C10H12O2), que atua como quelante de íon férrico, resultando na prevenção de formação dos radicais hidroxilas (Oliveira, 2019; Radünz, 2017).

Segundo o estudo realizado por Oliveira (2017) sobre a atividade antioxidante e antimicrobiana de óleos essenciais aplicados na conservação de linguiça frescal de frango, o óleo essencial de cravo-da-índia e pimenta-da-jamaica à linguiça frescal de frango como antioxidante inibiu a oxidação lipídica durante todo período avaliado. O OE de cravo foi capaz de retardar a oxidação lipídica na linguiça frescal de frango durante os 21 dias de armazenamento.

Borba et al. (2012), em seu estudo acerca das características físico-químicas e sensoriais de embutido fresco de aves de descarte preparado com diferentes antioxidantes naturais, verificou que nas concentrações testadas o OE de cravo-da-índia apresentou menor estabilidade oxidativa e aceitação sensorial comparado com o de orégano. A menor aceitação sensorial com concentrações de cravo-da-índia já era esperada, tendo em vista que o OE do cravo é muito marcante sensorialmente devido a presença do eugenol em sua composição.

Natal (2016) ao estudar o potencial antioxidante e antifúngico de óleos essenciais de condimentos, constatou que o óleo essencial de cravo foi o mais eficaz, apresentando maior potencial antifúngico e antioxidante, comparado aos demais óleos em estudo. Porém, a autora afirma que é necessário estudos complementares in vivo e *in vitro* a fim de verificar a possibilidade de fazer a substituição de aditivos sintéticos por tal agente natural.

Kaur et al. (2019), retrataram em seu estudo sobre Composição química, antioxidante e potencial antifúngico do óleo essencial de Cravo (Syzygium aromaticum) seu composto principal e seus derivados, que o óleo essencial de cravo apresenta potencial antioxidante entre todos os tratamentos devido à presença de vários terpenoides e compostos fenólicos. Tais autores concluem que o óleo essencial de cravo pode ser usado como antioxidante, enquanto os derivados de éster de eugenol podem ser usados como um agente antifúngico promissor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos óleos essenciais de alecrim, orégano e cravo da índia, se mostra bastante promissor. Os extratos vegetais revelam um considerável teor de conteúdo de fenólico total, o que acabam por ser fontes potenciais de antioxidantes; considerados como uma alternativa segura e eficaz na substituição total ou parcial dos conservantes e antioxidantes sintéticos empregados na indústria de produtos cárneos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, L. N.; PROBST, I. S.; ANDRADE, B. F. M. T.; ALVES, F. C. B.; ALBANO, M.; CUNHA, M. L. R. S.; DOYAMA, J. T.; RALL, V. L. M.; JÚNIOR, A. F. *In vitro* antibacterial and chemical properties of essential oils including native plants from Brazil against pathogenic and resistant bacteria. **Journal of Oleo Science**. 2015; 64(3):289-298.

BEGUM, A.; SANDHYA, S.; VINOD, K. R.; REDDY, S.; BANJI, D. An in-depth review on the medicinal flora Rosmarinus officinalis (Lamiaceae). **Acta scientiarum polonorum Technologia alimentaria**, v. 12, n. 1, 2013.

BRAGAGNOLO, N.. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: **Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína.** 2001. p. 393-402.

BREWER, M. S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.10, p.221-247, 2011.

CARVALHO, N. P. B.; SANTOS, A. N.; PINHEIRO, E. O.; LEAL, L. R. Potencial antioxidante e antimicrobiano de óleos essenciais de especiarias: uma revisão. **Hig. aliment,** p. 12-20, 2016.

DOYAMA, J. T.; RALL, V. L. M.; JÚNIOR, A. F. *In vitro* antibacterial and chemical properties of essential oils including native plants from Brazil against pathogenic and resistant bacteria. **Journal of Oleo Science**. 2015; 64(3):289-298.

GALINDO, M. V.; DOS SANTOS PAGLIONE, I.; BALAN, G. C.; SAKANAKA, L. S.; SHIRAI, M. A. (2019). Atividade antimicrobiana e antioxidante de filmes comestíveis de gelatina e quitosana adicionados de óleos essenciais. **Segurança Alimentar e Nutricional,** 26, e019008e019008.

GONÇALVES, S. F.; DE OLIVEIRA, S. P.; SANDY, K.; DE SOUZA, S.; REIS, I. M. F.; TEIXEIRA, N. T. P. **Poder conservante e atividade antioxidante do óleo essencial de cravo da índia adicionado em bebida láctea fermentada**, In: 28° Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2018, Goiânia: Centro de Convenções da PUC- GO.

HALLENSTVEDT, E.; OVERLAND, M.; REHNBERG, A.; KJOS, N. P.; THOMASSEN, M. Sensory quality of short- and long-term frozen stored pork products. Influence of diets varying in polyunsaturated fatty acid (PUFA) content and iodine value. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 244-251, 2012.

HUANG, L., XIONG, Y. L., KONG, B., HUANG, X., & LI, J. Influence of storage temperature and duration on lipid and protein oxidation and flavour changes in frozen pork dumpling filler. **Meat science**, v. 95, n. 2, p. 295-301, 2013.

HYGREEVA, D.; PANDEY, M. C.; RADHAKRISHNA, K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. **Meat Science**, v. 98, p.47-57, 2014.

KAIPERS, K. F. C. **Efeito do extrato de alecrim (Rosmarinus officinalis) como antioxidante em linguiça colonial**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

KAUR, K.; KAUSHAL, S.; RANI, R. Chemical composition, antioxidant and antifungal potential of clove (Syzygium aromaticum) essential oil, its major compound and its derivatives. Journal of Essential Oil Bearing Plants, v. 22, n. 5, p. 1195-1217, 2019.

MELO, A. A. M. DE. **Efeito de filme ativo incorporado com óleo essencial de alecrim (Rosmarinus officinalis L.) na conservação de carne de frango resfriada.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos,Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2010. 68 p.

MIN, B., AHN, D.U. Sensory properties of packaged fresh and processed poultry meat. In: Advances in meat, poultry and seafood packaging. **Woodhead Publishing**, p. 112-153. 2012.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. das G. B. R.; RODRIGUES, L. M. A.; FIGUEREDO, A. C. da S. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento das espécies patogênicas 1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 213-220, 2016.

MORAES, MARÍLIA. Óleo essencial de orégano nanoemulsionado: produção, caracterização físico-química, atividade antimicrobiana e antioxidante ***in vitro*** **e aplicação em patê de frango.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

NATAL, C. A. **Potencial antioxidante e antifúngico de óleos essenciais de condimentos**. 2016. 63

f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2016.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Tendências na reformulação de produtos cárneos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 2, p. 689-702, 2015.

OLIVEIRA, B.; CLEBER DA SILVA CAMARGO, A.; MIGUEL STEFANELLO, C.; NAOMI KURODA, C.; MASTELOTO DA ROSA, G.; PRETTO, A. APLICAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM NA CONSERVAÇÃO DA CARNE DE CYPRINUS CARPIO. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 2, 28 agosto. 2020.

OLIVEIRA, F. S. **Atividade antioxidante e antimicrobiana de óleos essenciais aplicados na conservação de linguiça frescal de frango**. 2017. 61f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Área de concentração: Qualidade de Alimentos de Origem Animal. Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias. Montes Claros, 2017.

OLIVEIRA, R. R.; LAGE, E. M.; NETO, O. J. da S.; SALES, M. C. Antioxidantes naturais em produtos cárneos. **PUBVET**, v. 6, p. Art. 1319-1324, 2016.

OLIVEIRA, S. P. de. **Bebida láctea fermentada acrescida de óleo essencial de Syzygium aromaticum: parâmetros microbiológicos, físico-químicos e potencial antioxidante por meio de análises in sílico, *in vitro* e *in vivo***. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Animal, Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2019.

PAGLARINI, C. de S. **Utilização de extratos comerciais derivados de plantas em produtos cárneos: avaliação da atividade antioxidante**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. 2015.

PEREIRA, D.; PINHEIRO, R. S. **Elaboração de hambúrgueres com antioxidantes naturais oriundos de extratos etanólicos de alecrim (Rosmarinus officinalis L.)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PIRES, M. A. **Avaliação da capacidade antioxidante de extratos comerciais de alecrim e chá verde e sua influência na estabilidade de hambúrguer de frango durante armazenamento congelado**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PRETE, R. D. O.; SERAFIM, R. A.; SOUSA, D. F. M.; SAKANAKA, S. L.; Caracterização e aplicação de óleo de orégano como antioxidante natural em linguiça suína frescal. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 44109-44118, 2020.

RADÜNZ, MARJANA. Óleo essencial de cravo-da-índia (Syzygium aromaticum, L.): extração, encapsulação, potencial antimicrobiano e antioxidante. 146f. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

RAŠKOVIĆ, A.; MILANOVIĆ, I.; PAVLOVIĆ, N.; *et al*. Antioxidant Activity of Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) Essential Oil and its Hepatoprotective Potential. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 14, p. 225, 2014.

RODRIGUEZ-GARCIA, I.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; ORTEGA-RAMIREZ, L. A.; LEYVA, J. M.; SIDDIQUI, M. W.; CRUZ-VALENZUELA, M. R.; AYALA-ZAVALA, J. F. Oregano Essential Oil as an Antimicrobial and Antioxidant Additive in Food Products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 10, p. 1717-1727, 2015.

ROMERO, A. L.; ROMERO, R. B.; SILVA, E. L.; DINIZ, S. P. S. S.; OLIVEIRA, R. R.; VIDA, J. B. Composição química e atividade do óleo essencial de *Origanum vulgare* sobre fungos fitopatogênicos. UNOPAR **Científica Ciências Biológicas e da Saúde**. 2012; 14(4):231-235.

SANTOS, DA NÓBREGA, E., FEITOZA, J. V. F., DA SILVA FERREIRA, V. C., & DA SILVA, F. A. P. USO DE ANTIOXIDANTES NATURALES EN CARNE Y DERIVADOS: UNA REVISIÓN USE OF NATURAL ANTIOXIDANTS IN MEAT AND DERIVATIVES: **A REVIEW. 2020**

SANTOS, J. R. N.; TELES, A. M.; FERREIRA, C. G.; MOUCHREK, A. N. Avaliação da atividade bactericida e antioxidante do óleo essencial e do extrato hidroalcoólico de orégano (*Origanum vulgare*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.

SILVEIRA, S. M.; JÚNIOR, A. C.; SCHEUERMANN, G. N.; SECCHI, F. L.; VERRUK, S.; KROHN, M.; VIEIRA, C. R. W. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de Cymbopogon winterianus (citronela), Eucalyptus paniculata (eucalipto) e Lavandula angustifolia (lavanda). **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, p. 471-480, 2012.

SIMITZIS, P. E. Enrichment of animal diets with essential oils-a great perspective on improving animal performance and quality characteristics of the derived products. **Medicines**, v. 4, n. 2, p. 35, 2017.

TAJKARIMI, M. M.; IBRAHIM, S. A.; CLIVER, D. O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. **Food control**, v. 21, n. 9, p. 1199-1218, 2010.

TAVARES, F.; PIERETTI, G. G.; ANTIGO, L. J.; POZZA, M.; SILVA, G. S. Cobertura comestível adicionada de óleos essenciais de orégano e alecrim para uso em ricota. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 4, p. 249-257, 2014.

VANZ, A. **Avaliação do potencial antioxidante de extrato de alecrim na preservação de filés de tilápia do nilo defumados**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

UTILIZAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS E POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE PARTÍCULAS ANTIOXIDANTES EM PRODUTOS CÁRNEOS OVINOS

USE OF PLANT EXTRACTS AND POTENTIAL OF THE APPLICATION OF ANTIOXIDANT PARTICLES IN SHEEP PRODUCTS

OLIVEIRA, Fernanda M.[1]*; OLIVEIRA, Raquel M.[2]; BORGES, Caroline D.[2]; ZAMBIAZI, Rui C.[2]

1Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; 2Química de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas. *Contato: fer.moroli@gmail.com

RESUMO

A aplicação de antioxidantes naturais como os extratos vegetais, em produtos cárneos, em detrimento a substâncias sintéticas, visando reduzir as reações oxidativas e com isso prolongar a vida útil, tem sido explorada. Porém, a grande maioria desses extratos apresentam instabilidade frente às condições ambientais, sendo a técnica de encapsulação uma alternativa para conferir estabilidade ao composto encapsulado, trazendo maiores benefícios na sua aplicação. Com isso, este estudo teve como objetivo compilar as principais informações disponíveis na literatura sobre a carne ovina e a utilização de extratos vegetais para redução da oxidação lipídica em produtos cárneos ovinos, assim como avaliar a possibilidade da utilização de partículas bioativas como uma alternativa para melhorar o desempenho na preservação deste tipo de produto. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica entre dezembro de 2020 a janeiro de 2021, no portal de Periódicos da Capes e no Google acadêmico. A busca *on-line* ocorreu mediante consulta dos termos/descritores nos idiomas português e inglês: carne ovina (*sheep meat*), produtos cárneos ovinos (*sheep meat products*), antioxidantes naturais em carne (*natural antioxidants in meat*), extratos vegetais antioxidantes (antioxidant plant extracts), oxidação lipídica da carne (*meat lipid oxidation*) e extrato encapsulado em carne (*extract encapsulated in meat*). Tendo em vista os resultados promissores de estudos recentes com o uso de extratos vegetais em carne ovina e extratos vegetais encapsulados aplicados em outros tipos de carnes, na redução da oxidação lipídica, verifica-se o potencial de aplicação de partículas bioativas em carne ovina como uma alternativa ao uso de antioxidantes sintéticos.

Palavras-chave: Atividade antioxidante, compostos bioativos, partículas antioxidantes em produtos cárneos.

ABSTRACT

The application of natural antioxidants such as plant extracts, in meat products, in detriment to synthetic substances, aiming to reduce oxidative reactions and thereby prolong shelf life, has been explored. However, the vast majority of these extracts show instability under environmental conditions, and the encapsulation technique is an alternative to provide stability to the encapsulated compound, bringing greater benefits in its application. Thus, this study aimed to compile the main information available in the literature on sheep meat and the use of plant extracts to reduce lipid oxidation in sheep meat products, as well as to evaluate the possibility of using bioactive particles as an alternative to improve performance in preserving this type

of product. For this purpose, a bibliographic search was carried out between December 2020 and January 2021, in the Capes Periodicals portal and in Academic Google. The online search was carried out by consulting the terms/descriptors in Portuguese and English: sheep meat (sheep meat), sheep meat products, natural antioxidants in meat (natural antioxidants in meat), antioxidant plant extracts (antioxidant plant extracts, meat lipid oxidation, and extract encapsulated in meat. In view of the promising results of recent studies using plant extracts in sheep meat and encapsulated plant extracts applied in other types of meat, in reducing lipid oxidation, the potential for application of bioactive particles in sheep meat, such as an alternative to using synthetic antioxidants.

Keywords: Antioxidant activity, bioactive compounds, antioxidant particles in meat products.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de ovinos da América do Sul, sendo o estado do Rio Grande do Sul o segundo maior produtor nacional (15,51%), ficando atrás apenas da Bahia, responsável por 22,80% da criação do país (IBGE, 2019). Mesmo assim, o mercado consumidor brasileiro de carne ovina é ainda relativamente pequeno em comparação ao consumo de carnes bovina, suína e de aves. Além disso, a carne ovina é destinada principalmente ao consumo direto, com pouca produção de derivados cárneos (MAPA, 2015).

Para a comercialização nos mercados locais, assim como para a exportação das carcaças e cortes cárneos ovinos resfriados ou congelados, é necessário uma grande demanda de tecnologia, para que a carne conserve suas características sensoriais até as gôndolas varejistas. Casos de descoloração do corte, exsudação excessiva e, principalmente, a oxidação lipídica acabam limitando o comércio entre os grandes centros produtores e os consumidores (Karabagias; Badeka; Kontominas, 2011; Kim; Bodker; Rosenvold, 2012).

A oxidação de lipídeos ocasiona a formação de gostos e odores característicos do ranço, responsáveis por *off-flavors* e *off-odors*, importantes causas da rejeição pelo consumidor. Isso ocorre em função da composição da carne de ovelha, que contém aproximadamente, 45% de ácidos graxos monoinsaturados e 10% de poli-insaturados do total de ácidos graxos presentes (Cunha et al., 2018).

A aplicação de antioxidantes naturais nos produtos cárneos visando prolongar a vida útil vem recebendo bastante atenção, em detrimento a substâncias sintéticas como BHA (2-terc -butil-4-hidroxianisol e 3-terc-butil-4-hidroxianisol), BHT (2,6-di-terc-butil-4-metilfenol), TBHQ (terc-butil-hidroquinona), os quais tem limites estritos de adição nos produtos alimentares (Munekata et al., 2017; Şahin et al., 2017, Lorenzo et al., 2018). Algumas pesquisas com extratos vegetais têm demonstrado grande potencial na redução da oxidação lipídica de produtos cárneos ovinos (Bellés et al., 2017; Botsoglou et al., 2014; Dua; Bhat; Kumar, 2015; Fernandes et al., 2016; Haas, 2011; Hayes et al., 2009).

A atividade antioxidante dos extratos vegetais está relacionada à concentração de antioxidante necessária para consumir o radical livre, em sua totalidade ou parcialidade, e pode

ocorrer por diferentes mecanismos (Schaich et al., 2015). Os compostos bioativos presentes nesses extratos são definidos como metabólitos secundários, que são responsáveis pelo sistema de defesa das plantas, estando envolvidos na adaptação a condições de estresse ambiental ao qual as plantas estão submetidas, como da radiação ultravioleta, da ação de patógenos, de escassez hídrica e de queimadas. Os compostos bioativos são representados por cerca de vinte e cinco mil compostos na classe dos terpenos, aproximadamente doze mil alcaloides e de oito mil compostos fenólicos (Vermerris; Nicholson, 2006).

No entanto, a maioria dos compostos bioativos presentes nos extratos vegetais e responsáveis pela ação antioxidante apresentam instabilidade à luz, ao oxigênio e à temperatura, além de conferir sabor e aroma acentuados, o que restringe a aplicação direta em alimentos. Uma alternativa de contornar adversidades como essas é a encapsulação, em que finas coberturas poliméricas são aplicadas em compostos sólidos ou líquidos para propiciar a formação de partículas (Gibbs et al., 1999; Gómez-Estaca; Gavara; Hernández-Muñoz, 2015). Além da maior estabilidade, a encapsulação pode promover o aumento da biodisponibilidade, a liberação controlada do composto ativo, bem como mascarar sabores e odores indesejados (Rutz et al., 2016; Trifkovi´c et al., 2014).

Diante da susceptibilidade da carne ovina à oxidação lipídica e de diversos estudos que apontam o potencial de extratos vegetais encapsulados na redução da oxidação lipídica em produtos cárneos, o presente estudo teve como objetivo fornecer as principais informações da literatura sobre a carne ovina e a utilização de extratos vegetais encapsulados para redução da oxidação lipídica de produtos cárneos ovinos.

METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica foi realizada de dezembro de 2020 a janeiro de 2021, por meio de busca eletrônica no portal de Periódicos CAPES e Google acadêmico. A busca on-line ocorreu mediante consulta dos termos/descritores nos idiomas português e inglês: carne ovina (*sheep meat*), produtos cárneos ovinos (*sheep meat products*), antioxidantes naturais em carne (*natural antioxidants in meat*), extratos vegetais antioxidantes (*antioxidant plant extracts*), oxidação lipídica da carne (*meat lipid oxidation*), extrato encapsulado em carne (*extract encapsulated in meat*).

DESENVOLVIMENTO

Carne ovina

Produção e mercado brasileiro

O Brasil é o maior produtor de ovinos da América do Sul, cuja produção no ano de 2019 foi de 19,71 milhões de cabeças. No país, os estados que mais produziram ovinos foram a Bahia e o Rio Grande do Sul, responsáveis respectivamente por 22,80% e 15,51% da criação

de ovinos. Santana do Livramento (RS), Casa Nova (BA) e Juazeiro (BA), foram os municípios com os maiores efetivos (IBGE, 2019).

A ovinocultura no Brasil é destinada, principalmente, para a produção de carne, contudo o mercado consumidor brasileiro é relativamente pequeno em comparação ao consumo de carne bovina, suína e de aves. Estima-se que o consumo de carne ovina seja de 0,7 kg/habitante/ano (MAPA, 2015). Esse baixo consumo no país pode ser justificado pela falta de hábito do consumidor, irregularidades das ofertas, qualidade inadequada do produto colocado à venda e apresentação inadequada do produto oferecido no mercado interno (SEBRAE, 2005). Ainda, há possibilidade de erros estatísticos referentes ao consumo de carne ovina, pois muitos abates acontecem de forma clandestina, sem qualquer tipo de inspeção (Sorio; Rasi, 2010).

É importante destacar que a comercialização local e a exportação de carcaças e cortes cárneos ovinos resfriados ou congelados, demanda tecnologia apropriada para a conservação dos atributos sensoriais até a chegada às gôndolas varejistas. Isso ocorre porque a carne ovina é suscetível a alterações como descoloração dos cortes, exsudação excessiva e, principalmente, a oxidação lipídica (Karabagias; Badeka; Kontominas, 2011; Kim; Bodker; Rosenvold, 2012). Portanto, o desenvolvimento de estratégias, tanto para o aumento do consumo quanto para melhoria da comercialização da carne ovina se faz necessário.

Composição e alterações

A carne ovina contém cerca de 74% de umidade (Pinheiro et al., 2008), 21% de proteína (Maturano, 2003) e, aproximadamente, 9,5% de gorduras (Franco, 1992). Também estão presentes as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), as hidrossolúveis do complexo B (tiamina, riboflavina, nicotinamida, piridoxina, ácido pantotênico, ácido fólico, niacina, cobalamina e biotina), vitamina C (Berchielli; Pires; Oliveira, 2011), além de ferro, fósforo, potássio, sódio, magnésio e zinco (Luchiari, 2000).

A composição química da carne ovina pode variar dependendo da categoria do animal, da localização na carcaça, da raça e do sistema de alimentação (Gois et al., 2016).
A proteína presente na carne ovina tem elevado valor biológico, pela disponibilidade e digestibilidade de aminoácidos essenciais (Berchielli; Pires; Oliveira, 2011).

Quanto ao perfil de ácidos graxos (AG) da carne ovina, os principais ácidos graxos saturados presentes são o mirístico (C14:0), o palmítico (C16:0) e o esteárico (C 18:0), enquanto que os ácidos graxos monoinsaturados são o palmitoleico (C16:1) e o oleico (C18:1), e os poli-insaturados são o linoleico (C18:2 ω6), o linolênico (C18:3 ω3) e o araquidônico (C20:4) (Monteiro, 1998).

Do total de AG presentes na carne ovina, cerca de 45% são monoinsaturados e 10% poli-insaturados, sendo esta carne bastante susceptível à oxidação lipídica. Os mecanismos de oxidação lipídica envolvem a formação de um radical livre, a partir da cadeia do ácido graxo insaturado, que reage com o oxigênio originando radicais peroxil, que propagam a reação

abstraindo hidrogênios de outros AG, levando a formando hidroperóxidos. A cadeia de hidrocarboneto, da qual o hidrogênio foi extraído, agirá como um novo radical livre, propagando a reação (Cunha, 2018).

Os peróxidos, produtos primários de oxidação, são intermediários instáveis, sobretudo a temperaturas elevadas ou em presença de metais de transição. No decurso da sua decomposição são produzidos compostos de natureza muito diversa (aldeídos, cetonas, hidroxiácidos, hidrocarbonetos, polímeros), os quais são genericamente designados produtos secundários da oxidação lipídica. Muitos desses compostos de degradação possuem um odor desagradável, enquanto que os peróxidos são incolores e inodoros (Cunha et al., 2018; Faustman et al., 2010; Silva et al., 1999). Consequentemente, a peroxidação lipídica afeta os atributos sensoriais de cor e flavour da carne, com a consequente formação de gostos e odores característicos do ranço, responsáveis por *off-flavors* e *off-odors* causadores de rejeição pelos consumidores (Cunha et al., 2018).

A cor da carne destaca-se como um dos principais fatores de decisão no momento da compra, sendo diretamente influenciada pela quantidade e estado químico da mioglobina. A oxidação do átomo de ferro central dentro do grupo heme da mioglobina leva a formação da metamioglobina de cor acastanhado (Faustman et al., 2010). Processos oxidativos, como a oxidação lipídica e a oxidação da mioglobina ou oximioglobina na carne são problemas desafiadores para a indústria da carne. Para minimizar esses efeitos, compostos antioxidantes podem ser utilizados na proteção dos lipídios da oxidação, favorecendo a estabilização da mioglobina (Hayes et al., 2009).

Produtos cárneos ovinos

Os produtos cárneos são produzidos com carnes frescas, gorduras e subprodutos comestíveis, podendo ser adicionados de aditivos e ingredientes, e ser submetidos a um ou mais processos tecnológicos (Benevides; Nassu, 2005; Ordóñez et al., 2005). Com o processamento industrial ocorre ampliação do tempo de validade dos produtos e o máximo aproveitamento das estruturas das carcaças, o que implica no aumento das alternativas industriais, e garante a disponibilização de uma variedade de alimentos ao consumidor final (Benevides; Nassu, 2005). A tendência do mercado atual é oferecer maior praticidade nos produtos alimentares, e porções mais fracionadas que possam ser utilizadas em uma refeição de uma família pequena, o que é um outro motivo para o desenvolvimento de produtos ovinos, melhorando assim a rentabilidade do sistema agroindustrial da ovinocultura (Andrade, 2017).

Os principais produtos de carne ovina disponíveis no mercado brasileiro são linguiça e hambúrguer (Chibito, 2020; Dompeter, 2020; Vpjalimentos, 2020).

Extratos vegetais e propriedades antioxidantes

Alternativas para preservação de alimentos vem sendo desenvolvidas no decorrer dos

anos para suprir a demanda por conservantes naturais não tóxicos, em função da preocupação da sociedade com a segurança dos alimentos (Shim et al., 2011; Taijakarimi et al., 2010). O consumidor compreende que pode ingerir diariamente quantidades não desprezíveis de conservantes de diferentes fontes alimentares, o que com o tempo pode ter um impacto sobre sua saúde (Davidson; Juneja, 1990).

Desde a descoberta dos radicais livres, que se caracterizam como moléculas instáveis e que reagem rapidamente com outras moléculas, os antioxidantes e seus efeitos para a saúde humana ganharam grande importância na pesquisa (Brand- Williams et al., 1995; Arnao et al., 1999; Lee et al., 2007). O conceito de antioxidante está relacionado com compostos capazes de retardar ou impedir a oxidação de algum substrato, estando presente em uma concentração mais baixa que o substrato oxidável (Godic et al., 2014). Nos alimentos, os antioxidantes têm a função de manter a qualidade desde a produção até o consumo, evitando as alterações provenientes de processos oxidativos que podem ocorrer na matriz alimentar (Griffiths et al., 2016).

Existem diferentes formas de atuação dos antioxidantes, desde processos de remoção do oxigênio do meio, varredura das Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), sequestro dos metais catalisadores da formação dos radicais livres, aumento da geração de antioxidantes endógenos ou até mesmo pela interação de um ou mais mecanismos (Zambiazi; Otero, 2019). Assim, extratos vegetais com propriedades antioxidantes e pequena ou nenhuma toxicidade, podem ser empregados como uma alternativa para prevenir a oxidação de carne ovina e seus produtos derivados produtos cárneos ovinos.

Bellés et al. (2017), que avaliaram a adição de diferentes concentrações de extratos de chá verde (0,005, 0,05, 0,5, 5% (p/v)), observaram o potencial antioxidante frente a oxidação lipídica e deterioração da cor de costeletas de perna de cordeiro, com ação dependente da concentração. Fernandes et al. (2016), ao avaliar os efeitos do extrato natural de orégano em hambúrgueres de ovelha, concluíram que o extrato de orégano apresentou efeitos antioxidantes semelhantes ao BHT, podendo ser utilizado como apelo mais saudável na produção desses produtos.

Muino et al. (2018) ao avaliar a eficácia de um extrato de vinho tinto rico em polifenóis como um antioxidante natural em hambúrgueres de carne de cordeiro enriquecidos com ômega-3 poli-insaturados ácidos graxos (n-3 PUFA), observaram que a adição do extrato atrasou a formação de metamioglobina, oxidação lipídica e perda de PUFA n-3.

Encapsulação

A encapsulação é uma técnica utilizada para proteção da substância ativa frente a condições ambientais desfavoráveis como presença de luz, oxigênio, aquecimento, alteração de pH e umidade, que são encontradas no processamento de alimentos. Nessa técnica, bactérias probióticas, enzimas, vitaminas, óleos, extratos vegetais, etc, são envolvidos ou incorporados por uma matriz polimérica, denominada material de parede, constituída por um ou mais polí-

meros (Gómez-Estaca; Gavara; Hernández-Muñoz, 2015; Klein et al., 2015; Wang et al., 2018).

Essa técnica, além de proteger e prolongar a vida útil da substância ativa, facilita a aplicação e o armazenamento, aumenta a solubilidade, reduz perdas de voláteis e a interação prematura com outros ingredientes, podendo mascarar sabores e odores indesejáveis e melhorar a aparência (Gómez-Estaca; Gavara; Hernández-Muñoz, 2015; Gouin, 2004). Outra vantagem proporcionada pela encapsulação é promover a liberação controlada dos compostos encapsulados no lugar e momento certo, o que permite ampliar a gama de aplicações de ingredientes em alimentos (Rutz et al., 2016).

Existem diferentes técnicas para elaboração de partículas, e para escolher a mais compatível para uma aplicação específica devem ser observados fatores como: tamanho de partículas requerido, propriedades físicas e químicas do núcleo e da parede, aplicação do produto final, mecanismos desejados de liberação, escala de produção e custo da substância ativa (Ré, 1998).

O tipo de envolvimento ou aprisionamento da substância ativa pelo material de parede é a principal diferença entre os métodos existentes, pois a interação entre o material e o agente ativo pode ser de natureza física, química ou físico-química (Suave, 2006).

As técnicas utilizadas para a encapsulação podem ser: coacervação, emulsificação, revestimento em leito fluidizado, liofilização, complexo de inclusão, lipossomas e secagem por pulverização (Kaushik et al., 2015).

Aplicação de extratos vegetais encapsulados para reduzir a oxidação lipídica

Nos últimos anos, tem-se pesquisado alternativas para produzir produtos cárneos com características distintas, como de baixo teor de gordura e sódio, enriquecimento com fibras alimentares e/ou ácidos graxos n-3, para aumentar o prazo de validade, dentre outros (Lorenzo et al., 2015; Dos Santos et al., 2016; Dos SANTOS et al., 2017). O desenvolvimento desses produtos é possível através da redução das substâncias indesejáveis e/ou aumento dos níveis de componentes desejados (Hygreeva; Pandey; Radhakrishna, 2014; Toldrá; Reig, 2011).

A utilização de extratos vegetais encapsulados tem sido avaliada em produtos cárneos, principalmente, com propósito de reduzir a oxidação lipídica, em substituição a utilização de antioxidantes sintéticos (BHA, BHT ou TBHQ), por estes serem questionados por seu potencial efeito colateral tóxico e indesejável (Munekata et al., 2017; Şahin et al., 2017, Lorenzo et al., 2018). A utilização de compostos encapsulados e não a utilização direta dos extratos ocorre pela instabilidade dos compostos presentes nos extratos e ainda por mascarar possível alteração do sabor oriunda dos extratos.

Atualmente, o teste de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico) ou TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) é o mais utilizado para verificação dos efeitos da oxidação lipídica em carnes e derivados. Esse teste quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos dos ácidos graxos poli-insaturados (Lima et al., 2013).
Não foram encontrados estudos com aplicação de partículas bioativas em produtos cárneos

oriundos de ovinos, mas foram encontrados para outros tipos de carne e produtos cárneos.

Reis et al. (2017) ao microencapsular o extrato etanólico obtido a partir de coproduto de própolis em Capsul® obtiveram eficiência de encapsulação de 76,86%. Após 14 dias de armazenamento a -15°C, a oxidação lipídica do hambúrguer de carne bovina foi inibida pela adição de 0,3 $g.kg^{-1}$ de micropartículas, proporcionando maior estabilidade lipídica que o eritorbato de sódio. Quando avaliada sensorialmente, a carne de hambúrguer com micropartículas apresentou graus mais baixos no odor e sabor do que a escala ideal, e próximo aos graus ideais para cor, aparência e textura. Cabe ressaltar que, sob congelamento, a rancidez oxidativa ocorre a uma taxa reduzida (Brannan, 2008; Grau et al., 2000).

Baldin et al. (2016) adicionaram em salsicha fresca à base de carne suína um extrato aquoso de resíduo de jabuticaba (cascas e sementes) microencapsulado em maltodextrina. Após 15 dias de armazenamento refrigerado, os valores de TBARS foram menores nas salsichas com 2 e 4% de micropartículas (abaixo de 0,1 mg de malonaldeído/kg amostra) que nos tratamentos controle e com carmim de cochonilha (0,3 a 0,6 mg de malonaldeído/kg amostra). A adição de 2% de micropartículas nas salsichas resultou em aceitação sensorial similar aos tratamentos controle e com o carmim na maioria dos atributos avaliados, com exceção da cor.

Em outro estudo, em que foi utilizado o mesmo extrato aquoso de jabuticaba, mas com aplicação em mortadela, não se observou redução da oxidação lipídica com a aplicação de 2% de micropartículas (Baldin et al., 2018).

Spinelli, Conte e Del Nobile (2016) realizaram um estudo em que foram desenvolvidas micropartículas de extrato de grão cervejeiro em Capsul®. Os resultados confirmaram o potencial uso do grão cervejeiro usado como ingrediente alimentar, pois os hambúrgueres de peixe apresentaram maiores teores de polifenois (30%) e flavonoides (50%) e com uma melhor atividade antioxidante do que a amostra controle.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, fica demonstrado que extratos vegetais têm potencial para aplicação em produtos cárneos ovinos visando a redução da oxidação lipídica, com efeito dependente da concentração, sendo que a encapsulação poderia ser utilizada para aplicação nesse tipo de produto. Ainda, consistem em ingredientes que possibilitam a utilização de antioxidantes naturais em substituição aos artificiais na elaboração desses produtos. Estudos como os relatados são necessários para determinação das concentrações ideais para utilização tanto em carne ovina, quanto em produtos derivados dela.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. C. **Percepção do consumidor brasileiro em relação à carne ovina e produtos derivados** (Tese de Doutorado em Ciência de Alimentos) Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ARNAO M. B.; CANO A.; ACOSTA, M. Methods to measure the antioxidant activity in plant material. A comparative discussion. **Free Radical Research**. 1999, v. 31, p. 589-596.

BALDIN, J. C.; MUNEKATA, P. E. S.; MICHELIN, E. C.; POLIZER, Y. J.; SILVA, P. M.; CANAN, T. M.; PIRES, M. A; GODOY, S. H. S.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; LIMA, C. G.; FERNANDES, A. M.; TRINDADE, M. A. Effect of microencapsulated Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract on quality and storage stability of mortadella sausage. **Food Research International**, v. 108, p. 551-557, 2018.

BELLÉS, M.; ALONSO, V.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J. A. Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb legchops displayed under retail conditions. **Meat Science**, v. 129, p. 153-160, 2017.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes** (2 ed.). Jaboticabal: Funep, 2011.

BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, U.; AMBROSIADIS, I.; FLÉTOURIS, D.; PAPAGEORGIOU, G. Effect of olive leaf (Olea europea L.) extracts on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties enriched with n-3 fatty acids. **Journal of the Science of the Food and Agriculture**, v. 94, p. 227-234, 2014.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology,** v. 28, p. 25-30. 1995.

BRANNAN, R. G. Effects of grape seeds extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken, thing meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. **Journal of Food Science**, v. 73, p. C36-C40, 2008.

CHIBITO. **Produtos**. 2020. Disponível em: <http://www.chibito.com.br/produtos/>.

CUNHA, L. C. M.; MONTEIRO, M. L. G; LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E. S.; MUCHENJE, V.; FRANCISCO DE CARVALHO, F. A. L.; CONTE-JUNIOR, C. A. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. **Food Research International**, v. 111, p. 379-390, 2018.

DAVIDSON, P. M.; JUNEJA, V. K. **Antimicrobial agentes**. In: Branen, A.L., Davidson, P.M., Salminen, S. (Eds.). Food Additives. New York: Marcel Dekker, 1990.

DOM PEPER. **Linguiça cuiabana**. Disponível em: <https://www.dompeter.ind.br/cuiabana-ovina>.

DUA, S.; BHAT, Z. F.; KUMAR, S. Effect of oleuropein on the oxidative stability and storage quality of Tabaq-Maz, fried mutton ribs. **Food Bioscience**, v. 12, p. 84-92, 2015.

FERNANDES, R. P. P.; TRINDADE, M. A.; LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E. S.; MELO, M. P. Effects of oregano extract on oxidative, microbiological and sensory stability of sheep burgers packed in modified atmosphere. **Food Control**, v. 63, p. 65-75, 2016.

FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos** (9 ed.). Rio de Janeiro: Atheneu, 1992.

GIBBS, B. F.; KERMASHA, S.; ALLI, I.; MULLIGAN, C. N. Encapsulation in the food industry: a review. International Journal Food Science and Nutrition, v. 50, p. 213-224, 1999.

GODIC, A.; POLJASAK, B.; ADAMIC, M.; DAHMANE, R. The role of antioxidants in skin cancer prevention and treatment. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2014, 2014.

GOIS. C. G.; PESSOA R. M. S.; SILVA E. G.; MACEDO A., LAURENTINO A. B.; BATISTA M. V. S. Composição de ácidos graxos na carne ovina. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 12, n. 3, 2016.

GÓMEZ-ESTACA, J.; GAVARA, R.; HERNÁNDEZ -MUÑOZ, P. Encapsulation of curcumin in electrosprayed gelatin microspheres enhances its bioaccessibility and widens its uses in food applications. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 29, p. 302-307, 2015.

GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing Technologies and trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, p. 330-347, 2004.

GRIFFITHS, K.; AGGARWAL, B. B.; SINGH, R. B.;

BUTTAR, H. S.; WILSON, D.; & DE MEESTER, F. Food Antioxidants and Their Anti- Inflammatory Properties: A Potential Role in Cardiovascular Diseases and Cancer Prevention. **Diseases**, v. 4, n. 3, p. 28, 2016.

HASS, L. I. R. **Caracterização físico-química, fitoquímica, atividade antioxidante in vitro e in vivo, e efeitos antiproliferativos de extratos dos frutos do araçá (Psidium cattleianum Sabine) e da guabiroba (Campomanesia xanthocarpa O. Berg.)** (Tese de Doutorado em Ciências). Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

HAYES, J. E.; STEPANYAN, V.; ALLEN, P.; O'GRADY, M. N.; O'BRIEN, N. M.; KERR, J. P. The effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on lipid oxidation and oxymyoglobin oxidation in bovine and porcine muscle model systems. **Meat Science**, v. 83, p. 201-208, 2009.

HYGREEVA, D.; PANDEY, M. C.; RADHAKRISHNA, K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. **Meat Science**, v. 98, p. 47-57, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2019. Disponível em: **<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>**.

KARABAGIAS, I.; BADEKA, A.; KONTOMINAS, M. G. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. **Meat Science**, v. 88, p. 109-116, 2011.

KAUSHIK, P.; DOWLING, K.; BARROW, C. J.; ADHIKARI, B. Microencapsulation of omega-3 fatty acids: A review of microencapsulation and characterization methods. **Journal of Functional Foods**, v. 4, p. 868-881, 2015.

KLEIN, T.; LONGHINI, R.; BRUSCHI, M. L.; MELLO, J. C. P. de. Microparticles containing guaraná extract obtained by spray-drying technique: development and characterization. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, p. 1-9, 2015.

KIM, Y. H. B.; BODKER, S.; ROSENVOLD, K. Influence of lamb age and high-oxygen modified atmosphere packaging on protein polymerization of long-term aged lamb loins. **Food Chemistry**, v. 135, p. 122-126, 2012.

LEE, J.; CHUNG, H.; CHANG, P.; LEE, J. Development of a method predicting the oxidative stability of edible oils using 2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH). **Food Chemistry**, 2007, v. 103, p. 662-669.

LIMA, D. M.; RANGEL, A.; URBANO, S.; MITZI, G.; MORENO, G. M. Oxidação lipídica da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, p. 14-28, 2013.

LORENZO, J. M.; CITTADINI, A.; BERMÚDEZ, R.; MUNEKATA, P. E.; DOMINGUEZ, R. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, $CaCl_2$ and $MgCl_2$ on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured lacón. **Food Control**, v. 55, p. 90-96, 2015.

LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E. S.; SANT´ANA, A. S.; CARVALHO, R. B.; BARBA, F. J.; TOLDRÁ, F.; MORA, L.; TRINDADE, M. A. Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 77, p. 1-10, 2018.

LUCHIARI F. A. **Pecuária da carne bovina**. 1 ed. São Paulo: LinBife, 2000.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Caprinos e Ovinos. Brasil. 2015. Disponível em: **<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/caprinos-e-ovinos>.**

MATURANO, A. M. P. **Estudo do efeito do peso de abate na qualidade da carne de cordeiros da raça Merino Australiano e Ile de France x Merino** (Dissertação de Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MONTEIRO, E. M. **Influência do cruzamento Ile de France x Corriedale (F1) nos parâmetros de qualidade da carne de cordeiro** (Tese de doutorado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo,1998.

MUNEKATA, P. E. S.; DOMINGUEZ, R.; FRANCO, D.; BERMÚDEZ, R.; TRINDADE, M. A.; LORENZO, J. M. Effect of natural antioxidants in Spanish salchichón elaborated with encapsulated n-3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. **Meat Science**, v. 124, p. 54-60, 2017.

OTERO, D. M.; BOHMER, B.; ANTUNES, B. F.; Krumreich, F.; Oliveira, M. F.; LORINI, A.; JACQUES, A.; Crizel-Cardoso, M.; JANSEN, C.; Silva, L.A.; ZAMBIAZI, R. C.

Antioxidantes em Alimentos. 1. ed. **Mauritius: Novas Edições Acadêmicas**, v. 1, p. 93, 2019.

PINHEIRO, R. S. B; JORGE, A. M.; FRANCISCO, C. L.; ANDRADE, E. N. Composição química.e rendimento da carne ovina *in natura* e assada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p.154-157, 2008.

RÉ, M. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v. 16, p. 1195-1236, 1998.

REIS, A. S.; DIEDRICH, C.; MOURA, C.; PEREIRA, D.; ALMEIDA, J. F.; SILVA, L. D.; VICENTE, M. S.; TAVARES, R. A. W.; CARPES, S. T. Physico-chemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its effect on storage stability of burger meat during storage at -15°C. **LWT – Food Science and Technology**, v. 76, p. 306-313, 2017.

RUTZ, J. K.; BORGES, C. D.; ZAMBIAZI, R. C.; ROSA, C. G.; SILVA, M. M. Elaboration of microparticles of carotenoids from natural and synthetic sources for applications in food. **Food Chemistry**, v. 202, p. 324-333, 2016.

ŞAHIN, S.; SAMLI, R.; BIRTEKSÖZ TAN, A. S.; BARBA, F. J.; CHEMAT, F.; CRAVOTTO, G.; LORENZO, J. M. Solvent-free microwave-assisted extraction of polyphenols from olive tree leaves: antioxidant and antimicrobial properties. **Molecules**, v. 22, p. 1056-1068, 2017.

DOS SANTOS, L. A. A.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; DOS SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CISHOSKI, A. J. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. **Meat Science**, v. 121, p. 73-78, 2016.

DOS SANTOS, L. A. A.; LORENZO, J. M.; GONÇALVES, C. A. A.; DOS SANTOS, B. A.; HECK, R. T.; CISHOSKI, A. J. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl. **Meat Science**, v. 123, p. 50-56, 2017.

SCHAICH, K. M.; TIAN, X.; XIE, J. Reprint of "Hurdles and pitfalls in measuring antioxidante efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH and ORAC assays". **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 782-796, 2015.

SEBRAE. Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. 2005. Informações de mercado sobre caprinos e ovinos. Brasil. Disponível em: **<http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/40B65B09464CA07D032571540041EC16/$File/NT0003202E.pdf.>.**

SHIM; S. M.; SUN, H. S.; LEE, Y.; MOON, G. I.; KIM, M. S.; PARK, J. H. Consumers' knowledge and safety perceptions of food additives: Evaluation on the effectiveness of transmitting information on preservatives. **Food Control**, v. 22, n. 7, p. 1054-1060, 2011.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SPINELLI, S.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Microencapsulation of extracted bioactive compounds from brewer's spent grain to enrich fish-burgers. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 450-456, 2016.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M.; SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 7, p. 12-20, 2006.

TAJKARIMI, M. M.; IBRAHIM, S. A.; CLIVER, D. O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. **Food Control**, v. 21, n. 9, p. 1199-1218, 2010.

TOLDRÁ, F.; REIG, M. Innovations for healthier processed meats. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, p. 517-522, 2011.

TRIFKOVIĆ, K. T.; MILAŠINOVIĆ, N. Z.; DJORDJEVIĆ, V. B.; KRUŠIĆ, M. T.; KNEŽEVIĆ-JUGOVIĆ, Z. D.; NEDOVIĆ, V. A.; BUGARSKI, B. M. Chitosan microbeads for encapsulation of thyme (Thymus serpyllum L.) polyphenols. **Carbohydrate Polymers**, v. 111, p. 901-907, 2014.

VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. L. **Phenolic compound biochemistry**. Springer, 2006. 276p.

VP JALIMENTOS. **Hambúrgueres.** Disponível em: <https://www.vpjalimentos.com.br/ catalogodigital/hamburgueres.html>.

WANG, Y. F.; JIA, J. X.; TIAN, Y. Q.; SHU, X.; REN, X. J.; GUAN, Y.; YAN, Z. Y. Antifungal effects of clove oil microcapsule on meat products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 604-609, 2018.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO PARA UMA ALIMENTAÇÃO BALANCEADA: UMA REVISÃO

USE OF COCONUT OIL FOR A BALANCED FOOD: A REVIEW

ARAÚJO, Diego[1]; DOURADO, Lucas Henrique[2]; VELASCO, Gizelle[3]; PLÁCIDO, Geovana[4]; OLIVEIRA, Ralf[5]*

[1]Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos/Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde; [2]Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos/Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde; [3]Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos/Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde; [4]Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos/Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde; [5]Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal de Goiás.
*Contato: ralfmelo@hotmail.com

RESUMO

O óleo de coco (Cocos nucifera L.) é um produto 100% natural de origem vegetal, sendo extraído a partir da polpa do coco fresco maduro por processos físicos, passando pelas etapas de trituração, prensagem a frio e tripla filtração. O perfil nutracêutico do óleo de coco com ação termogênica pode ser um argumento para o processo de uma alimentação balanceada e emagrecimento saudável. Realizar uma revisão sistemática, com o objetivo de determinar quais os benefícios do óleo de coco para uma alimentação mais balanceada. Foram incluídos estudos publicados em revistas conceituadas e casos realizados em seres humanos, publicados nos últimos anos. Poucas foram as evidências a respeito dos efeitos do óleo de coco no emagrecimento e os benefícios para uma alimentação mais balanceada.

Palavras-chave: Consumo, obesidade, alimentação saudável.

ABSTRACT

Coconut oil (Cocos nucifera L.) is a 100% natural product of plant origin, being extracted from fresh coconut pulp by adult processes, passing through the grinding, cold pressing and triple filtration steps. The nutritive profile of thermogenic coconut oil can be an argument for the process of balanced diet and healthy weight loss. Conduct a systematic review to determine the benefits of coconut oil for a more balanced diet. We included studies published in reputable journals and human cases published in the last 10 years. Few were the changes in respect of the effects of coconut oil on weight loss and the benefits for a more balanced diet.

Keywords: Consumption, obesity, healthy eating.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a população brasileira passou por grandes mudanças sociais que obtiveram como resultados transformações no seu padrão de saúde e consumo alimentar. No entanto visualiza-se um aumento rápido do excesso de peso em todas as camadas da população, representando um cenário repleto de problemas relacionados à alimentação e nutrição. Em virtude da rapidez e velocidade de evolução, o excesso de peso é apontado nos dias atuais como um dos maiores problemas de saúde pública, atingindo todas as idades. Em 2018, dados apontam que em adultos o crescimento da obesidade entre 25 a 34 anos e 35 a 44 foi maior, com 84,2% e 81,1%, respectivamente. Apesar de o excesso de peso ser mais comum entre os homens, em 2018, as mulheres apresentaram obesidade ligeiramente maior, com 20,7%, em relação aos homens, 18,7% (BRASIL, 2012).

Segundo Marques-Lopes et al., (2004), o excesso de peso é geralmente atenuado ou exacerbado pelos fatores ambientais como alimentação e exercício físico. Outras indagações surgem que é o gasto energético e não a ingesta calórica, que difere entre as pessoas magras e obesas. Do ponto de vista da saúde pública, os principais motivos que são apontados como as principais causas de obesidade, uma vez que, nas últimas décadas, não ocorreram alterações substanciais nas características genéticas das populações, enquanto as mudanças nos seus hábitos foram relevantes.

A mídia cada vez mais vem trazendo diversas opções de produtos como recurso no tratamento da obesidade. Dentre eles, o óleo de coco vem se evidenciando no mercado com o compromisso de possuir excelente ação antibacteriana, antiviral e antifúngica, ajudando no combate a vários microrganismos patogênicos, sendo esses efeitos atribuídos ao ácido láurico. Além dessa suposta propriedade, também é divulgado que o ácido láurico possui efeito termogênico, atuando como coadjuvante para a perda de gordura corporal, perda de peso e redução significativa da gordura abdominal (METABÓLICA, 2016).

O óleo de coco é um dos óleos vegetais que mais ganhou destaque na mesa da população nos últimos tempos, principalmente entre as pessoas que buscam um estilo de vida e uma dieta mais saudáveis.

Por ser uma fonte de gordura saturada, o óleo de coco orienta que em sua ingestão não produz efeitos adversos sobre o coração, auxiliando para o controle de colesterol, através do aumento do colesterol HDL e diminuição do LDL (METABÓLICA, 2016). Além dos benefícios do óleo de coco, são encontrados nas mídias digitais sobre a absorção de vitaminas lipossolúveis, controle dos níveis de glicose e insulina, melhora da circulação sanguínea e inibição de tumores (ÓLEO DE COCO, 2015).

Apesar de parecer uma alternativa saudável em relação a outros tipos de óleos, o óleo de coco ainda não é aprovado por unanimidade entre os nutricionistas devido aos seus altos níveis de gordura saturada que podem chegar a 90%.

Segundo a *American Heart Association* e o *Department of Agriculture* dos Estados Unidos, a gordura saturada em excesso pode elevar o risco de desenvolver certas doenças, e aí moraria o perigo de se consumir óleo de coco no lugar de outros óleos vegetais que são majoritariamente compostos por gorduras mono e poli-insaturadas (HEART ASSOCIATION, 2020).

Diante desse quadro, o mercado busca sempre atender seus clientes facilitando e ajudando em uma alimentação mais saudável. O uso do óleo de coco para o tratamento da obesidade hoje em dia tem recebido grande destaque na mídia.

De acordo com estudiosos e defensores do óleo de coco, este ajuda a prevenir e tratar uma série de doenças. Apesar disso, é muito importante ter cautela, afinal o óleo de coco é uma gordura e, consumida em excesso, engorda. Este artigo objetiva determinar quais os benefícios do óleo de coco para uma alimentação mais balanceada.

METODOLOGIA

Para a realização da vigente revisão da literatura o presente estudo caracterizou-se por ser uma revisão bibliográfica sistemática. Os dados foram coletados nas bases de dados do site “ScienceDirect”, com a busca das seguintes palavras-chave, no idioma em inglês: lipídios (fatacid), óleo de coco (coconutoil) alimentação saudável (healthy eating) obesidade (obesity). Foram incluídos no estudo resultados de meta-análises, ensaios clínicos, estudos de caso controle e série de casos realizados em seres humanos.

DESENVOLVIMENTO

Óleo de Coco

Cultivado em mais de 86 países situados nos trópicos, o coqueiro (Cocos nucifera, L.) pode ser utilizado tanto para o consumo do fruto, como para fins nas indústrias (VILLELA, 2013). O coqueiro foi introduzido no Brasil em 1553, no Estado da Bahia, a partir de material trazido de Cabo Verde (ARAGÃO et al., 2009). Essa planta semeou para o litoral nordestino, onde encontrou clima adequado para o seu cultivo, em seguida adaptou-se em outras regiões do Brasil (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011).

A produção brasileira de coco chegou a 1,3 bilhões de frutos em 2001 e nos últimos anos registrou-se um acréscimo dessa produção. Já no ano de 2016, a expectativa era um rendimento de 7.979 frutos por hectare, em uma área de 231.087 hectares plantados, o que corresponderia a 1.8 bilhões de frutos (DE PINHO; SOUZA, 2018)

O coco produzido pode ser utilizado pelas indústrias a partir do processamento do endosperma sólido submetido à secagem (copra) ou fresco. No Brasil, o coco fresco é mais utilizado na indústria alimentícia para fabricação de leite de coco, coco ralado, doces, bolos, bombons, chocolates, entre outros. A fibra de coco, derivada do mesocarpo do fruto, pode

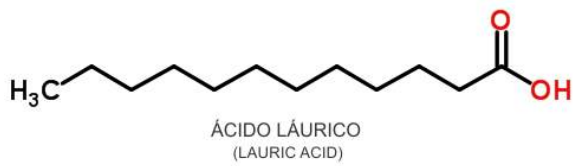
ser utilizada na confecção de tapetes, enchimentos de bancos de automóveis e pó para substrato agrícola (FONTENELE, 2005).

O óleo de coco é derivado da copra, e contém grande quantidade de lipídeos de baixo peso molecular como ácido láurico (DE PINHO; SOUZA, 2018). No óleo de coco pode-se encontrar ácido caprílico, cáprico, mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico e ácido láurico, sendo esse último encontrado em maior proporção (ARAÚJO; CARVALHO; SOUSA, 2009). Outros componentes encontrados em menores concentrações incluem monoglicerídeos, diglicerídeos, fosfatídeos, ceras, pigmentos (carotenoides e clorofila) e esteróis (matéria insaponificável) como os tocoferóis, que inibem a oxidação das cadeias de ácidos graxos insaturados do óleo de coco (OILS et al., 2021).

Composição química do óleo de coco

O óleo de coco, rico em Ácidos Graxos de Cadeia Média (triglicerídeos de cadeia média), cerca de 65%; além deste o óleo de coco possui: acetovanilona, ácido ascórbico, ácido cáprico, ácido caprílico, ácido cítrico, ácido ferúlico, ácido láurico, ácido mirístico, ácido químico, ácido succínico, ácido vanílico, celulose, fitosterol, inositol, tocoferol, vanilina e vitamina E (UTILIZADA; EXTRA; ORG, [s.d.]).

O óleo de coco possui os seguintes ácidos graxos: caprílico 5,0-10,0%, cáprico 4,5-8,0%, mirístico 16-21%, palmítico 7,5-10%, esteárico 2,0-4,0%, oleico 5-10% e linoleico 1,0-2,5%, com destaque para o ácido láurico 43-51% (ARTEMIA; AMOSTRA, 2014). Segundo Balachandran et al. (1985 apud Araújo, 2008), o endosperma do fruto do coqueiro é a principal fonte mundial de ácido láurico, usado na indústria de alimentos, cosméticos, sabões e na fabricação de álcool. Dependendo da qualidade da copra, o óleo de coco apresenta-se incolor ou de coloração acastanhada e com teor de ácidos graxos livres (calculado como ácido láurico) variando de 1 a 6 % (DE PINHO; SOUZA, 2018).



Ácido láurico 43-51% presente no óleo de coco.

Óleos e gorduras têm um papel fundamental na alimentação humana. Além de fornecerem calorias, agem como veículo para as vitaminas lipossolúveis, como A, D, E e K1. Também são fontes de ácidos graxos essenciais como o linoleico, linolênico e araquidônico e contribuem para a palatabilidade dos alimentos (CASTRO et al., 2004).

Os componentes principais do óleo são os triacilgliceróis, que possuem uma composição diferente de ácidos graxos, são caracterizados por uma abundância do ácido láurico (ácido dodecanoico). O óleo do coco tem uma proporção considerável de ácidos graxos com C-6, C-8 e C-10. Estudos farmacológicos anteriores informam que cadeias médias de triacilgliceróis do óleo de coco reduzem o acúmulo de gorduras e colesterol em ratos, quando esses

óleos são inseridos na sua alimentação (ALUÍSIO et al., 2002).

Formas e utilização do óleo de coco

O óleo de coco pode ser aplicado em substituição a outros tipos de gordura no preparo dos alimentos. Com as indagações dos malefícios da gordura trans, a indústria alimentícia vem buscando alternativas para o preparo de alimentos. Uma das alternativas tem sido o uso de óleos tropicais, como o óleo de coco. Obviamente, a retirada da gordura trans traz benefícios no perfil lipídico e no risco cardiovascular. No entanto, não se sabe se a substituição da gordura trans por gordura saturada, principal fonte de gordura do óleo de coco, poderá ser benéfica. Sabemos que gordura saturada está associada à elevação do colesterol total (FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA, 2013).

O óleo de coco e seus derivados são extensamente utilizados por várias indústrias, tais como a indústria de cosméticos, que utiliza em grande escala o ácido mirístico, segundo principal ácido graxo (~ 20%) do óleo de coco. Além disso, o óleo de coco é uma substância base para muitos produtos farmacêuticos e também para a produção de biocombustível através da utilização de ésteres metílicos (VILLELA, 2013).

Uma importante característica na utilização do óleo de coco para a produção de biodiesel é que o rendimento em óleo é de aproximadamente 60%, sendo superior ao de outras oleaginosas já em uso na produção de biodiesel comercial (GONZALEZ et al., 2008).

Outro modo de utilização do óleo de coco é na forma de suplementos. Neste caso, as evidências são insuficientes e, além de benefícios desconhecidos, não se sabe os riscos que podem estar envolvidos.

Evidências e benefícios do consumo do óleo de coco

O consumo de óleo de coco e de outros suplementos foi avaliado em ratos e mostrou que, apesar do alto teor de gordura saturada, o óleo de coco parece ter efeitos benéficos para a saúde cardiovascular, desde que consumido em doses moderadas. Entretanto, os autores concluem que ainda são necessários mais estudos para indicação efetiva deste suplemento (ARTEMIA; AMOSTRA, 2014).

Rico em ácido láurico, que constitui 47% de seu índice de ácidos graxos, o óleo de coco tem inúmeras ações terapêuticas comprovadas. Em contato com pH ácido (equivalente a 2,0) do estômago, transforma-se em monolaurina, um poderoso antivirótico, antibacteriano e antifúngico, que não gera resistência, nem efeito colateral. Aliado a esses atributos, o óleo de coco é reconhecidamente um potente anti-inflamatório, capaz de reduzir o LDL e aumentar o HDL, sem alterar os níveis de colesterol, na maioria dos estudos onde o perfil lipídico foi avaliado (RIBEIRO, 2017).

Outros estudos realizados em animais de laboratório e em humanos mostram efeitos da utilização do óleo de coco na redução de alguns componentes lipídicos e aumento do HDL

-c. Entretanto, os resultados não indicam a recomendação do uso de óleo de coco, sendo necessárias mais pesquisas em humanos com utilização prolongada para verificar seus efeitos em longo prazo no organismo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

O óleo de coco colocado em muitas dietas como substituto aos tradicionais óleos de cozinha, à manteiga e até mesmo ao azeite de oliva, pode ser, na verdade, a opção menos saudável. De acordo com um relatório recente da Associação Americana do Coração (AHA, na sigla em inglês), o óleo de coco contém altos níveis de gordura saturada, sendo tão prejudicial quanto ou até pior que as gorduras de origem animal e até mesmo as outras de origem vegetal. Segundo a pesquisa, enquanto o azeite tem 14% de gordura saturada, a banha de porco contém 39%, a de carne bovina 50%, a manteiga 63% e o óleo de coco 82%.

Em relação à perda de peso, nenhum estudo atual comprova os benefícios do óleo de coco. Além de que, o mesmo, é uma gordura, que quando ingerida em excesso pode engordar. Por exemplo, o valor calórico de três colheres de sopa do óleo de coco (que é o indicado pelos adeptos da “Coconut diet” para indivíduos), é de 117 Kcal, com 13,6 g de gordura - o que supera a quantidade de outros tipos de gordura, como a manteiga e azeite (SEMESTRE, 2016). Diante das diversas alegações feitas sobre o óleo de coco e em relação ao seu uso para a perda de peso, a Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM) e a Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica (ABESO) emitiram um posicionamento oficial. Ambas as entidades não indicam o uso de óleo de coco para este fim, considerando a escassez de estudos e o baixo grau de evidência (HOHL; CERCATO, 2015).

Já para o Conselho Federal de Nutricionistas (CFN, 2015), o óleo de coco é uma importante fonte natural de gordura saturada. Contudo, o mesmo possui efeito hipercolesterolêmico, e não deve, portanto, ser prescrito para tratamento da hipercolesterolemia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tratando-se do uso do óleo de coco, existem poucos estudos que assegurem seu uso com a finalidade de diminuição de gordura corporal, sendo também necessário um maior número de evidências científicas que comprovem a sua suplementação. Para tanto, não é recomendado o uso destes óleos para a população em geral.

Contudo, pode-se concluir que o óleo de CCcos nucifera L. natural e industrializado possui alta atividade biológica por apresentar em sua composição um complexo de ácidos graxos saturados de cadeia média e longa como o ácido láurico, mirístico e palmítico.

REFERÊNCIAS

ALUÍSIO, M. et al. Composição dos ácidos graxos do óleo de coco (Cocos nucifera L.) em diferentes fases de maturação. v. 52, n. 358, p. 2001, 2002.

ARAGÃO, W. M.; RIBEIRO, F. E.; MELO, M. F. V. Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; FERREIRA, J. M. S. (Ed.). Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros.** 2009. 232p.

ARAÚJO, G. S.; CARVALHO, R. H. R.; SOUSA, E. M. B. D. Produção de Biodiesel a Partir do Óleo de Coco (Cocos nucifera L.) Bruto. **2nd International Workshop - Advances in Cleaner Production. São Paulo - Brazil**, p. 1-10, 2009.

ARTEMIA, L. F. A.; AMOSTRA, D. E. U. M. A. AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DO ÓLEO DE Cocos nucifera NATURAL E OUTRA INDUSTRIALIZADA NA CIDADE DE SOUSA - PB. **Revista Interdisciplinar em Saúde**, v. 1, n. 2, p. 291-304, 2014.

BRASIL. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN).** [s.l: s.n.].

CASTRO, H. F. DE et al. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 146-156, 2004.

DE PINHO, A. P. S.; SOUZA, A. F. EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO (Cocos nucifera L.). **Biológicas & Saúde**, v. 8, n. 26, p. 9-18, 2018.

FONTENELE, R. E. S. **CULTURA DO COCO NO BRASIL:** CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS Sistemas Agroalimentares e Cadeias Agroindustriais Pôster CULTURA DO COCO NO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS Resumo. n. February, p. 1-20, 2005.

FREIRE, P. C. M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T. A. P. DE C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: Regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição,** v. 26, n. 3, p. 353-358, 2013.

GONZALEZ, W. A. et al. **Biodiesel e óleo vegetal in natura soluções: energéticas para a Amazônia**. [s.l: s.n.].

HEART ASSOCIATION, A. **Diretrizes de RCP e ACE.** p. 32, 2020.

HOHL, A.; CERCATO, C. **Posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM) e da Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica (ABESO) sobre o uso do óleo de coco para perda de peso.** 2015.

MARQUES-LOPES, I. et al. Genetics of obesity. **Revista de Nutrição,** v. 17, n. 3, p. 327-338, 2004.

MARTINS, C. R.; JESUS JUNIOR, L. A. DE. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. **Documentos Embrapa**, v. 164, p. 32, 2011.

METABÓLICA, A. B. PARA O E. DA O. E S. Diretrizes brasileiras de obesidade 2016. **VI Diretrizes Brasileiras de Obesidade**, p. 7-186, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição**. [s.l: s.n.].

OILS, E. et al. **Quim. Nova**,. v. 44, n. 7, p. 899-907, 2021.

RIBEIRO, L. G. T. A verdade científica sobre um superalimento funcional denominado óleo de coco. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**, v. 18, n. 3, p. 109-117, 2017.

SEMESTRE, S. **Nutrição.** 2016.

UTILIZADA, P.; EXTRA, C.; ORG, V. Óleo de coco. n. 19, [s.d.].

VILLELA, LUCIA MARIA AVERSA. The impacts to health coorellated with the consumption of coconut oil. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689-1699, 2013.

NATUE. Disponível em: <**http://www.natue.com.br/oleo-de-coco-500ml-copra-coco-2481.html**>. Acesso em: 26 jan/2021.
ÓLEO DE COCO. Disponível em: <**http://oleodecoco.info/**>. Acesso em: 12 maio/2021.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO POTENCIAL FONTE DE COMPOSTOS BIOATIVOS: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

VALORIZATION OF AGRO-INDUSTRIAL RESIDUES AS A POTENTIAL SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS: A SUSTAINABLE ALTERNATIVE

SPACKI, Kamila de Cássia[1]*; SILVA, Jiuliane Martins da[2]; MATIUCCI, Marcos Antonio[3]; COSTA, Joice Camila Martins da[4]; PERALTA, Rosane Marina[5]

[1]Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PPC)/Universidade Estadual de Maringá; [2]Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PPC)/Universidade Estadual de Maringá; [3]Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PPC)/Universidade Estadual de Maringá; [4]Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos (PEG)/Universidade Estadual de Maringá; [5]PPC e PBQ/Universidade Estadual de Maringá. *Contato: kamilaspacki@outlook.com

RESUMO

O excesso de geração de resíduos aliado aos impactos ambientais, despertaram o interesse da indústria e da pesquisa pela busca por fontes renováveis e possíveis aplicações. Muitos estudos apontam que o aproveitamento de resíduos agroindustriais juntamente com o desenvolvimento de processos sustentáveis são capazes de converter a biomassa em produtos de alto valor agregado. Com isso, o reaproveitamento de resíduos se torna uma estratégia de valorização sustentável além de minimizar os impactos ambientais causados por estes materiais. Esta revisão discute conceitos importantes sobre o aproveitamento de resíduos devido a presença significativa de compostos bioativos e o desenvolvimento de novos produtos com valor agregado. Toneladas de resíduos são descartadas em todo o mundo, no entanto, os de origem animal e vegetal encontram-se em maior quantidade. Em sua maioria, cascas, folhas, sementes, caules, polpas e caroços são fontes ricas em compostos bioativos. Alguns resíduos são empregados em laticínios, no setor animal e também na produção de energia e biocombustível, além da produção de biopolímeros, compósitos, nanocelulose, entre outros. Apesar de ser um assunto de interesse industrial e de pesquisadores, nota-se que as oportunidades de valorização dos resíduos agroindustriais ainda são pouco exploradas, indicando ainda ser um grande desafio.

Palavras-chave: Agroindústria, bioprodutos, meio ambiente, resíduos, sustentabilidade.

ABSTRACT

The excess of waste generation combined with environmental impacts have aroused the interest of industry and research in the search for renewable sources and possible applications. Many studies indicate that the use of agro-industrial waste along with the development of sustainable processes are able to convert biomass into products with high added value. Thus, the reuse of waste becomes a strategy for sustainable valorization besides minimizing the environmental impacts caused by these materials. This review discusses important concepts about the utilization of waste due to the significant presence of bioactive compounds and the development of new products with added value. Tons of residues are discarded all over the world, however, those of animal and vegetal origin are found in larger quantities. Mostly bark, leaves, seeds, stems, pulp and stones are rich sources of bioactive compounds. Some residues are used in dairy products, in

the animal sector, and also in the production of energy and biofuel, besides the production of biopolymers, composites, and nanocellulose, among others. Despite being a subject of industrial and researchers' interest, it is noted that the opportunities for valorization of agroindustrial residues are still little explored, indicating that it is still a great challenge.

Keywords: Agroindustry, bioproducts, environment, residues, sustainability.

INTRODUÇÃO

O aumento global na demanda por suprimentos alimentícios acarretou no excesso de geração de resíduos em decorrência das atividades agroindustriais. No entanto, a utilização desses materiais pouco explorados para o desenvolvimento de novos produtos de alto valor agregado tem se tornado fundamental (Kassab et al., 2020; Kee et al., 2021).

Apesar do seu reaproveitamento ainda ser raramente praticado, o que antes era considerado resíduo, atualmente se tornou um recurso. Sendo assim, os resíduos deixaram de ser vistos como principais fontes de problemas e passaram a ser vistos como uma estratégia no que se refere ao desenvolvimento de processos industriais sustentáveis (Freitas et al., 2021).

Os setores agrícola e alimentar geram uma quantidade significativa de resíduos, que por sua vez, podem ser utilizados como matéria-prima para a obtenção de produtos de alto valor agregado, proporcionando um leque de possibilidades para uma produção sustentável (Ng et al., 2020).

Resíduos agrícolas e de processamento alimentar são ricos em nutrientes e frequentemente são aplicados como substratos para a bioconversão de bioprodutos valiosos. O reaproveitamento sustentável da biomassa de resíduos agroindustriais visa a produção de alimentos, medicamentos, compostos biologicamente ativos, biomateriais e geração de energia sustentável, e sem dúvida, estes são um dos maiores desafios do século XXI (Ng et al., 2020).

A pesquisa, no intuito de diminuir o impacto causado pelo descarte incorreto dos resíduos, é considerada de extrema relevância, uma vez que permite o reaproveitamento e valorização desses resíduos, contribuindo de forma positiva para o meio ambiente (Costa Filho, 2017).

Diante deste contexto, este artigo de revisão tem como objetivo apresentar o sistema atual de gestão de resíduos agroindustriais, bem como, os processos tecnológicos para o aproveitamento e reutilização destes resíduos como matéria- prima para o desenvolvimento de outros produtos.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta revisão, foi realizada uma pesquisa qualitativa com foco em artigos e trabalhos obtidos através de uma busca nas bases de dados "Periódicos Capes" e "Web of Science". Foram selecionados 42 artigos e após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 28 artigos foram selecionados, sendo que o enfoque da pesquisa prevaleceu em artigos atuais.

AGROINDÚSTRIA E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A agroindústria é basicamente um conjunto de atividades que tem como principal foco a transformação de matérias-primas da agricultura, pecuária, aquicultura ou silvicultura. Esse grau de transformação varia muito e é dependente dos objetivos dos empreendimentos agroindustriais. Para cada uma dessas matérias-primas, a agroindústria é um segmento e varia de acordo com o insumo/produto fornecido ao consumidor. No entanto, quando comparada a outros segmentos industriais da economia, a agroindústria apresenta certa peculiaridade devido a três principais características das matérias-primas: sazonalidade, perecibilidade e heterogeneidade (Vaz Junior, 2020).

No Brasil, diferentes formas de produção agroindustrial atuam em paralelo com a produção agrícola, portanto, em sua maioria o beneficiamento está condicionado diretamente à geração de produtos e consequentemente, uma grande quantidade de resíduos são provenientes dessas atividades. Esses resíduos são resultados do beneficiamento de alimentos quando convertidos em outros produtos, ou seja, os resíduos não se integram aos produtos como componentes, e por tal motivo, necessitam ser removidos e excluídos. Esse material é eliminado dos alimentos durante o processamento, sendo assim, por estratégias tecnológicas se tornam subprodutos (Werle et al., 2013; Matos, 2014; Costa Filho, 2017).

Cascas, sementes, caroços, polpas, caules e folhas são resíduos agroindustriais foco de diversos estudos. Geralmente, esses materiais são fontes de carbono e nitrogênio, por exemplo, carboidratos, proteínas e lipídios. Estes por sua vez, são excelentes matérias-primas para bioconversão de bioprodutos de alto valor, como biocombustíveis, enzimas, probióticos, compostos bioativos e até mesmo de plásticos biodegradáveis, isso ocorre através da otimização em diferentes processos (Alexandre, 2017; Ng et al., 2020).

RELAÇÃO ENTRE RESÍDUOS AGROINDÚSTRIAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

A geração anual global de resíduos da produção de biomassa de origem agrícola ou do processamento dessas, é de aproximadamente 140 Gigatoneladas (Gt) e em decorrência disso, problemas significativos de manejo podem ocorrer, pois a biomassa descartada inadequadamente está relacionada com impactos ambientais negativos (Tripathi et al., 2019).

Grande parte dos resíduos agrícolas e alimentares são descartados ou depositados em aterros sanitários, ocasionando sérias preocupações ambientais. O alto teor de água e composição nutricional desses resíduos favorecem o desenvolvimento e crescimento de microrganismos, contribuindo para contaminações bacterianas e doenças infecciosas. Ressalta-se ainda que, a emissão direta ou indireta de gases de efeito estufa (metano e dióxido de carbono), provenientes do descarte incorreto e abundante de resíduos alimentares em aterros sanitários, representam parte da poluição atmosférica (Karthikeyan et al., 2017).

Segundo Roels e Vanhee (2019), outras alternativas para o descarte de subprodutos

das indústrias de processamento de alimentos podem ser aplicadas, como para alimentação animal, digestão anaeróbica, produção de energia ou para recuperação de energia através da instalação de incineração.

VALORIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A valorização dos resíduos (Figura 01) está relacionada com o desenvolvimento de tecnologias verdes e sustentáveis para o tratamento de biomassas, visto que, a utilização dos compostos extraídos são alternativas promissoras no que se refere a processos limpos e sustentáveis, principalmente quando comparados aos processos convencionais, que por sua vez, geram uma quantidade excessiva de efluentes prejudiciais ao meio ambiente (Sheldon, 2014; Çetinkaya; Yetilmezsoy, 2019).

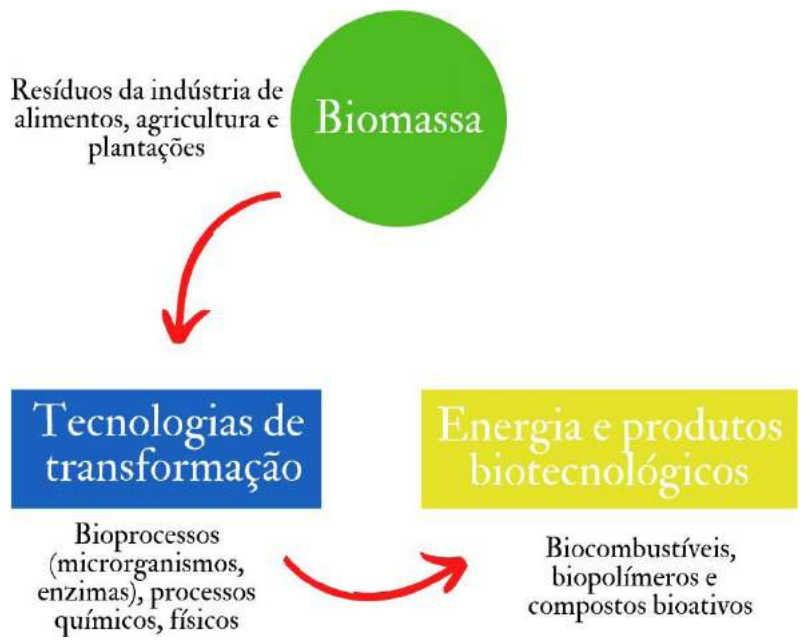


Figura 01: Aproveitamento de resíduos para a produção de energia e produtos biotecnológicos.

Fonte: O autor.

Os principais objetivos para a extração, fracionamento e isolamento de compostos de alto valor agregado de resíduos agroindustriais são: (1) maximizar o rendimento dos compostos alvo, (2) atender às demandas de processamento industrial, (3) isolamento dos compostos de alto valor agregado, livres de impurezas e compostos tóxicos e (4) evitar a deterioração e a perda de funcionalidade durante o processo (Galanakis, 2012).

A extração de componentes valiosos, como biomoléculas antioxidantes, compostos fenólicos e óleos essenciais, ou ainda, polissacarídeos, lignina e proteínas, são consideradas de grande interesse para a pesquisa científica e para a indústria, pois, com a valorização de resíduos surge uma estratégia fundamental para uma produção ecologicamente correta, onde estes compostos extraídos, podem agregar valor quando aplicados como matéria-prima no desenvolvimento de outros produtos (Broeze et al., 2019. Freitas et al., 2021).

Para alguns autores, as oportunidades de valorização dos resíduos agroalimentares têm sua origem em grande parte, no processamento de indústrias animal e vegetal. A Tabela 01 abaixo apresenta de forma simples uma visão conceitual do potencial de valorização de resí-

duos agroindustriais resultante das agroindústrias de processamento.

Tabela 01: Resíduos agroindustriais x elaboração de subprodutos.

Fonte de resíduo	Potencial químico	Produto de valor agregado
• Caju, manga, goiaba, maracujá, abacaxi, acerola; • Dendê, algodão, girassol, soja; • Sisal, madeira; • Laticínios, pescado e crustáceos, avícolas.	• Celulose; • Hemicelulose; • Lignina; • Taninos; • Amido; • Pectina; • Ácidos graxos; • Colágeno; • Quitosana; • Corantes naturais; • Açúcares.	• Nanocelulose; • Biopolímeros; • Compósitos; • Hidrogéis; • Espumas; • Esponjas; • Bioadesivos; • Etanol; • Biogás; • Ácidos orgânicos; • Corantes encapsulados.

Fonte: ROSA et al., 2011.

Considerando que a maioria dos resíduos são de origem vegetal, os mesmos podem apresentar diferentes composições nutricionais, isso ocorre devido a mudanças no solo, na variedade do vegetal, na safra, no clima, no processamento durante a colheita e também na estocagem. Sendo assim, estudos apontam que anteriormente a aplicação desses resíduos em bioprocessos, é importante a realização de análises de composição química, como fibras, minerais, carboidratos, proteínas e umidade prévia, para determinação desses nutrientes nos materiais, possibilitando um melhor acompanhamento de possíveis mudanças em diferentes lotes da matéria-prima (Garlet et al., 2018).

Alguns autores relataram que muitos resíduos são gerados pela indústria de sucos e correspondem a cerca de 20 a 60% da matéria-prima. São considerados fontes de compostos com propriedades antioxidantes como os carotenoides e polifenóis. Estes compostos por sua vez, quando purificados podem ser comercializados como produtos nutracêuticos ou incorporados em alimentos a fim de melhorar sua funcionalidade (Santos Felix et al., 2018; Sójka et al., 2013; Teixeira et al., 2011; Zhu et al., 2015; Amaya-Cruz et al., 2015; Arvanitoyannis; Kassaveti, 2008; Russo; Bonaccorsi, 2015).

O aproveitamento de resíduos para a produção de subprodutos com a intenção de agregar valor já é uma realidade empregada nas agroindústrias. A indústria de produção de queijos, por exemplo, utiliza o resíduo do soro lácteo na produção de bebidas fermentadas, já o setor de produção animal incorpora o soro como ingrediente em rações. Outra utilização muito comum é nas indústrias sucroalcooleiras, que reutilzam o bagaço proveniente da produção de etanol como fornecedor de energia em fornos industriais das usinas (Costa Filho et al., 2017).

Outros exemplos reais de utilização de resíduos é na aplicação para a produção de metabólitos de interesse, como é o caso do bagaço de mandioca para a produção de goma xantana, que é considerada um importante aditivo espessante, através da bactéria *Xanthomonas campestris*. O antibiótico penicilina é obtido pelo fungo filamentoso *Penicillium chrysogenum* e

também utilizando o bagaço de cana- de-açúcar e ácido cítrico (ácido orgânico utilizado como conservante ou acidulante) obtêm-se o fungo filamentoso *Aspergillus niger* (Garlet et al., 2018).

Outros campos que vêm sendo alvo de interesse para a pesquisa de resíduos agroindustriais é a produção de novos combustíveis e geração de energia. Além disso, polímeros de celulose obtidos a partir desses resíduos podem ser incorporados como matéria-prima no desenvolvimento de novos biomateriais, como os bionanocompósitos, biofilmes, bioareogéis, hidrogéis e biomateriais para aplicação na engenharia têxtil (Fortunati; Balestra, 2019; Soorbaghi et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É nítido que com o desenvolvimento do setor agrícola, a busca por alimentos vem crescendo significativamente no decorrer dos anos. No entanto, a crescente geração de resíduos industriais e agroindustriais tem sido alvo de problemas, principalmente relacionados ao meio ambiente.

O interesse no desenvolvimento de pesquisas que busquem uma solução para esta situação vem aumentando, visto que muitos estudos já mostraram que estes resíduos são potenciais fontes de compostos bioativos.

A partir do reaproveitamento da biomassa, novos produtos com alto valor agregado podem ser desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, E. M. C.; CASTRO, L. M. G.; MOREIRA, S. A.; PINTADO, M.; SARAIVA, J. A. Comparison of emerging technologies to extract high-added value compounds from fruit residues: pressure anda electro-based technologies. **Food Engineering Reviews**, v. 9, p. 190-212, 2017.

AMAYA-CRUZ, D. M.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, S.; PÉREZ-RAMÍREZ, I. F.; LOARCA-PINÃ, G.; AMAYA -LLANO, S.; GALLEGOS-CORNA, M. A.; REYNOSO-CAMACHO, R. Jiuce by-products as a source of dietary fibre and antioxidants and their effect on hepatic steatosis. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 93-102, 2015.

ARVANITOYANNIS, I. S.; KASSAVETI, A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 4, n. 43, p. 726-745, 2008.

BROEZE, P.; GEERDINK, P.; VOOGT, J. Food waste high value exploitation hypothesis testing. **REFRESH Deliverable D6** – European Union Wageningen University and Research, v. 12, p. 39, 2019.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos**. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER – PDVAgro 2017. 2017.

FORTUNATI, E.; BALESTRA, G. M. **Lignocellulosic materials as novel carriers, also at nanoscale, of organic active principles for agri-food applications**. In: Biomass, biopolymer-based materials and bioenergy. Woodhead Publishing, Sawston, p. 161-178, 2019.

FREITAS, L. C.; BARBOSA, J. R.; DA COSTA, A. L. C.; BEZERRA, F. W. F.; PINTO, R. H. H.; DE CARVALHO JUNIOR, R. N. From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 169, p. 105466, 2021.

GALANAKIS, C. M. Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging, technologies and commercialized applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, n. 2, p. 68-87, 2012.

GARLET, D. A.; FAGUNDES, D.; PASSOS, G. S.; BATISTA, J. L.; DIAS, N.; LÔPO, S.; BOHN, B.; CAGLIARI, C. C. **Como resíduos agroindustriais podem ser meios de cultura sustentáveis?** Biotecinfo – Biotecnologia in focus. 2018. Disponível em: <https://biotecinfo.wixsite.com/uergs/urbana>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

KARTHIKEYAN, O. P.; MEHARIYA, S.; WONG, J. W. C. Bio-refining of food waste for fuel and value products. **Energy Procedia**, v. 136, p. 14-21, 2017.

KASSAB, Z.; ABDELLAOUI, Y.; SALIM, M. H.; ACHABY, M. E. Cellulosic materials from pea (*Pisum Sativum*) and broad beans (*Vicia Faba*) pods agro -industrial residues. **Materials Letters**, v. 280, p. 128539, 2020.

KEE, S. H.; CHIONGSON, J. B. V.; SALUDES, J. P.; VIGNESWARI, S.; RAMAKRISHNA, S.; BHUBALAN, K. Bioconversion of agro-industry sourced biowaste into biomaterials via microbial factories – A viable domain of circular economy. **Environmental Pollution**, v. 271, p. 116311, 2021.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos.** Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 2014.

NG, H. S.; KEE, P. E.; YIM, H. S.; CHEN, P.; WEI, Y.; LAN, J. C. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. **Bioresource Technology**, v. 302, p. 122889, 2020.

ROELS, K.; VANHEE, M. **Voedselreststromen en voedselverliezen: preventie en valorisatie – monitoring Vlaanderen 2017**. 2019. 48p.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. **Valorização de resíduos da agroindústria.** II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA. Foz do Iguaçu - PR. 2011.

RUSSO, M.; BONACCORSI, I.; INFERRERA, V.; DUGO, P.; MONDELLO, L. Underestimated sources of flavonoids, limonoids and dietary fiber: availability in orange's by- products. **Journal of Functional Foods**, v. 12, p. 150-157, 2015.

SANTOS FELIX, A. C.; NOVAES, C. G.; ROCHA, M. P.; BARRETO, G. E.; NASCIMENTO JUNIOR, B. B.; ALVAREZ, L. D. G. Mixture design and doehlert

matrix for the optimization of the extraction of phenolic compounds from *Spondias mombin* L. apple bagasse agroindustrial residues. **Frontiers in Chemistry**, v. 5, p. 1-8, 2018.

SHELDON, R. A. Green and sustainable manufacture of chemicals from biomass: state of the art. **Green Chemistry**, v. 16, p. 950-963, 2014.

SÓJKA, M.; KLIMCZAK, E.; MACIERZYNSKI, J.; KOLODZIEJCZYK, K. Nutrient and
polyphenolic composition of industrial strawberry press cake. **European Food Research and Technology**, v. 237, n. 6, p. 995-1007, 2013.

SOORBAGHI, F. P.; ISANEJAD, M.; SALATIN, S.; GHORBANI, M.; JAFARI, S.; DERAKHSHANKHAH, H. Bioaerogels: synthesis approaches, cellular uptake, and the biomedical applications. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 111, p. 964-975, 2019.

TEIXEIRA, A. Z.; DO NASCIMENTO, M. M. F.; RODRIGUES, S. A.; DA TRINDADE, J. L. F. Physical-chemical characterization, bioconversion of agroindustrial wastes and comparison of methods of inoculation. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, p. 450- 457, 2011.

TRIPATHI, N.; HILLS, C. D.; SINGH, R. S. ATKINSON, C. J. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. **Nature NPJ/Climate and Atmospheric Science**, n. 35, 2019.

VAZ JUNIOR, S. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável**. Embrapa Agroenergia – Documentos, 31. 26p. 2020.

ZHU, Q.; NAKAGAWA, T.; KISHIKAWA, A.; OHNUKI, K.; SHIMIZU, K. *In vitro* bioactivities and phytochemical profile of various parts of the strawberry (*Fragaria* x *ananassa* var. Amaou). **Journal of Functional Foods**, v. 13, p. 38-49, 2015.

WERLE, L. B.; GARCIA, J. C.; KUHN, R. C.; SCHWAAB, M.; FOLETTO, E. L.; CANCELIER, A.; JAHN, S. L.; MAZUTTI, M. A. Ultrasound-assisted acid hydrolysis of palm leaves (*Roystonea oleracea*) for production of fermentable sugars. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 128-132, 2013.

ÇETINKAYA, A. Y.; YETILMEZSOY, K. Evaluation of anaerobic biodegradability potential and comparative kinetics of different agro-industrial substrates using a new hybrid computational coding scheme. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, p. 117921, 2019.

2021 WICTA 16, 17 e 18 de agosto | Webinário Internacional de Ciência e Tecnologia em Alimentos

POTENCIALIDADES DO ABACATE PARA OBTENÇÃO DE ÓLEO COM QUALIDADE ALIMENTÍCIA

AVOCADO POTENTIAL FOR OBTAINING OF OIL WITH FOOD QUALITY

KRUMREICH, Fernanda Doring[1]*; MENDONÇA, Carla Rosane Barboza[1]; BORGES, Caroline Dellinghausen[1], ZAMBIAZI, Rui Carlos[2]

[1]Química de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas; [2]Centro de Ciências Química, Farmacêutica e de Alimentos/Universidade Federal de Pelotas. *Contato: nandaalimentos@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se com este estudo fazer uma pesquisa bibliográfica sobre o abacate (*Persea americana*) e os processos de obtenção de seu óleo. No decorrer do estudo serão abordados processos e métodos de extração do óleo de abacate, cujo foco está na preservação dos compostos bioativos, visando futuras aplicações em matrizes alimentícias. Atualmente a produção e consumo deste óleo são direcionados potencialmente às indústrias farmacêuticas e de cosméticos. O óleo de abacate assemelha-se muito ao azeite de oliva em relação às suas propriedades nutricionais, podendo até mesmo vir a substituí-lo, tornando-se assim, uma excelente alternativa para a indústria de alimentos. Sabendo-se dos benefícios do abacate e de seu óleo na dieta humana, além do grande potencial do seu cultivo no Brasil, acredita-se que futuramente haja um maior consumo desta fruta pelos brasileiros, como já ocorre em outros países, incentivando-se assim o seu consumo nas mais diversas formas, como em pratos salgados, sanduíches, patês, guacamole, saladas, bem como, na forma de óleo, visto que dependendo da variedade, a polpa pode apresentar até 35% de lipídeos, com excelentes teores de compostos bioativos e favorável perfil de ácidos graxos.

Palavras-chave: Óleo de abacate, compostos bioativos, carotenóides.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out a bibliographical research on the avocado (*Persea americana*) and the processes of obtaining its oil. During the study, processes and methods for extracting avocado oil will be addressed, whose focus is on the preservation of bioactive compounds, aiming at future applications in food matrices. Currently, the production and consumption of this oil is potentially directed to the pharmaceutical and cosmetic industries. Avocado oil is very similar to olive oil in terms of its nutritional properties, and may even replace it, making it an excellent alternative for the food industry. Knowing the benefits of avocado and its oil in the human diet, in addition to the great potential of its cultivation in Brazil, it is believed that in the future there will be a greater consumption of this fruit by Brazilians, as it already occurs in other countries, thus encouraging its consumption in the most diverse forms, such as in savory dishes, sandwiches, pâtés, guacamole, salads, as well as, in the form of oil, since depending on the variety, the pulp can present up to 35% of lipids, with excellent levels of compounds bioactive and favorable fatty acid profile.

Keywords: Avocado oil, bioactive compounds, carotenoids.

INTRODUÇÃO

O abacate é um fruto cultivado em diversos países, dentre os quais o Brasil, o qual atualmente ocupa a sexta posição entre os maiores produtores mundiais, cuja produtividade nacional em 2018 foi de 16.453 kg/ha (Pio e Magalhães, 2020).

O fruto do abacateiro se distingue dentre os demais frutos, justamente, por ser um dos mais completos em relação a sua composição nutricional, com teores variando de 1 a 2% de proteínas, de 3 a 8% de açúcares e de 5 a 35% de óleo, além do elevado teor de ácidos graxos insaturados, minerais e vitaminas (Berasategi et al., 2012).

O óleo de abacate, por sua vez, contém compostos lipofílicos, benéficos para à saúde, dentre os quais, os carotenoides, que apresentam propriedades antioxidantes (Ding et al., 2007). Além de outros compostos, como: ácidos graxos, fitoesteróis, alcoóis alifáticos, álcoois terpênicos, tocoferóis e esqualeno (Santos et al., 2014).

A obtenção de produtos alimentícios que proporcionem a manutenção dos compostos naturais e bioativos tem sido motivada, principalmente, pela demanda dos consumidores por uma alimentação mais saudável. Ultimamente, vários processos têm sido sugeridos para extrair óleo da polpa de abacate, como: centrifugação, extração a quente com hexano, extração com metanol, extração com etanol, prensagem a frio, extração com éter de petróleo, por micro-ondas associado a prensagem, prensagem com polpa seca em estufa a 45°C ou a 60°C associada a enzimas, extração com éter de petróleo com polpa seca em estufa a 45°C ou a 60°C associada a enzima, extração com etanol e polpa seca em estufa a 60°C, por processos sono-físicos, por CO_2 supercrítico, pela mistura de CO_2 e etanol como solvente, pelo processo supercrítico simultâneo e por CO_2 subcrítico e extração aquosa assistida por ultra-som (Ortega et al., 2011; Galvão et al., 2014; Santos et al., 2014; Santana et al., 2015; Martínez-Padilla et al., 2018; Corzzini et al., 2017; Barros et al., 2017; Tan et al., 2018). Nesse contexto, este estudo teve como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o abacate e os processos de obtenção de seu óleo, incentivando a ampliação de seu uso na indústria de alimentos, visto o expressivo conteúdo de compostos bioativos presentes no mesmo, relacionados à promoção da saúde.

METODOLOGIA

A pesquisa deste estudo teve uma abordagem qualitativa, cujo procedimento utilizado foi a pesquisa bibliográfica. As fontes pesquisadas foram livros, revistas científicas, teses, dissertações e anais de eventos científicos. As bases de dados pesquisadas foram a Scielo e a Web Of Science.

A busca foi executada utilizando os termos/descritores no idioma inglês: “avocado”, “oil”, “biocompounds”, utilizando o operador booleano “and” para cruzar os descritores.

DESENVOLVIMENTO

O abacate

O abacate (*Persea americana*), segundo Daiuto et al. (2010) é um fruto tropical e subtropical, originário da América Central, mais especificamente da Guatemala, Antilhas e México. O México lidera a produção, com quase dois milhões de toneladas do fruto em uma área de cultivo de 180,5 mil hectares, seguido da República Dominicana, com uma área de 13,4 mil ha; Peru, com 37,9 mil ha de área plantada; Colômbia, com área de 35,1 mil ha e Indonésia com área de 24,0 mil ha. Em 2018, no Brasil foram produzidas mais de 235 mil toneladas, mas segundo a expectativa da Associação Brasileira dos Produtores de Abacate é mais que dobrar a produção nos próximos anos. Os principais Estados brasileiros produtores de abacate, são: São Paulo (21.216 t), Minas Gerais (50.751 t), Paraná (20.003 t), Rio Grande do Sul (4.520 t) e Distrito Federal (3.050 t) (Pio e Magalhães, 2020).

O Brasil encontra-se, atualmente, como o sexto maior produtor de abacate, representando 3,2% do total mundial (Pio e Magalhães, 2020).

Segundo o Instituto Brasileiro de Fruticultura – IBRAF (2021) a variedade de abacate que se destaca no mercado externo é a Hass, a qual tem se expandido no estado de São Paulo, tendo sido a décima variedade em volume exportado no ano de 2010. Já no mercado interno, predomina o cultivo das variedades brasileiras: Geada, Quintal, Fortuna, Margarida e Breda. Roberto e colaboradores (2010) acreditam que no Brasil há um grande potencial para a expansão do cultivo de abacate, no entanto ainda é necessário o desenvolvimento de campanhas internas de *marketing* para divulgação de novas maneiras de consumo deste fruto, a exemplo do seu uso em saladas, pratos salgados, sanduíches, patês, guacamole e na forma de óleo, faltando divulgação dos benefícios do consumo deste fruto para a dieta humana.

Ressaltam-se as inúmeras vantagens da produção agrícola do abacate quando comparada com as demais oleaginosas comumente empregadas na produção de óleos comestíveis, dentre elas: maior produção de óleo por unidade de área plantada; aproveitamento de terrenos que por sua topografia mais acidentada não se prestam à mecanização; perenidade da planta e versatilidade agrícola, podendo ser produzido, praticamente, em todas as regiões do país (Danielle, 2006).

O consumo *per capita* de abacate para um país de tamanho continental como o Brasil ainda é considerado baixo. Por meio de trabalhos de pesquisa realizados pela ABPA (Associação Brasileira dos Produtores de Abacate) e universidades do País, o consumo *per capita* em 2019 foi de 900 gramas por pessoa (Ribeiro et al., 2020), enquanto que no México foi de 9,0 kg/hab. Segundo Naamani (2011) o consumo *per capita* da fruta em Israel foi de 5,0 kg/hab, no Chile de 4,5 kg/hab e nos Estados Unidos de 2,0 kg/hab por ano. Em regiões como Espanha e alguns países da América do Sul, conforme apontam González-Fernandes et al. (2015), o consumo do abacate processado vem crescendo, sendo o fruto utilizado como ingrediente

no preparo de sorvetes, sopas ou em salada.

Alguns estudos visando o aproveitamento industrial do abacate para a extração de óleo e álcool para a geração de biocombustível e na fabricação de tintas, cosméticos, medicamentos e alimentos, também têm sido conduzidos (Tango et al. 2004; Menezes et al., 2010).

A valorização do abacate se faz necessária em virtude de suas qualidades nutricionais, nutracêuticas, cosméticas e outros benefícios. O abacate apresenta conteúdo significativo de fibras, proteínas, sais minerais e vitaminas, principalmente A, B (Nieto-Angel et al., 2006) C e E (α-tocoferol e γ-tocoferol) (Berasategi et al., 2012). Possui também significativa quantidade de carotenoides, fitoesteróis e ácidos graxos monoinsaturados (Fulgoni et al., 2013; Ding et al., 2007; Lu et al., 2005; Rocha, 2008).

No Brasil, dentre as variedades de abacate mais consumidas, encontra-se a Breda, pelo fato de apresentar um sabor mais doce, atendendo assim as características do hábito alimentar do consumidor brasileiro, que utilizam esta fruta, principalmente para o preparo de pratos doces (Holbach, 2012). Essa variedade surgiu na década de 30, e é uma das principais variedades tardias de abacate, sendo o pico de produção nos meses de setembro, outubro e novembro. Por serem mais resistentes ao manuseio, abacates da variedade Breda apresentam bom potencial de comercialização (Oliveira et al., 2003).

Óleo de abacate

O abacate é um fruto que pode alcançar até 35% de lipídeos em sua polpa, dependendo da variedade, das diferenças geográficas, das condições climáticas, do tempo de colheita, do método de extração do óleo, entre outros (Ozdemir; Topuz, 2004).

Os lipídeos presentes no mesocarpo do abacate são ricos em ácidos graxos monoinsaturados, principalmente ácido oleico (em torno de 60%), além deste, possui quantidades significativas dos ácidos graxos: palmítico (20%), linoleico (10%), palmitoleico (5%) e esteárico (0,5%). O teor de ácidos graxos, poli-insaturados (PUFA), de acordo com Santos et al. (2014), é de aproximadamente 12% do óleo de abacate, superando outros óleos, como o azeite de oliva, por exemplo, que apresenta aproximadamente 6%.

Segundo Santos e colaboradores (2014), o óleo de abacate apresenta além dos ácidos graxos, outros constituintes, como os fosfolipídeos, os fitoesterois e outros compostos bioativos, incluindo carotenoides, álcoois alifáticos, álcoois terpênicos, tocoferois e esqualeno.

O óleo extraído do abacate pode ser usado tanto na indústria de alimentos como na fabricação de cosméticos. O extrato bruto de lipídeos do abacate, por sua vez é utilizado, principalmente, na indústria de cosméticos, mas nada impede de também ser utilizado na indústria de alimentos, seja na elaboração de produtos ou para consumo direto. A indústria de fármacos também utiliza a fração lipídica, ou seja, incluindo o óleo, os insaponificáveis, entre outros, na elaboração de produtos farmacêuticos (Bae e Lee, 2008).

Sabe-se que em função do custo, os azeites de mesa são limitados na alimentação de fa-

mílias de baixa renda, conforme afirmam Salgado et al. (2012). No entanto, uma possibilidade para aproveitar os benefícios do abacate seria a introdução do seu óleo como substituto do azeite de oliva, ou então mesclar o óleo de abacate e o azeite de oliva, em substituição às misturas de azeite de oliva com óleos vegetais, normalmente oferecidas pelo mercado interno com a finalidade de diminuir os custos de importação do azeite de oliva no Brasil (Credidio, 2010).

Métodos de extração de óleo de abacate

A extração do óleo de abacate ocorre através de diversos métodos, dentre os quais podemos citar: centrifugação da polpa úmida, extração do óleo por solventes utilizando polpa liofilizada, polpa seca de 50 a 70°C ou com prévia fermentação anaeróbica, extração por prensagem hidráulica contínua ou descontínua, com adição de material auxiliar de prensagem, por tratamento da polpa fresca com produtos químicos ou por processos enzimáticos ou, mesmo, por processos convencionais de extração de óleo utilizados para sementes oleaginosas. A extração do óleo deve ocorrer quando os frutos estiverem maduros, pois é quando apresentam teores mais elevados de óleo (Turatti et al., 1985; Tango e Turatti, 1992; Bizimana et al., 1993; Bora et al., 2001; Salgado et al., 2008; Santana et al., 2011; Ortega et al., 2013).

Dentre os métodos citados, o mais comumente empregado para extração do óleo é o uso de solvente, no entanto, os riscos ambientais ocasionados por solventes derivados do petróleo, servem de estímulo à busca por alternativas mais sustentáveis e que preservem os compostos bioativos. Assim sendo, uma possibilidade é a prensagem a frio, a qual utiliza meios mecânicos ou físicos a temperaturas inferiores a 50°C, de forma semelhantes às aplicada para extração de azeite de oliva extra virgem (Woolf et al., 2010). De acordo com Woolf et al. (2010), países como Nova Zelândia, México, Chile, Estados Unidos e África do Sul estão entre os principais produtores de óleo de abacate prensado a frio, chegando a produzirem cerca de 2.000 ton/ano.

O processo de extração influencia nas características do óleo, a exemplo dos compostos voláteis, índice de acidez, teor de fosfolipídeos e insaponificáveis, perfil de ácidos graxos, compostos bioativos, bem como de outras características. Na tabela abaixo (Tabela 1) são relatados diversos estudos sobre processos que envolvem a extração do óleo de abacate.

Tabela 01: Estudos relativos ao método de extração do óleo de abacate.

Método/Solvente	**Referência**
- Extração com solvente (metanol: clorofórmio) - Extração com solvente (éter de petróleo)	GUTIERREZ (1976)
- Extração com solvente (acetona)	CURIEL (1985)
- Extração enzimática	BUENROSTRO et al. (1986)
- Centrifugação	WERMAN e NEEMAN (1987)
- Calor e centrifugação	BIZIMANA et al. (1993)
- Extração por micro-ondas - Extração com solvente	ORTIZ-MORENO et al. (2003)

- Extração por micro-ondas - Extração com solvente	ORTIZ-MORENO et al. (2004)
- Centrifugação - Extração com solvente (hexano-extração a frio) - Extração com solvente (hexano-extração a quente	ORTEGA et al. (2011)
- Extração com solvente (metanol) - Extração com solvente (etanol)	GALVÃO et al. (2014)
- Prensagem a frio - Extração com solvente (éter de petróleo)	SANTOS et al. (2014)
- Micro-ondas + prensagem - Prensagem (polpa seca em estufa 60°C ou a 45°C + enzima) - Extração com solvente – éter de petróleo (polpa seca em estufa a 45°C ou a 45°C + enzima) - Extração com solvente – etanol (polpa seca em estufa a 60°C)	SANTANA et al. (2015)
CO_2 supercrítico e mistura de CO_2/etanol	CORZZINI et al. (2017)
Supercrítico simultâneo	BARROS et al. (2017)
Processos sono-físicos	MARTÍNEZ-PADILLA et al. (2018)
CO_2 subcrítico Extração aquosa assistida por ultra-som	TAN et al. (2018)

Há uma constante busca por metodologias de extração de óleo de abacate que forneçam qualidade ao óleo em relação às suas propriedades físico-químicas e que consequentemente reduzam a perda de nutrientes. Assim sendo, surge o pré-processamento, o qual utiliza polpa *in natura*, polpa seca em estufa ou polpa liofilizada (Santos et al., 2014).

Dentre os diversos métodos de secagem, o método a vácuo é utilizado por ser intermediário entre a secagem tradicional e a liofilização, através do qual se obtém maiores taxas de evaporação da umidade e um produto final de melhor qualidade quando comparado com a secagem tradicional com ar quente. Além disso, ainda permite trabalhar a pressões baixas com temperaturas moderadas (menores que 100 °C), segundo Arévalo-Pinedo e Murr (2005). A evaporação da água ocorre a baixas pressões sem necessariamente altas temperaturas.

Composição de ácidos graxos e bioativos

O óleo de abacate se destaca principalmente pela presença de ácido oleico, o qual segundo Menendez et al. (2005), atua na redução do colesterol total e lipoproteínas de baixa densidade (LDL), sem reduzir as lipoproteínas de alta densidade (HDL), também age na inibição da agregação plaquetária e apresenta ação trombótica. Vários estudos vêm demonstrando os benefícios do consumo do abacate para a saúde. Conforme relatam Duarte et al. (2016) uma dieta balanceada com ingestão de abacate corrobora na redução do colesterol e na prevenção de doenças cardiovasculares. Além do ácido oleico, no abacate encontramos os ácidos: palmítico (~ 21,0%), palmitoleico (~ 7,0%), linoleico (~ 11,0%) e tricosanoico (~ 2,5%) e em menores proporções relativas, o ácido linolênico (~ 0,6%) e o docosadienoico (~ 0,76%) (Krumreich et al., 2018).

De acordo com Borges e Melo (2021) entre 60 e 84% dos ácidos graxos encontrados em abacate das variedades Hass, Fuerte, Glória, Collinson, Anaheim, Itzamna, Wagner, Ouro

verde, Carlsbad, Mayapan, Winslow, Quintal, Monte d'Este, Mac Donald, Barker, Westin, Winslowson, Sinaloa, Vitória, Waldin, Linda, Simmonds, Fortuna, Pollock, são insaturados. Tan (2019) encontrou teores superiores a 67% de ácidos graxos, predominantemente o oleico, o linoleico e o palmítico. Ressalta também as altas concentrações de componentes bioativos, particularmente α-tocoferol e β-sitosterol encontrados no óleo de abacate.

O α-tocoferol, comumente conhecido como vitamina E, foi à forma majoritária dos tocoferóis encontrada no óleo de abacate, e segundo Baccouri et al. (2008) é o tocoferol que apresenta a maior ação biológica no organismo humano. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para a vitamina E é de 10 mg de α-tocoferol (Brasil, 2005). Diante disso, o óleo de abacate demonstra ser uma boa fonte dessa vitamina, sendo que 30 mL deste óleo atendem a 29% das necessidades diárias de um adulto.

Os valores de carotenoides no óleo de abacate investigados por Krumreich e colaboradores (2018) foi de 71 a 104.6 mg β-Caroteno kg-1, compostos fenólicos de 108,7 a 773,5 mg ácido gálico kg-1, clorofilas de 1,0 a 1,36 mg kg-1 e α-tocoferol de 4,05 a 6,53 mg 100g-1. Condelli et al. (2015) ao investigarem o azeite de oliva encontraram valores de carotenoides de 10,3 a 14,4 mg kg-1, compostos fenólicos de 350 a 408 mg L-1, clorofila de 7,80 a 20 mg kg-1 e α-tocoferol de 151 a 223 mg L-1.

Assim como os compostos fenólicos e carotenoides, os tocoferois e os fitoesterois são responsáveis pela atividade antioxidante dos óleos (Youssef et al., 2010). Uma relação direta entre o conteúdo de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante de óleos tem sido vastamente reportada por Nour et al. (2013).

A presença destes importantes compostos tem evidenciado às propriedades funcionais e ao valor nutricional, tanto do óleo de abacate como do fruto, fato que tem motivado o interesse dos consumidores. Diversos benefícios à saúde são atribuídos a ambos, como a redução do risco de doença coronariana, pois auxiliam na redução plasmática das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), sem reduzir as lipoproteínas de alta densidade (HDL); também contribuição para a redução da hipertensão, catarata, diabetes e câncer de próstata (Tan, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O abacate é um fruto com grande potencial de cultivo no Brasil, carecendo ainda de campanhas de *marketing* para divulgação de seus benefícios à saúde, além do incentivo diferenciado no seu modo de consumo, a exemplo do seu uso em pratos salgados e no consumo de seu óleo.

O óleo de abacate é muito semelhante ao azeite de oliva em relação às suas propriedades nutricionais, podendo até mesmo vir a ser um substituto do mesmo, tornando-se assim uma excelente alternativa para indústria de alimentos, que podem incentivar o consumo do seu óleo, visto que o mesmo atualmente é mais utilizado como matéria-prima na indústria

farmacêutica e cosmética. O incentivo no consumo do óleo agrega ainda mais valor ao fruto do abacate.

Atualmente tem-se buscado formas mais eficientes de extração de óleos, com intuito de preservar suas características nutricionais e de seus compostos bioativos.

Sabendo-se dos benefícios do abacate e consequentemente do seu óleo na dieta humana, além do grande potencial do seu cultivo no Brasil, acredita-se que num futuro próximo, a produção e o consumo deste fruto possam aumentar gradativamente, conforme já ocorre em outros países.

REFERÊNCIAS

ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005.

BAE, E. K; LEE, S. J. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. **Journal of Microencapsulation**, v. 25, p. 549-560, 2008.

BACCOURI, O.; GUERFEL, M.; BACCOURI, B.; CERRETANI, L.; BENDINI, A.; LERCKER, G.; ZARROUK, M.; BEN MILED, D.D. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. **Food Chemistry**, v. 109, p. 743-754, 2008.

BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 120, p. 1-6, 2017.

BERASATEGI, I.; BARRIUSO, B.; ANSONERA, D.; ASTIASARÁN, I. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. **Food Chemistry**. v. 132. p. 439–446. 2012.

BIZIMANA, V.; BREENE, W. M.; CSALLANY, A. S. Avocado oil extraction with appropriate technology for developing countries. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 70, n. 8, p. 821- 822, 1993.

BORA, S. P.; NARAIN, N.; ROCHA, R. V. M.; PAULO, M.Q. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. **Grasas y Aceites**, v. 52 (3-4), p. 171-174, 2001.

BORGES, M. H. C.; MELO, B. **A cultura do abacateiro**. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/abacate.html>.

BUENROSTRO, M.; LOPEZ-MUNIZAGA, A. Enzymatic extraction of avocado oil. **Biotechnology Letters**, v. 8, p. 505-506, 1986.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal**. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005.

CONDELLI, N.; CARUSO, M. C.; GALGANO, F.; RUSSO, D.; MILELLA, L.; FAVATI, F. Prediction of the antioxidante activity of extra virgin olive oils produced in the Mediterranean area. **Food Chemistry**, v. 177, p. 233-239, 2015.

CORZZINI, S. C. S.; BARROS, H. D. F. Q.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Extraction of edible avocado oil using supercritical CO_2 and a CO_2/ethanol mixture as solvents. **Journal of Food Engineering**, v. 194, p. 40-45, 2017.

CURIEL, M.; NEVE, O.; PETACH, T. **Process for the recovery of oil from avocados fruit**. US Patent 4560568, 1985.

CREDIDIO, E. V. **Estudo do Efeito do Abacate nos Lipídeos sanguíneos em Humanos**. (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; VILEIGAS, D. F. Estabilidade físico-química de um produto de abacate acondicionado em diferentes embalagens e conservado pelo frio. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 1, p. 99-107, 2010.

DANIELLE, F. **Óleo de abacate (Persea americana Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia**. (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

DING, H.; CHIN, Y. W.; KINGHORN, A. D. Chemopreventive characteristics of avocado fruit. **Net, Columbus**, v. 17 n. 5, p. 386-394, 2007.

DUARTE, P. F.; CHAVES, M. A.; BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. M.; Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J. J.; GALEA, Z.; ÁLVAREZ, J. M.; HORMAZA, J. I.; LÓPEZ, R. Evaluation of composition and performance of composts derived from guacamole production residues. **Journal of Environmental Management**, v. 147, p. 132-139, 2015.

FULGONI, V. L.; DREHER, M.; DAVENPORT, A. J. Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001–2008. **Nutrition Journal**, v. 12, p. 1, 2013.

GALVÃO, M. S.; NARAIN, N.; NIGAM, N. Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. **Food Science and Tecnology**, v. 34, p. 539-546, 2014.

GUTIERREZ, L. E. Comparação de métodos de extração sobre o teor e composição de óleo de abacate (Persea americana). **Anais da E. S. A., "Luiz de Queiroz"**, v. 33, p. 85-90, 1976.

HOLBACH, J. M. Obtenção de corante natural a partir de caroço de abacate (Persea americana). Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: **<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72784/000871919.pdf?sequence=1>**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Estatística: frutas frescas. São Paulo, 2021. Disponível em: **<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>**.

KRUMREICH, F. D.; BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B.; JANSEN-ALVES, C.; ZAMBIAZI, R. C. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. **Food Chemistry**, v. 257, p. 376–381, 2018.

LU, Q. Y.; ARTEAGA, J. R.; ZHANG, Q.; HUERTA, S.; GO, V. L.; HEBER, D. Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: role of lipidsoluble bioactive substances. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 16, p. 23-30, 2005.

MARTÍNEZ-PADILLA, L. P.; FRANKE, L.; XUA, X. Q.; JULIANO, P. Improved extraction of avocado oil by application of sono-physical processes. **UltrasonicsSonochemistry**, v. 40, p. 720-726, 2018.

MENENDEZ, J. A.; VELLON, L.; COLOMER, R.; LUPU, R. Oleic Acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erb B-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin) in breast cancer cells with Her-2/neu oncogene amplification. **Annais of Oncology**, v. 16, n. 3, p. 359-371, 2005.

MENEZES, M. L., LOPES, L. F. S., PASSARETTI FILHO, J. Síntese de biodisel empregando óleo de abacate. **Analytica**, v. 8, p. 68-78, 2010.

NAAMANI, G. Global Trends in main Avocado Markets. **VII World Avocado Congress**, Australia, 2011.

NIETO-ANGEL, D.; ACOSTA-RAMOS, M.; ORTIZ, D.T.; SÃO JOSÉ, A.R., Enfermedades Del Aguacate. In: OLIVEIRA, S.M.A de.; TERAO, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C. de H. (Ed.). Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 473- 491, 2006.

NOUR, V.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R.; JAKOPIC, J. Anthocyanins profile, total phenolics and antioxidant activity of black currant ethanolic extracts as influenced by genotype and ethanol concentration. **Food Chemistry**, v. 141, p. 961-966, 2013.

OLIVEIRA, A.L. de.; BRUNINI, M.A.; VISICATO, M.L.; SIQUEIRA, A.M.F. de.; VARANDA, D. B. Atributos físicos em abacates (Persa americana L.) provenientes da região de Ribeirão Preto – SP. **Revista Nucleus**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2003.

ORTEGA, J.A.A.; VALDEZ, F.L.; HUERTA, J.C.; CASSELLIS, M.E.R.; REYES, J.D.; ZAVALA, A.M. Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (Persea americana Mill. var. Hass). **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 2, n. 2, p. 263-276, 2011.

ORTEGA, J.A.A.; LÓPEZ, M.R.; TORRE, R.R.R. Effect of electric field treatment on avocado oil. **International Journal of Research in Agriculture and Food Sciences**, v. 1, p. 13-22, 2013.

ORTIZ-MORENO, A.; DORANTES, A.L.; GALLNDEZ, M.J.; CARDENAS, S.E. Effect of a novel oil extraction method on avocado (Persea americana Mill) pulp microstructure. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, p. 11-14, 2004.

ORTIZ-MORENO, A.; DORANTES, L.; GALÍNDEZ, J.; GUZMÁN, R.I. Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (Persea americana Mill.) oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2216-2221, 2003.

OZDEMIR, F; TOPUZ, A. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvest in gripening period. **Food Chemistry,** v. 86, p. 79-83, 2004.

PIO, L. A. S.; MAGALHÃES, D. S. Abacate: Brasil entre os líderes mundiais de produção. 2020. Disponível em: **<https://revistacampoenegocios.**

com.br/abacate-brasil-entre-os-lideres-mundiais-de-producao/>.

RIBEIRO, Y. L. L.; PIMENTA, M. F.; LEITE, B. H. G.; BRUNO HENRIQUE GONÇALVES, GOUVEIA, A. M.D. E. S. Abacate: Condução do plantio à colheita. 2020. Disponível em: **<https://revistacampoenegocios.com.br/abacate-conducao-do-plantio-a-colheita/>**.

ROBERTO, C. S. J.; MARQUES, D. R.; PINTO, F. P.; SILVA, C. P. S.; SARAIVA, P. C. **Evidencia do efeito hipolipemiante do abacate**. (Trabalho de conclusão do curso). Faculdade de Ensino Superior da Amazonia Reunida, Redenção, 2010.

ROCHA, T. E. S. **Composição de ácidos graxos e fitoesteróis em frutos de quatro variedades de abacate Persea americana Mill**. (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SALGADO, G. A; GÓMEZ P. J. H, CANO-SALAZAR, J.A. Evolución Del processo de extracción de aceite de aguacate hass (Persea americana Mill) utilizando tratamento enzimático. **Revista lasallista de investigación**, v. 9, n. 2, p. 138-150, 2012.

SALGADO, J. M.; DANIELI, F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; FRIAS, A.; MANSI, D. N. O óleo de abacate (Persea americana Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 20-26, 2008.

SANTANA, I.; CABRAL, L. M. C.; FREITAS, S. P.; TORRES, A.G. Efeito do pré-tratamento na extração do óleo da polpa de abacate Hass (Persea americana). In Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças, Rio de Janeiro, Brasil, 2011.

SANTANA, I.; REIS, L. M. F. dos.; TORRES, A. G.; CABRAL, L. M. C.; FREITAS, S. P. Avocado (Persea americana Mill.) oil produced by microwave drying and expeller 110 pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, p. 999-1007, 2015.

SANTOS, M. A. Z.; ALICIEO, T. V. R.; PEREIRA, C. M. P.; RAMOS, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. Profile of Bioactive Compounds in Avocado Pulp Oil: Influence of the Drying Processes and Extraction Methods. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 9, p. 19–27, 2014.

TAN, C. X.; CHONG, G. H.; HAMZAH, H.; GHAZALI, H. M. Comparison of subcritical CO_2 and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 45-51, 2018.

TAN, C. X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. **Journal of Functional Foods**, v. 54, p. 381-392, 2019.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 17-23, 2004.

TANGO, J. S.; TURATTI, J. M. **Óleo de abacate**. In: Abacate – cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, p. 156-192, 1992.

TURATTI, J. M.; SANTOS, L. C.; TANGO, J. S.; ARIMA, H. K. Caracterização do óleo de abacate obtido por diferentes processos de extração. **Boletim do ITAL**, v. 22, p. 267-284, 1985.

WERMAN, M. J.; NEEMAN, I. Avocado oil production and chemical characteristics. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 64, p. 229-232, 1987.

WOOLF, A.; WONG, M.; EYRES, L.; MCGHIE T.; LUND, C.; OLSSON, S.; WANG, Y.; YOUSSEF, N. B.; ZARROUK, W.; CARRASCO-PANCORBO, A.; OUNI, Y.; SEGURA CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; DAOUDA, D.; ZARROUKA, M. Effect of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chétoui virgin olive oil. **Journal Science and Food Chemistry**, v. 90, p. 199-204, 2010.

YOUSSEF, N. B.; ZARROUK, W.; CARRASCO-PANCORBO, A.; OUNI, Y.; SEGURA CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; DAOUDA, D.; ZARROUKA, M. Effect of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chétoui virgin olive oil. **Journal Science and Food Chemistry**, v. 90, p. 199-204, 2010.