

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS

**EMPREGO DE ULTRASSOM NO COZIMENTO DE PRODUTO
CÁRNEO EMULSIONADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jéssica Soares da Silva

Santa Maria, RS, Brasil

2017

**EMPREGO DE ULTRASSOM NO COZIMENTO DE PRODUTO CÁRNEO
EMULSIONADO**

Jéssica Soares da Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Carnes e Derivados, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Alexandre José Cichoski

Co-orientador: Prof. Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Santa Maria, RS, Brasil

2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva, Jéssica Soares da
Emprego de ultrassom no cozimento de produto
cárneo emulsionado / Jéssica Soares da Silva.- 2017.
94 p.; 30 cm

Orientador: Alexandre José Cichoski
Coorientador: Paulo Cezar Bastianello Campagnol
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2017

1. Ultrassom 2. Produto cárneo 3. Cocção 4.
Oxidações lipídica e proteica 5. CATA I. Cichoski,
Alexandre José II. Campagnol, Paulo Cezar Bastianello
III. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**EMPREGO DE ULTRASSOM NO COZIMENTO DE PRODUTO CÁRNEO
EMULSIONADO**

elaborada por
Jéssica Soares da Silva

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA:

Alexandre José Cichoski, Dr.
(Presidente/Orientador)

Paulo Cezar Bastianello Campagnol, Dr.
(Co-orientador)

Carla Cristina Bauermann Brasil, Dra. (UFSM)

Eduardo Huber, Dr. (IF – Concórdia/SC) – Videoconferência

Santa Maria, 5 de setembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem a ajuda de muitas pessoas, sou tão grata!

Aqueles que dedicam um momento de suas vidas para fazer o melhor pela Universidade Federal de Santa Maria.

A minha família e os amigos que sempre estão ao meu lado, com amor e carinho!

Aos professores que compartilham seu conhecimento, orientam, trazem inspiração!

Aos amigos colegas que ajudam das mais diversas maneiras (na hora de lavar placas sujas, na companhia nos estudos, help no inglês, preparo de material, companhias de almoço, café, chá, ajuda intelectual e espiritual, e mil e uma coisas que estão marcadas no coração e memória).

Como sou feliz de ter trabalhado anos ou mesmo meses com vocês.

Faltaria espaço para colocar tantos nomes, mas todos que participaram que por um momento, sintam se incluídos.

Até mesmo aqueles que nem conheço, mas contribuíram na análise sensorial doando seu tempo e disposição.

A todos que participaram desta etapa

Gratidão!

*“...Y cuando ya estoy cansado de luchar y de exigirme
Entrego todo y algo pasa, que me vuelve a acompañar
Y entonces me llega el amor, y me llega el amor, y me llega el amor...”
(Darwin Grajales)*

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Universidade Federal de Santa Maria

EMPREGO DE ULTRASSOM NO COZIMENTO DE PRODUTO CÁRNEO EMULSIONADO

AUTORA: JÉSSICA SOARES DA SILVA
ORIENTADOR: ALEXANDRE JOSÉ CICHOSKI
CO-ORIENTADOR: PAULO CEZAR BASTIANELLO CAMPAGNOL
LOCAL E DATA DA DEFESA: SANTA MARIA, 5 DE SETEMBRO DE 2017.

A indústria de alimentos é desafiada a atender o mercado com produtos seguros, de alta qualidade, nutritivos e saudáveis. O foco das pesquisas busca a minimização dos custos, tempo de produção, aperfeiçoamento de características sensoriais e nutricionais e prolongamento da vida de prateleira dos alimentos. O ultrassom (US) é uma tecnologia que vem sendo estudada com estas finalidades e tem mostrado uma rede de vantagens na sua aplicação em alimentos. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do US de alta e média intensidade para reduzir o tempo de cozimento de mortadelas. As mortadelas formuladas foram selecionadas aleatoriamente para compor os tratamentos que variaram no cozimento entre, Controle (cozimento com tempo convencional), T100 (US 25 kHz alta intensidade, redução de tempo), T50 (US 25 kHz média intensidade, redução de tempo) e TSUS (sem US, redução de tempo). Foram avaliadas as características microbiológicas (bactérias mesófilas, psicotróficas, lácticas e *Enterobacteriaceae*), químicas (composição centesimal, peróxidos, dienos e trienos conjugados, TBARS e compostos voláteis), físicas (pH, Aa, análise de perfil de textura instrumental e avaliação objetiva de cor) e sensorial (teste CATA, teste de aceitação e intenção de compra), durante 120 dias de armazenamento a 5 °C. O US mostrou uma economia de tempo de até 46% no cozimento, mantendo a eficiência na redução da flora microbiana. Não houve influência negativa do US sobre a oxidação lipídica e proteica nas mortadelas durante o período de armazenamento, mas ocorreu maior formação dos compostos voláteis pelos tratamentos com US. A diferença de cor global demonstrou diferença de percepção clara entre as mortadelas do controle e do US, mas o perfil de textura foi semelhante ao do controle. As mortadelas submetidas ao US de alta intensidade obteve boa aceitação pelos consumidores.

Palavras-chaves: ultrassom, produto cárneo, cocção, oxidações lipídica e proteica, CATA.

ABSTRACT

Master dissertation
Post-graduate Program in Food Science and Technology
Federal University of Santa Maria

USE OF ULTRASOUND IN THE COOKING EMULSIFIED MEAT PRODUCT

AUTHOR: JÉSSICA SOARES DA SILVA
ADVISOR: ALEXANDRE JOSÉ CICHOSKI
CO-ADVISOR: PAULO CEZAR BASTIANELLO CAMPAGNOL
PLACE AND DATE: SANTA MARIA, SEPTEMBER 5th, 2017.

The food industry is challenged to serve the market with safe, high quality, nutritious and healthy products. The focus of the research is to minimize costs, production time, improve sensory and nutritional characteristics and prolong the shelf life of foods. Ultrasound (US) is a technology that has been studied for these purposes and has shown a network of advantages in its application in food. The objective of this study was to evaluate the effect of high and medium intensity US on the cooking of mortadellas with reduced time. Formulated mortadellas were randomly selected to compose the treatments that varied in cooking between Control (cooking with conventional time), T100 (US 25 kHz high intensity, time reduction), T50 (US 25 kHz medium intensity, time reduction) and TSUS (without US, time reduction). The microbiological characteristics (mesophilic, psychrotrophic, lactic and Enterobacteriaceae bacterias), chemical (centesimal composition, peroxides, conjugated dienes and trienes, TBARS and volatile compounds), physical (pH, Aw, analysis of instrumental texture profile and objective evaluation of Color) and sensory (CATA, acceptance test and purchase intention) were evaluated during 120 days of storage at 5 °C. The US showed a time saving of up to 46% in cooking, maintaining efficiency in reducing the microbial flora. There was no negative influence of US on lipid and protein oxidation in mortadellas during the storage period, but there was a higher formation of volatile compounds by US treatments. The overall color difference showed a clear perception difference between control and US mortadellas, but the texture profile was similar to control. The mortadellas submitted to the high intensity US obtained good acceptance by the consumers.

Keywords: ultrasound, meat product, cooking, lipid and protein oxidations, CATA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espectro do som.	16
Figura 2 – Secção de um banho ultrassônico.	17
Figura 3 – Bolhas de cavitação.	18
Figura 4 – Efeito do US na membrana celular de uma bactéria.	19
Figura 5 – Fluxograma de produção de mortadelas.	21
Figura 6 – Alterações físico-químicas e microbiológicas em carnes e derivados e suas consequências.	24
Figura 7 – Deslocamento das duplas ligações na formação de dienos conjugados.	28
Figura 8 – Reação do teste TBARS formando cromógeno e água.	29
Figura 9 – Formação de hexanal na oxidação do ácido linoleico.	30
Figura 10 – Curva típica de deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.	32
Figura 11 – Processamento das peças de mortadelas Italianas.	36
Figura 12 – Número de colônias das bactérias mesófilas e psicrotóricas (log UFC/g), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.	50
Figura 13 – Valores de hexanal (A) e pentanal (B) (áreas médias $\times 10^6$), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.	59
Figura 14 – Valores para índice de cor vermelha (A) e tiol (B), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.	60
Figura 15 – Valores da análise instrumental de textura (TPA), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.	66
Figura 16 – Representação das amostras de mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, com 1 dia de armazenamento e dos termos analisados no teste CATA.	68
Figura 17 – Representação das amostras de mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, com 50 dias de armazenamento e dos termos analisados no teste CATA.	70
Figura 18 – Valores de intenção de compra (%), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, nos dias 1 (A) e 50 (B) de armazenamento a 5 ± 1 °C.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matérias-primas utilizadas para elaboração das mortadelas.....	35
Tabela 2 – Definições físicas e sensoriais de parâmetros de textura da avaliação objetiva obtidas do teste de TPA.....	45
Tabela 3 – Classificação de características de textura e sua relação com a nomenclatura popular.....	46
Tabela 4 – Tempos de cozimento (minutos e segundos) das peças de mortadela Italiana.....	48
Tabela 5 – Número de colônias das bactérias lácticas (log UFC/g), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.....	51
Tabela 6 – Valores de atividade de água e pH, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.....	53
Tabela 7 – Composição centesimal das mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos.....	54
Tabela 8 – Valores de peróxidos, dienos, trienos e TBARS, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.....	56
Tabela 9 – Valores de <i>whiteness</i> e diferença global de cor, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.....	63
Tabela 10 – Valores do teste de aceitação, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

ΔE – Diferença global de cor

BHT – Butilhidróxitolueno

CAAE – Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CATA – *Check-All-That-Apply*

DTNB – Ácido ditionitrobenzóico

HO● – radical hidroxila

Kgf – Quilograma-força

Kgf.mm – Quilograma-força por milímetro

kHz – QuiloHertz

MDA – Malonaldeído

meq – Miliequivalentes

nmol – Nanomol

T100 – Cozimento com tempo reduzido, ultrassom alta intensidade

T50 – Cozimento com tempo reduzido, ultrassom de média intensidade

TBARS – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

TPA – Análise do perfil de textura

TSUS – Cozimento com tempo reduzido, sem ultrassom

US – Ultrassom

WOF – *warmed-over flavour*

SUMÁRIO

RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.1 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 ULTRASSOM: PRINCÍPIOS E USO EM ALIMENTOS.....	16
2.2 PRODUTO CÁRNEO EMULSIONADO: MORTADELA.....	20
2.2.1 Etapas de elaboração da mortadela.....	21
2.2.2 Alterações em produtos cárneos emulsionados	23
2.3 MICRO-ORGANISMOS EM PRODUTOS CÁRNEOS.....	24
2.3.1 Atividade de água e pH	27
2.4 OXIDAÇÕES EM PRODUTOS CÁRNEOS	27
2.4.1 Oxidação lipídica	27
2.4.2 Oxidação proteica.....	30
2.4.3 Avaliação instrumental de cor.....	31
2.5 AVALIAÇÕES SENSORIAIS	31
2.5.1 Avaliação instrumental de textura	31
2.5.2 Análise sensorial	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS	35
3.2 PREPARAÇÃO DAS MORTADELAS.....	35
3.3 TRATAMENTOS REALIZADOS.....	37
3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	38
3.5 ATIVIDADE DE ÁGUA E pH.....	39
3.6 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	39
3.7 OXIDAÇÕES LIPÍDICAS	39
3.8 OXIDAÇÃO PROTEICA	43
3.9 ANÁLISE OBJETIVA COR	44
3.10 ANÁLISE DE PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL.....	45
3.11 ANÁLISE SENSORIAL	46
3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48

4.1 COCÇÃO DAS MORTADELAS ITALIANAS	48
4.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	49
4.3 ATIVIDADE DE ÁGUA E pH.....	52
4.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	54
4.5 OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	55
4.6 COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	57
4.7 OXIDAÇÃO PROTEICA E ÍNDICE DE COR VERMELHA	60
4.8 COR INSTRUMENTAL.....	62
4.9 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA.....	64
4.10 ANÁLISE SENSORIAL	67
5 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	74
APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL	84
APÊNDICE B – NÚMERO DE COLÔNIAS DAS BACTÉRIAS MESÓFILAS E PSICROTRÓFICAS (log UFC/g), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.	85
APÊNDICE C – VALORES DE ATIVIDADE DE ÁGUA, EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.	86
APÊNDICE D – VALORES DE PH (25°C), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.	87
APÊNDICE E – VALORES DAS ANÁLISES DE OXIDAÇÕES LIPÍDICAS, EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C..	88
APÊNDICE F – VALORES DE HEXANAL E PENTANAL (ÁREAS MÉDIAS X10⁶), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.....	89
APÊNDICE G – VALORES PARA ÍNDICE DE COR VERMELHA (A*/B*) E TIOL (nmol de tiol/mg de proteína), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.	90
APÊNDICE H – VALORES DE WHITENESS E DIFERENÇA GLOBAL DE COR, EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.	91

APÊNDICE I – VALORES PARA ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA (TPA), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.....	92
ANEXO A – PARECER COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA.....	93
ANEXO B – INGREDIENTES E TABELA NUTRICIONAL DAS MORTADELAS INDUSTRIALIZADAS	94

1 INTRODUÇÃO

A indústria cárnea é constantemente desafiada para atender a demanda de produtos saudáveis, seguros, de alta qualidade e com vida de prateleira estendida (TURANTAS; KILIÇ; KILIÇ, 2015). Para tanto, têm se a necessidade de estudos que visam proporcionar estas melhorias à indústria alimentícia. O ultrassom (US) é uma tecnologia que vem sendo pesquisada para estas finalidades (HIGUERA-BARRAZA et al., 2016; KENTISH; FENG, 2014).

O US oferece vantagens em relação a processamentos convencionais como menor tempo de processamento, melhoria da qualidade, redução de riscos químicos e físicos, e não gera resíduos (AWAD et al., 2012; LI et al., 2015). O US, quando combinado com o calor, pode acelerar a velocidade de destruição de micro-organismos nos alimentos, diminuindo a duração e a intensidade do aquecimento. Consequentemente, ocorre minimização da perda de aroma, maior homogeneidade na superfície aquecida e economia significativa de energia (CHEMAT; HUMA; KHAN, 2011). A eficiência dessa tecnologia varia de acordo com os diferentes parâmetros, como a frequência, tempo e temperatura de aplicação, intensidade, *design* experimental, tipo de amostra e tipo de equipamento (sonda ou banho, modo da cavitação) (TURANTAS; KILIÇ; KILIÇ, 2015).

Estudos mostram a eficiência da termossonicação (US e alta temperatura) na destruição de micro-organismos gram-positivos e gram-negativos quando comparado a pasteurização utilizada pela indústria de alimentos (PYSENA; MOHAREB; McKELLAR, 2003). Pohlman e colaboradores (1997) aplicaram US (20 kHz) no cozimento dos músculos *longissimus* e peitoral de bovinos, observando aumento da eficiência energética, perda de sabor, melhor retenção de água em relação ao cozimento convencional.

A frequência usada no US pode trazer diferentes efeitos na superfície dos alimentos. Em baixas frequências, as modificações físicas na superfície ocorrem devido à ação abrasiva da energia da cavitação. Oxidações lipídicas ou proteicas podem ocorrer nas frequências altas, sendo atribuída ao ataque por espécies de radicais gerados pelo US (MASON et al., 2011). A oxidação lipídica é um dos principais mecanismos de deterioração da qualidade em alimentos e especialmente em produtos à base de carne. As mudanças na qualidade se manifestam por

alterações depreciativas no sabor, cor, textura e valor nutritivo, além da produção de compostos tóxicos (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996).

São objetivos da aplicação do US no cozimento das mortadelas, a economia de energia e tempo para a obtenção de um produto com qualidade igual ou superior aos já encontrados no mercado, que utilizam calor e vapor durante o cozimento desse alimento. Neste contexto, pretende-se contribuir, com este trabalho, para a ampliação do conhecimento sobre o efeito do US frente aos diversos atributos de um produto cárneo emulsionado.

Decorrente do pouco número de trabalhos científicos que relatam o emprego do US, na elaboração de produtos cárneos emulsionados, elaborou-se esse trabalho de pesquisa visando empregar o US no cozimento desse tipo de produto. Dessa maneira procedeu-se o cozimento de mortadelas sob o efeito do US, mas em tempo menor ao empregado pela indústria. Paralelamente avaliaram-se as características físico-químicas, microbiológicas, e sensoriais das mortadelas, durante armazenamento.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do US no cozimento de um produto cárneo emulsionado.

1.1.1 Objetivos específicos

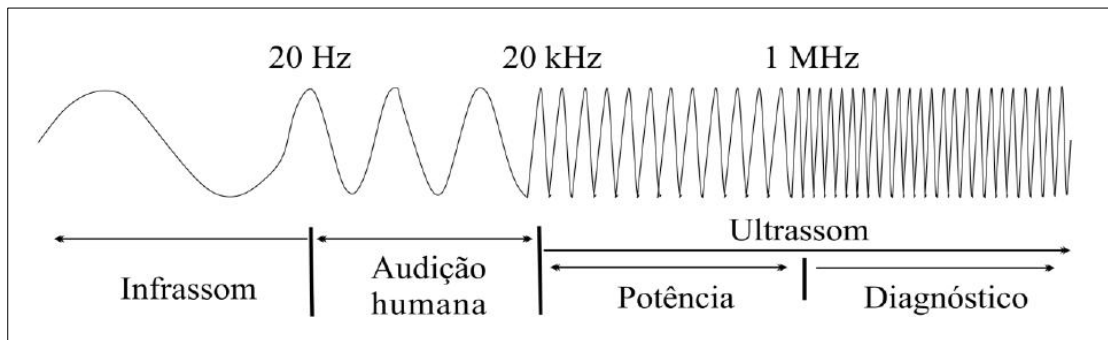
- Elaborar mortadelas Italianas;
- Aplicar o US com alta e média intensidade durante o cozimento dessas;
- Avaliar o número de colônias de bactérias durante o período de armazenamento das mortadelas;
- Investigar oxidação lipídica e proteica nas mortadelas durante o período de armazenamento;
- Mensurar nas mortadelas parâmetros como, cor, textura, pH e atividade de água; durante o período de armazenamento;
- Avaliar sensorialmente as mortadelas com teste de aceitabilidade, teste CATA e intenção de compra;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ULTRASSOM: PRINCÍPIOS E USO EM ALIMENTOS

Ondas de US são similares às ondas sonoras, apenas sua frequência é muito alta para ser percebido pelo ouvido humano. O US é dado a partir 20 kHz, sendo que seu uso em alimentos está localizado na faixa de potência (Figura 1). Os equipamentos de US podem ser de banho ou sonda e a transmissão do som ocorre devido a variações locais de pressão dadas por vibrações de partículas em torno de um ponto de equilíbrio. Variam ao longo do tempo e do espaço, dando origem à onda que se propaga no meio, com a energia de movimento sendo transmitida sem a transferência de matéria (POVEY; McCLEMENTS, 1988; MASON; PANIWNYK; LORIMER, 1996).

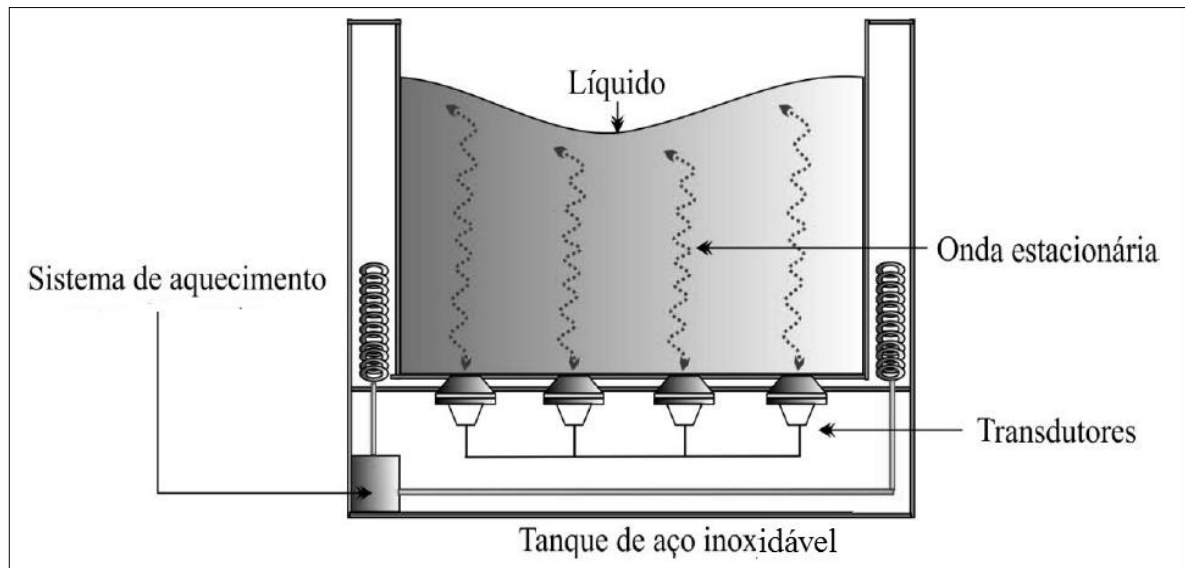
Figura 1 – Espectro do som.



Fonte: FENG; BARBOSA-CÁNOVAS; WEISS, 2010.

O banho ultrassônico é um sistema de produção de US econômico e acessível. De maneira geral, consiste num tanque de aço inoxidável no qual se acoplam transdutores em sua base (Figura 2). Os transdutores vão conectados a um equipamento eletrônico capaz de fornecer energia elétrica nas condições necessárias (frequência e intensidade) para excitá-los. O número de transdutores pode variar, mas todos devem vibrar na mesma fase, aumentando a quantidade de energia acústica produzida na superfície (MASON, 2010). A energia do US, no banho ultrassônico, é cedida diretamente ao líquido que preenche o recipiente, geralmente a água, que transfere essa energia ao alimento imerso nesse líquido (ALVES et al., 2013).

Figura 2 – Secção de um banho ultrassônico.

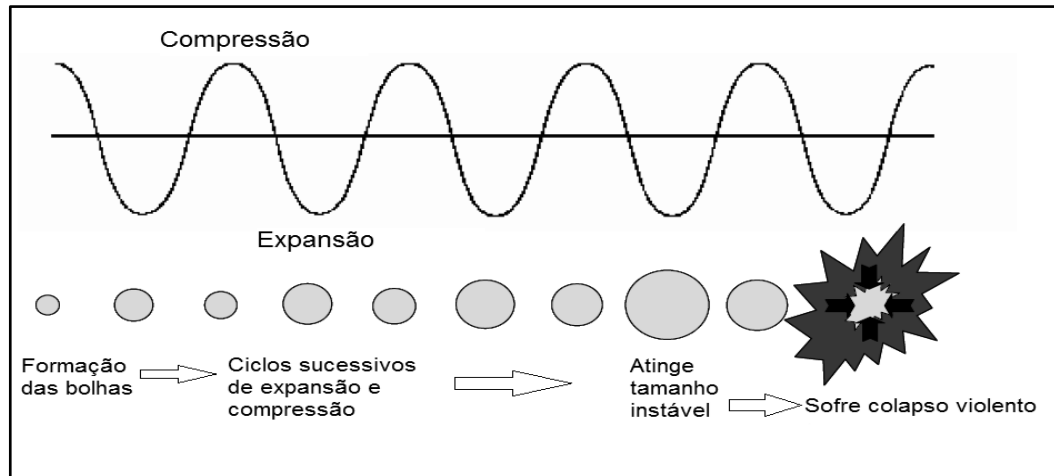


Fonte: Adaptado de POVEY; MASON, 1998.

As ondas do US são capazes de gerar cavitação acústica, que pode ser caracterizada como a formação, crescimento e implosão de bolhas de gás em uma solução, como ocorrem no banho de US. Este efeito de compressão e rarefação é responsável pela formação de bolhas e colapso violento entre as moléculas, resultando em regiões de alta temperatura e pressão (Figura 3). As mudanças de pressão resultantes dessas implosões são os principais efeitos bactericidas do US (NASCENTES et al., 2001; STANGA, 2010).

As moléculas de água com altas pressões de vapor podem penetrar nas cavidades e, no momento do colapso, sofrerem sonólise, resultando na formação de novos produtos (H_2 e H_2O_2). Os efeitos químicos da cavitação acústica podem ser desvantajosos, pois quando o radical hidroxila ($HO\bullet$) é produzido, por exemplo, pode afetar a qualidade dos alimentos, como iniciar a oxidação dos ácidos graxos (lipoperoxidação) (BORGES; KORN, 2002).

Figura 3 – Bolhas de cavitação.



Fonte: Adaptado de MASON et al., 2011.

Segundo Mason et al. (2011) a frequência usada no US pode trazer diferentes efeitos na superfície dos alimentos. Em frequências mais baixas (20 kHz) as modificações físicas na superfície ocorrem devido à ação abrasiva da energia do microjato. A 40 kHz o US produz perda de peso relativamente elevada com modificação na superfície mais uniforme. Os dados sugerem que alguma oxidação do substrato ocorre nas frequências mais altas, sendo atribuída ao ataque por espécies de radicais gerados pelo US.

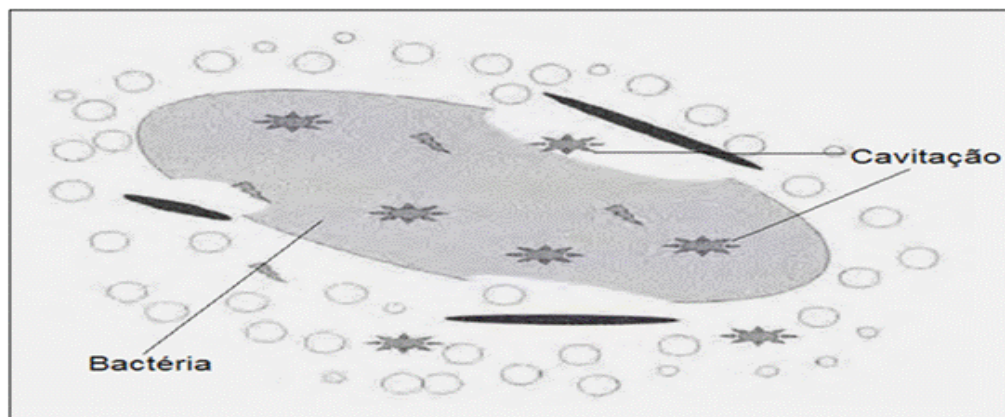
A aplicação do US no processamento de alimentos, tem mostrado que a intensidade de ondas ultrassônicas pode romper células e desnaturar enzimas, e que mesmo o US de baixa intensidade (100 W) é capaz de modificar o metabolismo das células. Em combinação com o calor, o US pode acelerar a velocidade de pasteurização dos alimentos, assim diminuindo a duração e a intensidade do tratamento térmico e os danos que o aquecimento pode provocar., Mostrando vantagens como a minimização da perda de aroma, maior homogeneidade na superfície aquecida e economias significativas de energia (CHEMAT; HUMA; KHAN, 2011).

O US tem mostrado benefícios potenciais na melhora da qualidade da carne e de segurança microbiana (entre 20-47 kHz/4-40 min., respectivamente). Sua eficiência varia por causa de seus diferentes parâmetros, como a frequência, tempo e temperatura de aplicação, protocolos de tratamento, design experimental, tipo de equipamento (sonda ou banho) e tipo de amostra (TURANTAS; KILIÇ; KILIÇ, 2015).

Piyasena, Mohareb e McKellar (2003), relatam estudos da aplicação de US com objetivo bactericida frente a micro-organismos como: *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, e observaram que a termossonicação (US combinado com alta temperatura), manossoinicação (US combinado com alta pressão) e a manotermossonicação (US combinado com alta pressão e alta temperatura) mostraram ser tratamentos mais eficazes para eliminação de micro-organismos quando comparados a tratamentos convencionais de calor.

O efeito letal aos micro-organismos (Figura 4), no uso de US, pode estar relacionado com as mudanças localizadas e rápidas na pressão e temperatura que esse produz. Causando um rompimento das células microbianas, pela cavitação, devido à redução da espessura da membrana celular, aquecimento localizado e produção de radicais livres (FELLOWS, 2006). Outro efeito do US, esta relacionado com a desnaturação das proteínas, onde uma exposição prolongada das proteínas cárneas pode resultar no aumento da capacidade de retenção de água, maciez e coesividade de alimentos (McCLEMENTS, 1995).

Figura 4 – Efeito do US na membrana celular de uma bactéria.



Fonte: Adaptado de FENG; BARBOSA-CÁNOVAS; WEISS, 2011.

Alguns estudos mostram a utilização do US no cozimento da carne, aproveitando de seu aumento de temperatura devido à absorção da energia das ondas ultrassônicas. O US no cozimento de amostras de carne em banho-maria reduziu o tempo de cozimento e o consumo de energia, promovendo um rendimento mais elevado (85,3%) do que o cozimento por convecção. Porém uma desvantagem

foi observada no cozimento com US houve perda de sabor do alimento (POHLMAN et al., 1997).

O uso de banho ultrassônico isoladamente para cozinhar alimentos revela-se eficaz, devido ao coeficiente de transferência de calor maior produzido pelas ondas e agitação do líquido que proporciona homogeneidade ajudando a garantir uma temperatura uniforme em todo o meio de cozimento (LIMA; SASTRY, 1990; SASTRY et al., 1989). Esse mesmo efeito foi observado na pasteurização de salsichas submetidas ao banho ultrassônico na frequência de 25 kHz e 200 W com a redução do número de colônias de bactérias mesófilas e ácido lácticas, mostrando a eficiência do US em relação ao processo tradicional empregado pela indústria (CICHOSKI et al., 2015).

2.2 PRODUTO CÁRNEO EMULSIONADO: MORTADELA

Os produtos cárneos são aqueles preparados a partir de carne fresca submetida a um ou mais tipos de processo atribuindo características como, cor, sabor e aroma. Entre os tipos de processo que a carne pode sofrer estão, a salga, a defumação, a adição de condimentos e o cozimento. Nos produtos cárneos cozidos à ação do calor no interior do alimento é suficiente para conseguir a coagulação total das proteínas miofibrilares. Nesse grupo, encontram-se produtos como salsichas, presuntos cozido e mortadelas (ORDÓÑEZ et al., 2005). A mortadela é considerada um produto cárneo popular, de fácil consumo e de preço baixo em relação a outros produtos a base de carne. Seu consumo *per capita* anual no Brasil é de 0,827Kg, consumo esse superior ao presunto e ao salame (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009).

De acordo com a Instrução Normativa nº 04, do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) mortadela é um produto cárneo, obtido de uma emulsão das carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado. Essa Instrução Normativa ainda trás a classificação das mortadelas, que variam de acordo com as matérias-primas utilizadas. Na mortadela Italiana, por exemplo, a elaboração é feita a partir de porções musculares

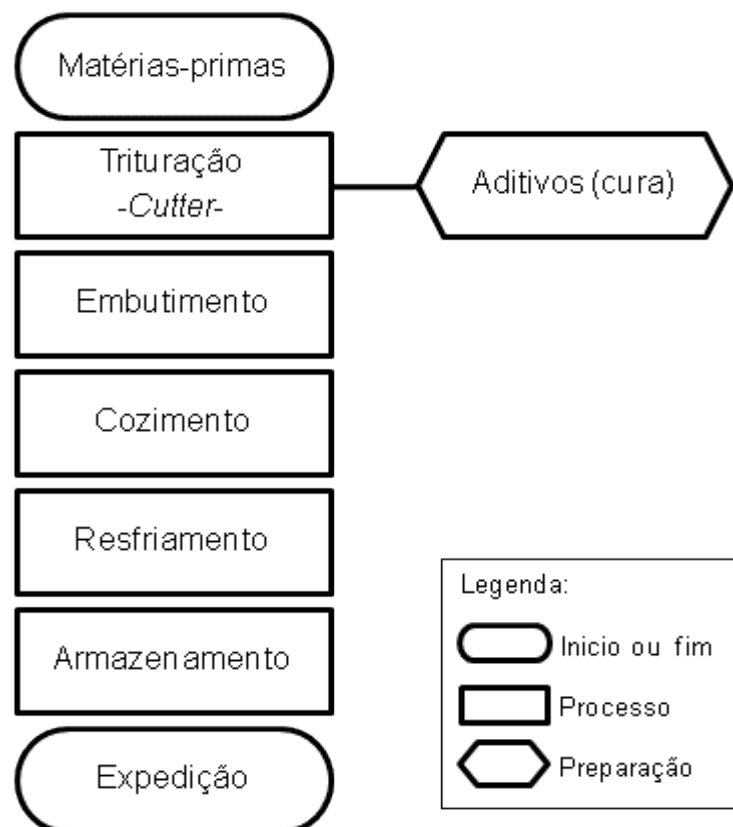
de carnes de diferentes espécies de animais de açougue e toucinho, não sendo permitida a adição de amido.

Dentro dos ingredientes que podem ser adicionados nas mortadelas, estão o estabilizante polifosfato de sódio, os conservantes nitrito e nitrato de sódio, o espessante carragena, o antioxidante eritorbato de sódio e o corante carmim cochonilha. Todos esses determinados pela Portaria nº 1004, do Regulamento Técnico para Atribuição de Função de Aditivos em Carnes e Produtos Cárneos do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998).

2.2.1 Etapas de elaboração da mortadela

Na elaboração da mortadela (Figura 5) podem ser salientadas as etapas de cura, emulsão e cozimento como de extrema relevância tanto na qualidade, quanto na conservação desse alimento (TERRA, 1998). Para tanto, faz-se uso de equipamentos como o moedor, o *cutter*, a embutidora e o banho-maria.

Figura 5 – Fluxograma de produção de mortadelas.



Fonte: Adaptado de SARMENTO, 2006.

Num primeiro momento as carnes são levadas ao *cutter* e aonde vão adicionando-se os ingredientes de acordo com as suas funções na elaboração das mortadelas. Uma vez, que o sal age na extração das proteínas miofibrilares (estado insolúvel, gel) e o polifosfato aumenta a capacidade de retenção de água, promovendo suculência ao alimento. Eles são adicionados à carne juntamente a água e/ou gelo e, ocorre a solubilização e conseqüente intumescimento das proteínas miofibrilares, produzindo uma matriz viscosa (sólido). As proteínas solubilizadas apresentam um maior número de resíduos de aminoácidos disponíveis para formarem ligações químicas hidrofílicas e hidrofóbicas e desta forma, aptas a agirem como agentes emulsificantes (SHIMOKOMAKI et al., 2006).

A adição de nitrito e nitrato, nas mortadelas, promove a inibição dos micro-organismos patogênicos (principalmente o *Clostridium botulinum*), contribui na estabilidade da cor, retarda a rancificação oxidativa e ajuda a desenvolver o sabor. O nitrito mais a água forma o ácido nitroso (efeito antimicrobiano), ele age imediatamente no alimento. O nitrato é reduzido a nitrito durante o armazenamento, estendendo seu efeito nos micro-organismos (GIESE, 2007; LÜCKE, 2010). Durante a estocagem, também é formado o óxido nitroso, que promove a fixação da cor. O pigmento presente na carne (mioglobina) após ação do calor e do nitrito, forma o pigmento nitrosohemocromo (cor rosa) estável ao calor, porém instável a luz e oxidações podendo se transformar em metamioglobina desnaturada (cor marrom) (WOODS; WOOD; GIBBS, 2007). Como um coadjuvante de cura, o eritorbato de sódio adicionado nas mortadelas potencializa o efeito dos nitritos, pois bloqueia a formação de N-nitrosaminas e protege contra a rancificação das gorduras (IAMARINO et al., 2015).

Uma importante característica da etapa de emulsão é a sua habilidade de ligar os vários componentes e proporcionar a coesividade do produto, conferindo textura firme ao corte e à mastigação. Numerosas energias de ligação e outras forças físicas são essenciais para manter a estabilidade e integridade da suspensão coloidal antes, durante e após o tratamento térmico (SHIMOKOMAKI et al., 2006). A etapa de emulsão também ajuda a desenvolver propriedades sensoriais típicas, como a aparência e o *flavor* (ALLIAS, 2010).

O cozimento atua na desnaturação das proteínas, transformando essas em uma rede proteica que evita a coalescência dos glóbulos de gordura (TORNBERG, 2005). O papel desempenhado pelo calor na elaboração da mortadela é múltiplo,

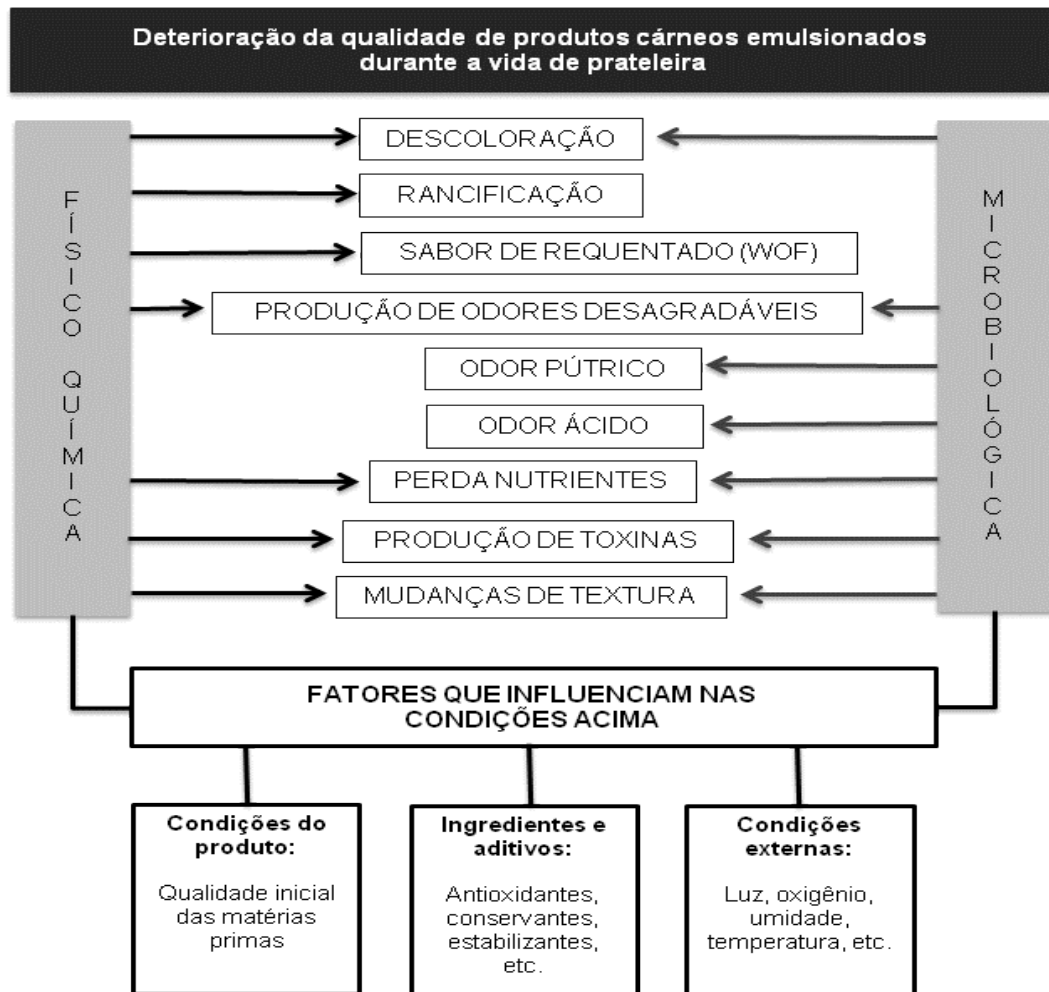
pois ele acelera reações, que refletem na cor, aroma, sabor e textura desse alimento. A qualidade final da mortadela depende diretamente do seu processo de cozimento, um aquecimento brusco em altas temperaturas, influencia negativamente na qualidade do produto cárneo, principalmente na coloração e faz com que ocorra uma má formação do gel e separação da gordura (RINALDI et al., 2011).

O cozimento deve ser de forma gradativa, iniciando por 60°C e não superando os 80°C. O seu interior deve atingir a temperatura de 73°C, o que provocará uma conveniente redução da flora microbiana, e conseqüente aumento da vida útil do produto (TERRA, 1998). O cozimento além de se apresentar como etapa importante para a conservação e garantia da qualidade da mortadela, é um processo que necessita de investimentos em equipamentos modernos. A fim de minimizar os gastos com energia elétrica e vapor para a indústria de alimentos (ORSOLIN et al., 2015).

2.2.2 Alterações em produtos cárneos emulsionados

A vida de prateleira dos alimentos é influenciada pela sua composição, qualidade inicial das matérias-primas e condições de estocagem (Figura 6). Sendo importante a identificação dos atributos que se alteram e a definição quantitativa dos mesmos, para monitorar a perda de qualidade durante o armazenamento (OLIVO, 2006). Alcântara et al. 2012 relatam alterações de cor (descoloração), formação de limo e odores desagradáveis em produtos cárneos durante seu armazenamento, como influência do desenvolvimento de diversos micro-organismos, dentre eles as bactérias lácticas. Reações de oxidação lipídica, degradação de nutrientes, sabor aroma e textura, também são alterações que vão influenciar na decisão de compra do alimento (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2015; SINGH; ANDERSON, 2004).

Figura 6 – Alterações físico-químicas e microbiológicas em carnes e derivados e suas consequências.



Fonte: Adaptado de OLIVO, 2006.

2.3 MICRO-ORGANISMOS EM PRODUTOS CÁRNEOS

A qualidade e a vida útil de produtos cárneos são determinadas pelo crescimento dos micro-organismos. Para controlar o desenvolvimento microbiano e as suas consequências, são utilizados os mais diversos métodos de preservação de alimentos. O tipo de deterioração varia de acordo com as condições da atmosfera que envolve o produto e com a tecnologia aplicada no processamento. O cozimento de produtos cárneos é uma forma de reduzir a carga microbiana desse alimento (ALCANTARA et al., 2012; GOMES, 2007; JAY, 2005).

Alguns micro-organismos sobrevivem ao processo térmico, sendo necessária a utilização do sal de cura (nitrito e nitrato) que fornece mais uma barreira para desenvolvimento de bactérias patogênicas, além de conferir à carne uma cor rósea

atrativa ao consumidor (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). As carnes curadas, devido ao efeito inibidor do sal adicionado, possuem uma vida de prateleira mais prolongada em relação às carnes frescas expostas nos estabelecimentos comerciais. A presença de açúcar nas formulações de carnes curadas facilita as reações fermentativas, atrasando mudanças proteolíticas indesejáveis (HOLLEY; GILL, 2005).

O sucesso do processo de cura de uma peça de carne depende da sua carga microbiana inicial e do fato de apresentar ou não deterioração incipiente. Qualquer alteração nos pigmentos da carne pode resultar em um produto curado de coloração alterada, assim como a deterioração incipiente levará a um produto de aparência, sabor e odor alterados (GOMES, 2007). Portanto as condições higiênicas dos manipuladores e do ambiente durante a manipulação e o processamento dos alimentos, também são decisivas para obtenção de produtos processados com menor carga microbiana, uma vez que as mesmas sendo aplicáveis e praticadas ajudarão a controlar o processo de deterioração destes alimentos (ALCANTARA et al., 2012).

O método mais utilizado como indicador geral de populações bacterianas em alimentos é a contagem total de anaeróbios mesófilos em placas, também denominada, contagem padrão em placas é. Sua faixa ótima de desenvolvimento é entre 30-45 °C. Assim é possível obter informações gerais sobre a qualidade de produtos, condições de processamento, manipulação e vida de prateleira. Micro-organismos que crescem em alimentos sob-refrigeração (0-7 °C), mas apresentam temperatura ótima acima de 20 °C são chamados de psicotróficos. Esses são responsáveis pela diminuição da validade comercial de alimentos e conseqüente deterioração (SILVA et al., 2010).

Outro micro-organismo importante em produtos cárneos são as bactérias ácido lácticas. Essas bactérias compõem a principal população deteriorante de produtos cárneos. São gram-positivas, não esporogênicas, anaeróbias facultativas, catalase e oxidase negativas. O seu crescimento a níveis elevados, nestes produtos, pode provocar mudanças sensoriais adversas, tais como odores ácidos indesejáveis, textura pegajosa, alterações de cor (BORCH et al., 1996). Sendo essas mudanças associadas ao seu metabolismo de carboidratos que pode ser homofermentativo, resultando primordialmente em ácido láctico, ou heterofermentativo, resultando em ácido láctico, CO₂ e outros produtos de

fermentação (SILVA et al., 2010). E também a sua capacidade de produzir água oxigenada (H_2O_2), um forte agente oxidante, que causa a quebra da molécula do pigmento heme, tornando o produto cárneo de cor pálido ou esverdeado (SHIMOKOMAKI et al., 2006).

A deterioração dos alimentos por estas bactérias é favorecida em alimentos refrigerados, uma vez que elas têm uma vantagem considerável na taxa de crescimento comparada com os aeróbios e anaeróbios facultativos e as bactérias gram-negativas (SÄDE, 2011). Seu crescimento pode ser favorecido devido à sua tolerância ao nitrito e nitrato. O nitrito apresenta apenas um pequeno efeito inibidor no seu crescimento (HOLLEY; GILL, 2005). Contudo bactérias lácticas podem interferir na multiplicação de bactérias deteriorantes e patogênicas por meio de vários mecanismos como a competição por oxigênio, competição por sítios de ligação e produção de substâncias antagonistas, especialmente bacteriocinas (DE MARTINIS et al., 2002, ROSA et al., 2002).

Várias *Enterobacteriaceae* são patogênicas para o homem, representando risco para a saúde pública, são utilizadas também como indicadores das condições de higiene dos processos de fabricação, porque são facilmente inativadas pelos sanitizantes e capazes de colonizar vários nichos das plantas de processamento, quando a higienização é falha. As *Enterobacteriaceae* incluem as bactérias gram negativas na forma de bastonetes retos, não esporogênicas, anaeróbias facultativas e oxidase negativa. São quimiorganotróficas com metabolismo respiratório e fermentativo, a maioria produzindo ácidos e gás na fermentação da glicose e outros carboidratos. Não são halofílicas, produzem catalase e reduzem nitrato a nitrito. (SILVA et al., 2010).

As *Enterobacteriaceae* psicrotróficas podem causar problemas de cor e odor em carnes curadas, se a temperatura de estocagem alcançar valores superiores a 7 °C, mas geralmente estes micro-organismos são mantidos sob controle pela combinação de baixa temperatura e atividade de água (0,96-0,98) durante o armazenamento (HOLLEY;GILL, 2005). A temperatura é o principal fator responsável pelas reações de deterioração, mas o desenvolvimento bacteriano em produtos embalados, além da temperatura, também é influenciado pela alta atividade de água e a disponibilidade de oxigênio. Esses fatores que vão determinar a quantidade e o tipo de micro-organismos que poderá se desenvolver naquelas condições, nas carnes e produtos cárneos (CAYRÉ et al., 2003; LABADIE, 1999).

2.3.1 Atividade de água e pH

A atividade de água é uma medida do estado de energia da água e um sistema e indica a perecibilidade com maior eficiência do que a umidade. A atividade de água é indicador de como a água afeta processos bioquímicos e outros fatores, como a disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos. O valor absoluto da atividade de água dá uma indicação segura do conteúdo de água livre do alimento, sendo esta a única forma de água utilizada por parte dos micro-organismos. As bactérias são normalmente mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, a maioria se desenvolve em atividade de água mínima de 0,88 - 0,91. (HOFFMANN, 2001; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). O pH é um fator de fundamental importância na limitação dos diferentes micro-organismos capazes de se desenvolver no alimento (HOFFMANN, 2001).

2.4 OXIDAÇÕES EM PRODUTOS CÁRNEOS

2.4.1 Oxidação lipídica

Os produtos cárneos são susceptíveis a oxidação lipídica, uma vez que um de seus principais ingredientes é a gordura. Essa é um importante componente que confere características desejáveis de suculência, sabor, aroma, valor nutricional e propriedades tecnológicas nos produtos cárneos. Contudo alterações causadas pela oxidação lipídica são difíceis de serem controladas, principalmente devido a sua complexidade e variabilidade. A oxidação lipídica leva a muitos efeitos adversos às suas características de qualidade, tais como sabor, aroma, cor, textura e valor nutritivo, além de produção de compostos tóxicos (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996; SHIMOKOMAKI et al., 2006).

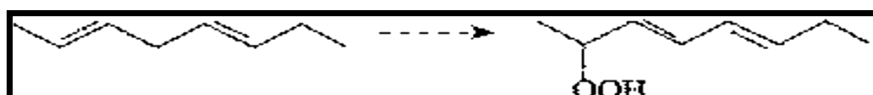
Oxidação lipídica é o termo geral utilizado para descrever uma sequência complexa de alterações químicas resultantes da interação de lipídios com oxigênio (FENNEMA et al., 2010). O processo de peroxidação lipídica sucede por diversos mecanismos, incluindo aqueles nos quais estão envolvidos os radicais livres e os controlados enzimaticamente. A importância da mensuração dos produtos derivados da oxidação está relacionada à sua citotoxicidade aos seres humanos, que pode causar alterações celulares associadas ao envelhecimento e diversas doenças como

o câncer, artrite e aterosclerose, lesão pulmonar aguda e inflamação crônica (ISCHIROPOULOS; AL-MEHDI, 1995; LIMA; ABDALLA, 2001).

As reações da oxidação lipídica podem ser divididas em três estágios (iniciação, propagação e terminação) e podem ocorrer simultaneamente a partir do desencadeamento da primeira. A iniciação é caracterizada pela formação de radicais livres, consumo pequeno e lento de oxigênio, baixo nível de peróxidos, aroma e sabor dos alimentos inalterados. A propagação caracteriza-se pela reação em cadeia de radicais livres, pelo alto consumo de oxigênio, pelo alto teor de peróxidos e pelo início de alterações de aroma e sabor. Na etapa de terminação, o alimento apresenta alterações de aroma, sabor, cor e consistência. Os hidroperóxidos não tem importância direta na deterioração do odor e sabor das gorduras. Contudo, eles são instáveis e se decompõem com rompimento da cadeia hidrocarbonada, gerando uma variedade de aldeídos, alcoóis e cetonas, dentre os quais se incluem os agentes de sabor e odor indesejáveis. (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

As etapas da oxidação lipídica são caracterizadas pela formação de produtos primários como peróxidos, compostos com ligações duplas conjugadas (dienos, trienos) e os produtos de oxidação secundários são detectados em testes com TBARS (substância reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) e compostos voláteis. Os peróxidos no decurso da sua decomposição produzem compostos como aldeídos, cetonas, os quais são designados produtos secundários. Os peróxidos podem ser determinados pelo método colorimétrico, em que oxidam o Fe^{2+} a Fe^{3+} (Abs = 500nm) sob a forma de cloreto ou tiocianato férrico (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998). A formação de hidroperóxidos dienos e trienos conjugados ocorre pelo deslocamento das duplas ligações (Figura 6). A sua faixa de detecção é 234nm dienos conjugados e 266nm para trienos conjugados (LIMA; ABDALLA, 2001).

Figura 7 – Deslocamento das duplas ligações na formação de dienos conjugados.

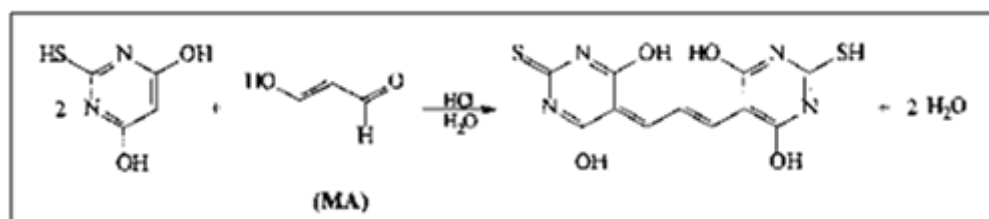


Fonte: SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998.

O teste TBARS é um dos mais utilizados para avaliação da oxidação de lipídios em carnes e produtos cárneos. Uma vez que os processos envolvidos na

elaboração de produtos cárneos incluem moagem, mistura e cozimento pode favorecer a formação do malonaldeído (MA) produto da oxidação (OSAWA et al., 2005). Em condições apropriadas (meio ácido e aquecimento) o MA reage eficientemente com uma variedade de agentes nucleofílicos, produzindo assim cromógenos (Figura 7). A sua condensação com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) forma um complexo de cor vermelha, produto que possui absorvância a 532nm (LIMA; ABDALLA, 2001; SILVA, BORGES; FERREIRA, 1998).

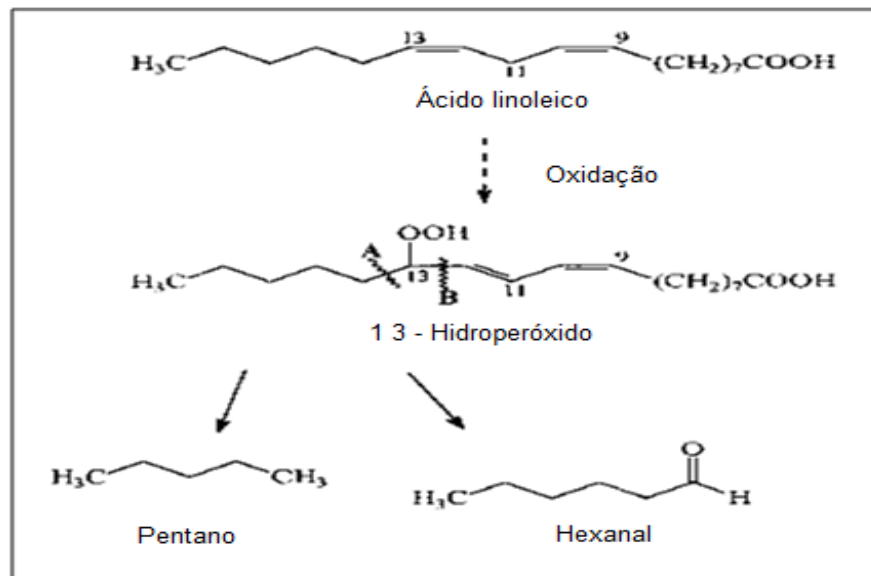
Figura 8 – Reação do teste TBARS formando cromógeno e água.



Fonte: SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998.

O hexanal e o pentanal são compostos voláteis que tem sido associado com o desenvolvimento de sabores indesejáveis provenientes do estresse oxidativo (Figura 8). A determinação dos referidos produtos é efetuada por cromatografia gasosa (CG) por *headspace*. Este método dispensa a extração prévia e adapta-se à análise de matrizes complexas, como produtos cárneos. Os cromatogramas obtidos apesar de complexos para interpretação pelo elevado número de picos presentes. Mostram uma perfeita correlação entre os resultados obtidos e a avaliação sensorial. A combinação da cromatografia gasosa com a espectroscopia de massa (CG/EM) constitui uma técnica analítica altamente sensível, permitindo a obtenção de dados relativos à identificação, origem e quantificação dos compostos responsáveis por *off flavors* e seus precursores (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998).

Figura 9 – Formação de hexanal na oxidação do ácido linoleico.



Fonte: SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998.

2.4.2 Oxidação proteica

As proteínas também são alvos de espécies reativas e a detecção de proteínas oxidativamente modificadas é frequentemente usada como um índice de estresse oxidativo. A oxidação proteica é formada pela reação entre dois radicais livres, óxido nítrico e superóxido, que da sua combinação originam os peroxinitritos (ISCHIROPOULOS; AL-MEHDI, 1995). A oxidação de proteínas pode causar deterioração das cadeias laterais de aminoácidos, que incluem o tiol e formação de ligações cruzadas entre as proteínas (RONSEI et al., 2006). Alguns dos seus malefícios já estudados em carnes e seus derivados mostram diminuição da solubilidade da proteína, alteração do valor nutricional do alimento, modificações na habilidade de formação de gel e na capacidade de retenção de água e maciez (ZHANG; XIAO; AHAN, 2013).

Um teste que permite avaliar o grau de oxidação proteica é o do grupamento tiol. Diferente da maioria dos testes (TBARS, hexanal, peróxidos), esse possui relação indiretamente proporcional à oxidação, pois um menor valor de tiol indica maior oxidação proteica do alimento. A solução ácida ditionitrobenzóico (DTNB) reage com grupamentos tiol proveniente da proteína da carne extraída, resultando em um cromóforo que pode ser lido em espectrofotômetro 412 nm. A proteína do

meio é quantificada e assim é possível saber quanto de tiol reagiu (ELLMAN 1959; LOWRY et al. 1951).

2.4.3 Avaliação instrumental de cor

A oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, a qual também pode ser induzida por outros componentes que possuem ferro e pelo ferro livre. Por outro lado, os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando negativamente a cor dos produtos (SHIMOKOMAKI et al., 2006).

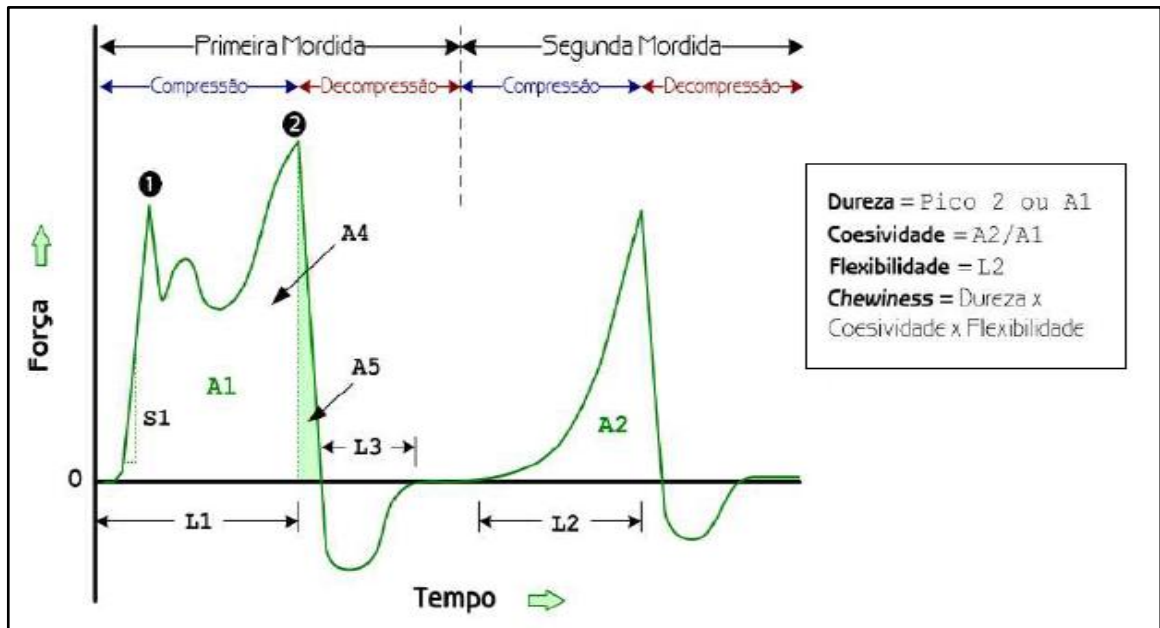
A cor constitui o primeiro impacto sobre o consumidor, para sua percepção são necessários três elementos básicos: luz, objeto e observador. Na percepção sensorial, o observador é a pessoa que analisa a cor. Já na análise objetiva este é substituído pelo instrumento. Na indústria de alimentos é comumente utilizada a escala de cor com valores L^* , a^* , b^* (luminosidade, índice de vermelho e índice de amarelo, respectivamente), que se correlacionam com a análise sensorial. Com esses valores é possível identificar a brancura (palidez) do alimento. A diferença total de cor (ΔE^*) que determina o quanto a impressão de cor total de uma amostra é diferente do padrão. E a razão a^*/b^* pode indicar mudança da cor rósea para castanha em produtos cárneos curados (RAMOS; GOMIDE, 2009).

2.5 AVALIAÇÕES SENSORIAIS

2.5.1 Avaliação instrumental de textura

A avaliação instrumental da textura pode ser feita por meio de um texturômetro, equipamento que permite avaliar a resistência do tecido ao corte e à compressão a que foi submetido (RESURRECCION, 2003). A Análise de Perfis de Textura (TPA) é um teste imitativo capaz de avaliar, em uma única análise, vários atributos (dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, etc.), que podem ser relacionados à aceitabilidade do consumidor diante do produto. O método TPA consiste em dois ciclos completos de compressão e descompressão (Figura 9) de uma amostra pequena do alimento, de forma a simular a ação dos dentes durante a mastigação (RAMOS; GOMIDE, 2009).

Figura 10 – Curva típica de deformação obtida da análise por TPA em alimentos sólidos ou semissólidos.



Fonte: adaptado de RAMOS; GOMIDES 2009.

2.5.2 Análise sensorial

A análise sensorial segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) é usada para medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações, para isto é preciso que haja entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A análise sensorial entra em ação em casos de avaliar a seleção da matéria prima a ser utilizada em um novo produto, o efeito de processamento na elaboração de alimentos, a qualidade da textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, entre outros. Para alcançar o objetivo específico de cada análise, são elaborados métodos de avaliação diferenciados, visando à obtenção de respostas mais adequadas ao perfil pesquisado do produto. Esses métodos apresentam características que se moldam com o objetivo da análise. O resultado deve ser

expresso de forma específica conforme o teste aplicado e estudado estatisticamente concluindo assim a viabilidade do produto (TEIXEIRA, 2009).

Com esse intuito a metodologia *Check-all-that-apply* (CATA) baseia-se em perguntas sobre as características do produto a ser avaliado pelo consumidor. Dentre as vantagens desse método é que ele identifica atributos que estão presentes no produto, sem a necessidade de uma escala, ou seja, não é levada em consideração a intensidade, mas sim a presença do atributo (DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010). A CATA é usada de forma a analisar a aceitação dos consumidores e identificar os atributos sensoriais que fazem com que o consumidor goste ou não do produto. Ela também serve para aperfeiçoar as propriedades que são vistas como desagradáveis. Apesar de pedir aos consumidores informações sobre as características sensoriais específicas, pode ser uma fonte de viés na pontuação hedônica (ARES; JAEGER, 2013).

Quando se relaciona a preferência do consumidor com características do produto que está sendo analisado, a CATA torna-se uma maneira simples de discriminar entre os termos que influenciam positivamente ou negativamente a aceitação dos produtos. Dessa forma, o teste é cada vez mais visto como uma ferramenta para auxiliar em estudos sobre o desenvolvimento de novos produtos cárneos, processamentos e vida de prateleira (JORGE et al., 2015). A CATA não é susceptível de prejudicar as pontuações hedônicas, seu uso em simultâneo com avaliações hedônicas parece ser uma escolha adequada para obter informações sobre as preferências dos consumidores e sua percepção das características sensoriais do produto (ARES; JAEGER, 2015).

No método subjetivo hedônico, diferente da CATA, são utilizadas escalas. Aplicadas quando se deseja medir graus de satisfação dos atributos do alimento. Essas escalas expressam o grau de “gostar ou desgostar” através da descrição das apreciações (que são convertidas em pontos), possuindo sempre um ponto central de indiferença (TEIXEIRA, 2009). Nesse método o principal propósito é avaliar a resposta pessoal, preferência ou aceitação, de um consumidor em potencial, e ter uma ideia da aceitação ou avaliação de um alimento. A palavra hedônica refere-se aos estados psicológicos conscientes agradáveis ou desagradáveis que o provador percebe em relação ao produto (BERGARA-ALMEIDA; SILVA, 2002).

Dentre os atributos do alimento que são avaliados no teste de aceitabilidade estão à cor, o odor, o sabor, a textura e aceitação global. A cor é o primeiro contato

do consumidor com o produto, onde se destacam a cor e a aparência. O odor é a propriedade sensorial perceptível pelo órgão olfativo, quando certas substâncias voláteis são aspiradas. O sabor é influenciado pelos efeitos táteis, térmicos ou dolorosos. A textura, principal característica percebida pelo tato, se manifesta quando o alimento sofre uma deformação (quando é mordido, prensado, cortado, etc.). A aceitação global serve para obter um julgamento de todos os atributos do alimento em uma visão geral (ABNT, 1993).

No teste de aceitação, cada amostra é oferecida ao provador individualmente, evitando a comparação entre as mesmas. O teste de escala de intenção de compra assim como a pontuação hedônica utiliza escalas verbais. Que denotam a vontade em consumir, adquirir ou comprar o produto oferecido ao provador. Os termos definidos podem situar, por exemplo, entre “provavelmente compraria” a “provavelmente não compraria”, possuindo um ponto central de indiferença, “talvez comprasse ou não” (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Na avaliação sensorial, a coleta e degustação de amostras ao longo do tempo permite seguir o aparecimento progressivo dos produtos de degradação dos lipídios, causadores de *off flavors*. É considerada a mais fidedigna de todas as determinações, porquanto mede aquilo de que o consumidor se apercebe, traduzindo a sua aceitação ao produto (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998). Os atributos mais importantes na avaliação da carne e produtos cárneos são a cor, aparência, suculência, sabor e textura (BARTON-GADE et al., 1988).

Dentre os parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais que envolvem a qualidade e aceitação dos produtos cárneos pelos consumidores. E paralelamente a busca pela indústria de alimentos, por produtos com menor consumo de tempo e energia, mas que mantenham a qualidade e segurança. A aplicação do US pode promover um cozimento mais rápido, mantendo a eficácia da cocção convencional, principalmente em relação ao potencial antimicrobiano. Sabe-se que o efeito do US depende de diversos parâmetros, como tipo de amostra, tempo, frequência, entre outros. Na literatura existem trabalhos evidenciando os benefícios do US, no entanto existe poucos trabalhos sobre seus efeitos em produtos cárneos e nos seus atributos sensoriais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS

As mortadelas Italianas (BRASIL, 2000) foram produzidas em triplicata verdadeira e na elaboração foi utilizado carne bovina (patinho – *Vastus lateralis*, *Vastus intermedius* *Vastus medialis* e *Rectus femoris*), carne suína (paleta – *Tríceps Brachialis*) e toucinho do lombo, adquiridos em mercado local na cidade de Santa Maria (RS). Ambos transportados a 10 °C até a Universidade Federal de Santa Maria, sendo armazenados até o momento da utilização entre 0 e 2 °C. Os ingredientes utilizados e suas quantidades (%) para a formulação das mortadelas (Tabela 1) foram adaptados de Faria et al. (2015).

Tabela 1 – Matérias-primas utilizadas para elaboração das mortadelas.

Matérias-primas	Quantidades (%)
Carne bovina (patinho)	45,00
Carne suína (paleta)	30,00
Toucinho	15,00
Gelo	6,45
Cloreto de sódio	2,00
Sal de cura ¹	0,25
Eritorbato de sódio ¹	0,25
Carragena ¹	0,20
Tripolifosfato de sódio ¹	0,20
Alho em pasta ¹	0,20
Coentro em pó ¹	0,10
Pimenta preta moída ¹	0,10
Corante carmim de cochonilha 3% ^{1, 2}	0,10
Total	100,00

¹ Os aditivos e condimentos foram fornecidos pela IBRAC – Indústria Brasileira de Aditivos e Condimentos Ltda.

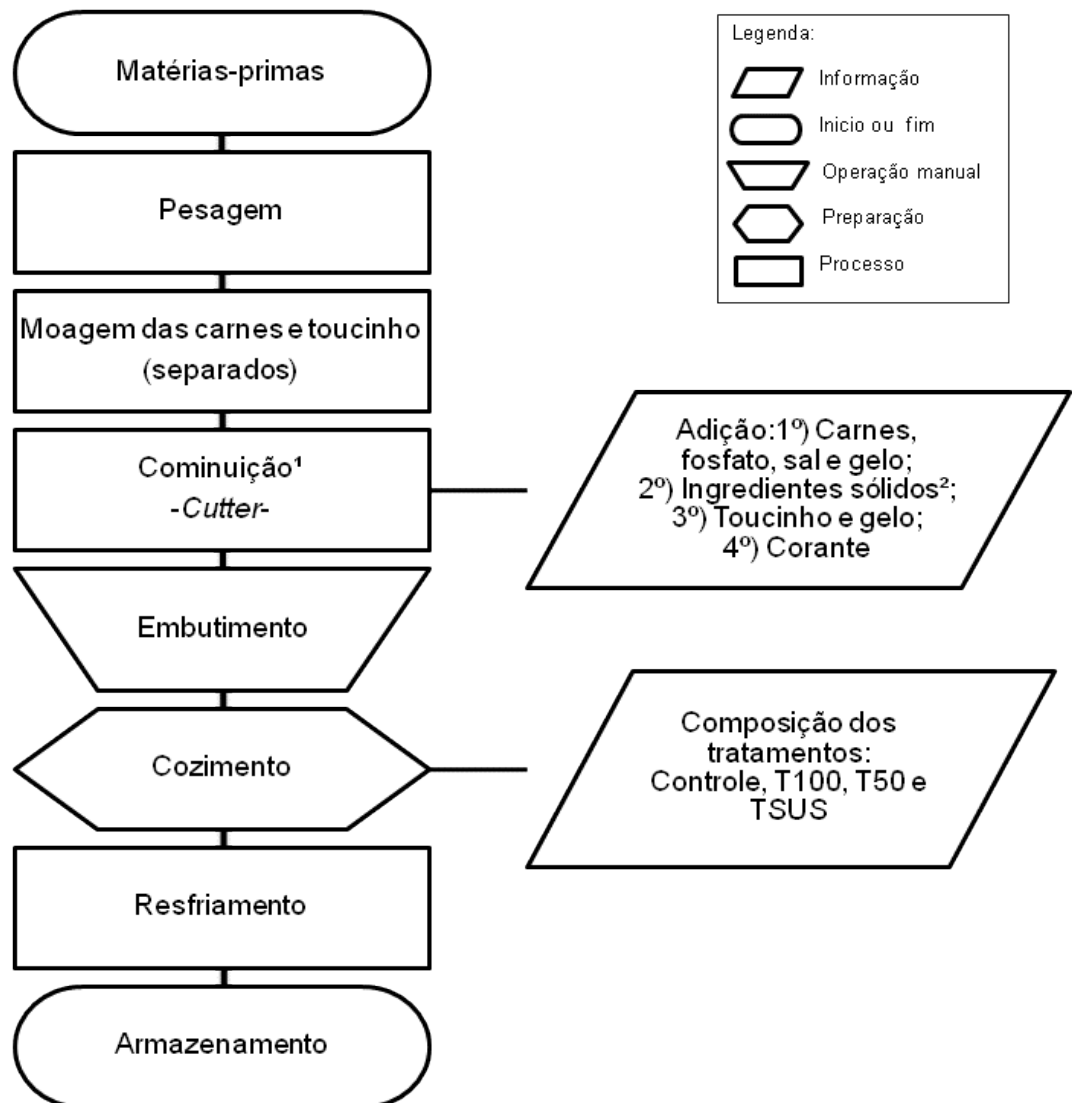
² O corante carmim de cochonilha foi diluído em 2 mL de água potável.

3.2 PREPARAÇÃO DAS MORTADELAS

Para elaboração das peças de mortadelas Italianas (Figura 10) as carnes bovina e suína e o toucinho foram moídos em disco 5 mm (marca JAMAR LTDA

modelo PJ-22 Plus Profissional) e juntamente com os ingredientes foram pesados (marca Shimadzu®). Para o preparo da emulsão foi utilizado Cutter (G.PANIZ® modelo 0,5L 60 Hz). A massa produzida foi embutida manualmente (marca JAMAR LTDA modelo EJ-09) em tripas artificiais de 46µ de espessura, 32 mm de diâmetro (marca VISCOFAN constituída de poliamida 6/adesivo de coextrusão/polietileno de baixa densidade/adesivo de coextrusão/poliamida 6), previamente hidratadas em água a 30 °C por 30 minutos.

Figura 11 – Processamento das peças de mortadelas Italianas.



Fonte: Autor (2017).

¹ A cominuição teve duração total de 90 segundos (20 segundos após 1ª, 2ª e 3ª adição de ingredientes e mais 30 segundos após adição do corante);

² Os ingredientes sólidos previamente misturados foram: o eritorbato de sódio, a carragena, o sal de cura, o alho em pasta, o coentro e a pimenta preta moída.

As peças de mortadela pesaram em média 150 ± 10 g. Foram elaborados no total 72 peças de mortadelas, divididas em 4 tratamentos, aonde cada tratamento foi constituído por 18 peças produzidas em três dias diferentes,

3.3 TRATAMENTOS REALIZADOS

Para compor cada tratamento, 6 peças de mortadelas escolhidas aleatoriamente, foram distribuídas em cesto metálico e levadas ao cozimento em banhos ultrassônicos (marca Elma® modelo TI-H-10) com temperatura inicial da água 60 °C. Todas as mortadelas foram cozidas no interior do banho de US, com as mesmas temperaturas de cozimento em todos os tratamentos, diferenciando entre os tratamentos o tempo e emprego do US .

Os tratamentos realizados foram:

Controle – tratamento com o tempo de cocção pelo método convencional, $30/60$ °C, $30/65$ °C e $15/73$ °C (temperatura interna), sem US;

T100 – tratamento com o tempo de cocção reduzido $15/60$ °C $15/65$ °C $7,5/73$ °C (temperatura interna) com US a 25 kHz, modo *sweep*, amplitude de 100%;

T50 – tratamento com o tempo de cocção reduzido $15/60$ °C $15/65$ °C $7,5/73$ °C (temperatura interna) com US a 25 kHz, modo *sweep*, amplitude de 50%;

TSUS – tratamento com o tempo de cocção reduzido $15/60$ °C $15/65$ °C $7,5/73$ °C (temperatura interna) sem US.

O modo do US *sweep*, foi escolhido fundamentado em Cichoski et al. (2015) e por permitir que o gerador oscile a frequência ultrassônica em uma faixa estreita. Aonde o efeito de cavitação é distribuído de forma mais homogênea, eliminando zonas de baixo desempenho próximas aos cantos do tanque (ELMA, 2017). Após o cozimento, as peças de mortadela de todos os tratamentos foram resfriadas em banho de água e gelo (6 l água/2 kg gelo) até atingir temperatura interna de 10 °C (20 minutos). As peças de mortadela foram armazenadas em refrigerador a 5 ± 1 °C, com acompanhamento da temperatura através de um Sensor Termopar (marca GEPOC modelo USB4TK0). O tempo de armazenamento foi de 120 dias.

3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As amostras de mortadelas foram abertas e coletadas com materiais esterilizados, uma alíquota de 20 g foi retirada de cada tratamento e colocada individualmente em sacos esterilizados. Cada amostra foi homogeneizada em 180 mL de solução aquosa de peptona a 0,1 % (*Meat peptone* HIMEDIA, Índia) com auxílio de *Stomacher* (BOITTON MK1204) durante 2 minutos. Foram realizadas diluições em tubos (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4}) e posterior plaqueamento conforme o tipo de micro-organismo.

Para as bactérias mesófilas foi utilizado meio de cultura *Plate Count Agar* (PCA, *Tryptone Glucose Yeast Agar*, OXOID, Inglaterra), com semeadura em profundidade, e as placas foram incubadas invertidas a 36 °C/48h conforme Brasil (2003). Para as bactérias psicrófilas foi utilizado meio de cultura *Plate Count Agar* (PCA, *Tryptone Glucose Yeast Agar*, OXOID, Inglaterra), com semeadura em superfície, e as placas foram incubadas invertidas a 7 °C/7 dias conforme Brasil (1992).

Para as bactérias lácticas foi utilizado meio de cultura *Lactobacilli Man Rogosa e Sharpe Agar* (MRS, ACUMEDIA, Estados Unidos), com semeadura em profundidade e posterior aplicação de sobrecamada de Agar-agar (VETEC, Brasil) e as placas foram incubadas invertidas a 36 °C/48h conforme American Public Health Association (2001). Para as bactérias *Enterobacteriaceae* foi utilizado meio de cultura *Violet Red Bile Glucose Agar* (VRBG, ACUMEDIA, Estados Unidos) com semeadura em profundidade e posterior aplicação de sobrecamada de Agar-agar (Vetec, Brasil) e as placas foram incubadas invertidas a 36 °C/24h conforme Brasil (2003). Os resultados foram expressos em Log unidades formadoras de colônia por grama (Log UFC/g) de amostra. As análises ocorreram no 1º, 30º, 60º, 90º e 120º dias de armazenamento em triplicatas.

Para a avaliação sensorial as mortadelas foram avaliadas conforme Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, RDC nº12 de 2 de janeiro de 2001 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001). Que inclui *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, e *Coliformes fecais* para mortadelas e visaram à segurança do alimento aos provadores. As análises ocorreram no 1º e 50º dia de armazenamento em triplicata.

3.5 ATIVIDADE DE ÁGUA E pH

A verificação da atividade de água das mortadelas foi realizada em Aqualab® series 4TE. O equipamento foi previamente calibrado com solução padrão de cloreto de sódio com $A_w = 0,92$ e água $A_w = 1,00$. A temperatura de análise foi ajustada para 20 °C. Foram utilizados aproximadamente 2 g de cada amostra, colocadas em cápsulas para leitura. Os valores de atividade de água da amostra foram anotados para posterior análise estatística.

A aferição do pH das mortadelas foi realizada conforme Instituto Adolfo Lutz, (2008). Em pHmetro (DIGIMED DM-23-DC) previamente calibrados com solução padrão a 25 °C. Foram pesados 5 g de mortadela e homogeneizados em 50 mL de água destilada. Os eletrodos foram mergulhados no homogeneizado e os valores de pH foram anotados para posterior análise estatística. As análises de atividade de água e pH ocorreram no 1º, 30º, 60º, 90º e 120º dias de armazenamento, em duplicata e triplicata, respectivamente.

3.6 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A determinação da composição centesimal das mortadelas ocorreu aos 30 dias de armazenamento, em triplicata. Aonde se realizou o teor de umidade (105 °C até peso constante), quantificação das proteínas (% N total na mortadela x 6,25 Kjeldahl) e das cinzas (mufla 550 °C/5h) seguindo os métodos oficiais da AOAC (1995), 950.46, 928.08 e 923.03, respectivamente. Para determinação dos lipídios foi utilizada a extração a frio pelo método de Bligh e Dyer (1959).

3.7 OXIDAÇÕES LIPÍDICAS

Para a determinação da oxidação lipídica foi realizada através da extração da gordura conforme Bligh e Dyer (1959), aonde 5 g de mortadela foram pesados em balança analítica em tubo Falcon, em duplicata, adicionou-se 4 mL de água destilada, 16 mL de álcool metílico (SIGMA-ALDRICH) e homogeneização durante 30 segundos em Turrax (TURRATEC TE102-TECNAL) na velocidade 3 (~10.716 RPM - rotações por minuto), com imersão em água/gelo para evitar aquecimento da amostra. Depois de triturado, foi adicionado 8 mL de clorofórmio (SIGMA-ALDRICH)

e as amostras foram levadas para mesa agitadora (BANHO METABÓLICO DUBNOFF SL-157) durante 30 minutos a 175 RPM.

Realizada a agitação, adicionou-se mais 8 mL de clorofórmio e 8 mL de solução de sulfato de sódio anidro (IMPEX) à 1,5 % em água destilada, e agitou-se manualmente por 30 segundos. As amostras foram centrifugadas (MTDIIIplus) por 10 minutos à 2500 RPM. A fase inferior contendo a gordura dissolvida em clorofórmio foi transferida para tubos de ensaio contendo 1,0 gramas de sulfato de sódio anidro, agitadas e posteriormente filtradas em frascos âmbar. Passou-se 2 mL do filtrado para béquer previamente seco e tarado, e posteriormente levou-se em estufa (MARCONI MA033) à 105 °C por 2 horas até evaporar o solvente. As amostras retiradas da estufa foram resfriadas em dessecador e pesadas.

O cálculo para quantificar a gordura das amostras foi realizado pela diferença de peso do béquer vazio e o béquer com amostra seca e mensurado em 100 g de mortadela. Por se tratar de uma extração a frio (os lipídios presentes na amostra não são submetidos a temperaturas elevadas), o restante do filtrado (lipídios e clorofórmio) foi armazenado em frascos âmbar em *freezer* para posterior análise de oxidação de gorduras (Peróxidos, Dienos e Trienos Conjugados). As análises ocorreram no 1º, 30º, 60º, 90º e 120º dias de armazenamento.

Os peróxidos foram mensurados conforme Shanta e Decker (1994), onde 3 mL do filtrado (lipídios e clorofórmio) da extração do Bligh e Dyer foram pipetados em tubos de ensaio, em duplicata e levados para evaporação do solvente (clorofórmio) em bomba a vácuo (SCRUBBER TE-152 TECNAL). Após secagem uma alíquota de 50mg de gordura foi misturada a 9,8 mL de solução clorofórmio: metanol (SIGMA-ALDRICH) 7:3 v/v, seguido de 50µL de solução tiocianato de amônio 30 % (SIGMA-ALDRICH) e 50µL de solução cloreto ferroso.

A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro (AGILENT 8453) com absorvância de 500nm. Realizou-se curva padrão previamente para o cálculo e o resultado foi expresso em miliequivalente de peróxidos por quilo de lipídios (meq de peróxidos/Kg de lipídios), conforme Equação 1.

$$\text{Peróxidos} = \frac{\text{Abs } 500\text{nm} \times m_0}{55,84 \times m_1 \times 2} \quad (1)$$

Nota: Abs 500nm = leitura da amostra; m0 = 1/coeficiente angular da curva padrão; 55,84 = massa atômica do Fe; m1 = massa de gordura pesada (g); 2 = fator de miliequivalentes de peróxidos.

Os Dienos e Trienos Conjugados foram realizados conforme Recknagel e Glende (1984), com adaptações Semb (2012), a partir da extração do Bligh Dyer, 70 μ L do filtrado (lipídios e clorofórmio) foram pipetados em tubos de ensaio, em duplicata e levados para evaporação do solvente (clorofórmio) em bomba a vácuo (SCRUBBER TE-152 TECNAL). Após secagem, foram adicionados 3 mL de Ciclohexano (SIGMA-ALDRICH) e a leitura dos Dienos e Trienos conjugados foi realizada em espectrofotômetro (AGILENT 8453) nas absorvâncias de 234nm e 266nm, respectivamente. O cálculo para mensuração dos Dienos e Trienos conjugados na amostra pode ser observado na Equação (2) e (3).

$$\text{Dienos conjugados} = \frac{(\text{Abs } 234\text{nm} \times \text{mg lipídios da amostra})}{3 \text{ mL ciclohexano}} \quad (2)$$

$$\text{Trienos conjugados} = \frac{(\text{Abs } 266\text{nm} \times \text{mg lipídios da amostra})}{3 \text{ mL ciclohexano}} \quad (3)$$

O TBARS substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico foi realizado nos dias 1, 30, 60, 90 e 120 de armazenamento. Conforme Bruna et al., (2001) adaptado Wang et al., (2002), Raharjo et al., (1993), e Shahidi et al., (1985). Foram pesados 5 g de mortadela, em duplicata, adicionados solução butilhidroxitoluol (SYNTH) 0,15 % m/v em álcool etílico (DINÂMICA), solução de sulfanilamida (VETEC) 0,5 % m/v em solução de ácido tricloroacético (TCA) (DINÂMICA) 3 %, solução de ácido tricloroacético (TCA) (DINÂMICA) a 5 % m/v em água destilada. A amostra imersa nas soluções repousou durante 10 minutos, após triturou-se durante 30 segundos em Turrax (TURRATEC TE102-TECNAL) na velocidade 3 (~10.716 RPM - rotações por minuto), com imersão do recipiente contendo amostra, em água/gelo para evitar aquecimento da mesma.

As amostras foram levadas para centrífuga refrigerada (HITACHI *High-Speed refrigerated centrifuge* CR226II) 3000 RPM/4 °C por 10 minutos. E após foram filtradas em béqueres, onde uma alíquota de 2 mL do filtrado foi transferido para tubos de ensaio. Adicionou-se 2 mL de solução de ácido tiobarbitúrico (ALFA AESAR) e os tubos foram levados para banho-maria (NOVA INSTRUMENTS N1040) 40 °C/90 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (AGILENT 8453) a 532nm. Para o cálculo desta análise necessitou realizar curva padrão com

tetraetoxipropano (SIGMA-ALDRICH), que gerou uma equação da reta para cálculo de mg MDA/Kg de amostra, conforme Equação (4).

$$y = ax - b \text{ (equação da reta gerada pela curva padrão)} \quad (4)$$

Nota: "y" foi substituído pelo valor da Abs 532nm e encontrou-se o valor de "x"

$$\begin{array}{l} 2 \text{ mL (alíquota TCA 5\% inserida no tubo)} \text{ ----- "x"} \\ 20 \text{ mL (TCA 5\% total adicionado)} \text{ ----- "C"} \end{array}$$

$$\frac{\text{"C"}}{\text{Peso amostra (g)}} = \text{mg MDA/Kg de amostra}$$

Para determinação de voláteis provenientes da oxidação lipídica (hexanal e pentanal), as amostras de mortadela foram coletadas nos dias 1, 60 e 120, embaladas a vácuo e congeladas até o momento da análise. Foram pesados 5 g de mortadela em *vial* em triplicata. Antes da extração, cada *vial* foi submetido ao pré-equilíbrio em banho-maria 36 °C/15min (sem exposição da fibra). Passado o tempo de equilíbrio a fibra foi exposta no interior do *vial* em banho-maria 36 °C/45min, para que os compostos voláteis fossem desorvidos no *headspace* do *vial*. Após a extração, os compostos voláteis retidos na fibra foram levados a um GC (VARIAN STAR 34CX) equipado com um espectrômetro de massas (GC-MS). A fibra foi desorvida termicamente na porta de injeção a uma temperatura de 250 °C/10min, em um modo de *splitless* durante 2 min.

Os compostos foram separados em coluna capilar polar de sílica fundida (ZB-WAX Plus 60m x 0,25mm x 0,25µm). O hélio foi utilizado como gás de arraste a uma pressão constante (30 psi). A temperatura inicial da coluna foi ajustada para 35 °C/durante 3 min, em seguida, um gradiente de temperatura foi iniciado subindo a 2 °C/min até 80 °C. Seguido por um aumento a 5 °C/min até 230 °C e mantida em condições isotérmicas durante 5 min. A temperatura do detector foi mantida a 230 °C. Os n-alcanos homólogos foram analisados sob as mesmas condições cromatográficas para calcular o índice de retenção linear (IRL). Na corrida cromatográfica foi identificado e monitorado o hexanal através da área do pico cromatográfico.

3.8 OXIDAÇÃO PROTEICA

A determinação da oxidação proteica foi realizada nos dias 1, 30, 60, 90 e 120 de armazenamento, utilizando o método do grupamento tiol proteico conforme Ellman (1959). Foi pesado 1 g de mortadela em duplicata e adicionados 10 mL de solução TRIS 0,1 M (NORGEN BIOTEK CORP.) – SDS 5 % (VETEC). Após foram homogeneizados durante 30 segundos em Turrax (TURRATEC TE102-TECNAL) na velocidade 3 (~10.716 RPM - rotações por minuto), com imersão do recipiente contendo amostra, em água/gelo para evitar aquecimento da mesma.

As amostras homogeneizadas foram levadas para banho-maria 80 °C/30 min e em seguida levadas para centrífuga refrigerada (HITACHI *High-Speed refrigerated centrifuge* CR226II) 3000 RPM/4 °C por 20 minutos. Foram então filtradas e uma alíquota de 400 µL do filtrado foi diluída em solução TRIS 0,1 M (NORGEN BIOTEK CORP.) – SDS 5 % (VETEC), tampão TRIS e solução de ácido ditionitrobenzóico (DTNB 0,01M) (SIGMA) em tampão TRIS. O diluído foi levado para escuro por 30 min e realizada a leitura em espectrofotômetro (AGILENT 8453) na absorvância de 412 nm. Para quantificação da proteína utilizou-se a metodologia proposta por Lowry et al. (1951) onde uma alíquota de 100 µL do filtrado foi diluída 50 vezes em solução TRIS 0,1 M (NORGEN BIOTEK CORP.) – SDS 5 % (VETEC).

A leitura foi realizada em espectrofotômetro (AGILENT 8453) na absorvância de 280 nm. Para o cálculo foram realizadas duas curvas padrão, uma preparada com aumento gradativo em concentração do aminoácido cisteína (VETEC) em reação com DTNB (SIGMA) utilizado com leitura a 412nm e outra com albumina bovina (INLAB) com leitura a 280nm, aonde o valor da absorvância foi convertido em concentração proteica. Os dados foram expressos em nanomol de tiol por miligrama de proteína (nmol de tiol/mg de proteína). A sequência de passos para o cálculo pode ser observado na Equação (5 e 6).

Equação da reta gerada pela curva padrão cisteína: (5)

$$y = ax - b$$

Nota: “y” foi substituído pelo valor da Abs 412nm; Encontrou-se o valor de “x” (mg de cisteína); Transformou-se “mg” em “µg”; Fez-se a relação de “mol de cisteína” para “mol de Tiol”; E “µg de Tiol” para “mol de Tiol”; Transformou-se “mol de Tiol” em “nanomol de Tiol”.

Equação da reta gerada pela curva padrão albumina bovina: (6)

$$y = ax - b$$

Nota: “y” foi substituído pelo valor da Abs 280nm; Encontrou-se o valor de “x” (mg de proteína); Fez-se a relação de “nanomol de Tiol” e “mg de proteína”. .

3.9 ANÁLISE OBJETIVA COR

A análise objetiva de cor foi realizada nos dias 1, 30, 60, 90 e 120 de armazenamento. Através de leitura direta em três pontos diferentes nas amostras de mortadela em triplicata, através de colorímetro Minolta (marca KONICA MINOLTA® modelo CM-700d). Foi utilizado iluminante A, componente especular incluso (SCI) e ângulo do observador em 10°. Os parâmetros mensurados foram L*, a* e b* indicadores de luminosidade, vermelho e amarelo, respectivamente. O índice de cor vermelha foi calculado como a*b* (CHEN; CHIU; HUANG, 1997). O valor de *Whiteness* (palidez) foi calculado a partir dos valores L*, a* e b* conforme equação (7) descrita por Park (1994).

$$Whiteness = 100 - [(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (7)$$

Nota: Quanto maior o valor de *Whiteness* mais pálida é a amostra e vice-versa.

Para mensurar e relacionar a diferença global de cor, visualmente percebida entre as amostras, utilizou-se a equação (8) proposta por Chen, Chiu e Huang (1997).

$$\Delta E = [(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2]^{1/2} \quad (8)$$

Nota: Quanto maior o valor da diferença de cor (ΔE) mais visível ao olho humano é a cor entre o controle e a amostra comparada e vice-versa.

Aonde ΔE é igual à raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre as coordenadas L*, a* e b* das amostras com tempo de cocção reduzido (T100, T50 e TSUS) e as coordenadas L*₀, a*₀ e b*₀ do tratamento controle.

3.10 ANÁLISE DE PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL

A análise de perfil de textura instrumental (TPA) foi realizada nos dias 1, 30, 60, 90 e 120 de armazenamento, em texturômetro (TA.XT. plus®) operado com *software Exponent 6.1.3.0 (Stable Micro Systems)*. As amostras (1 cm de espessura e 30 mm de diâmetro) em duplicata foram comprimidas uniaxialmente em dois ciclos consecutivos de compressão a 50 %, com um *probe* cilíndrico de alumínio (P/45) de 30 mm de diâmetro, a uma velocidade constante de 5 mm/s. Os dados foram coletados quanto à dureza (kgf), flexibilidade (mm), coesividade e mastigabilidade (kgf.mm). As definições e classificações desses atributos são observadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 – Definições físicas e sensoriais de parâmetros de textura da avaliação objetiva obtidas do teste de TPA.

Parâmetro	Definição física	Definição sensorial	Determinação
Dureza (Kgf)	Força necessária para se alcançar uma determinada deformação	Força necessária para comprimir uma substância entre os dentes	Área total ou pico de força máxima durante a primeira mordida
Flexibilidade (mm)	Taxa em que o material deformado retorna à sua condição inicial pela remoção da força deformadora (elasticidade)	Grau e velocidade em que o alimento retorna ao seu tamanho original após compressão parcial dos dentes molares	É definido como a distância necessária para detectar o pico de deformação após o fim da primeira mordida e o início da segunda
Mastigabilidade (kgf.mm)	Energia requerida para se desintegrar um alimento sólido a um estado pronto para ser engolido	Número de mordidas necessárias para mastigar a amostra (força constante), para reduzi-la a uma consistência aceitável para que seja engolida	Trata-se do produto da dureza, coesividade e flexibilidade
Coesividade	Força das ligações internas representa como o alimento responde à segunda compressão, após suportar a primeira	Quantidade de deformação sofrida pela amostra antes da ruptura, quando essa é comprimida pelos dentes molares	É medida pela razão entre as áreas positivas da segunda e da primeira mordida

Tabela 3 – Classificação de características de textura e sua relação com a nomenclatura popular.

Primeiro parâmetro	Segundo parâmetro	Termos populares
Dureza	-	Macio, firme, duro
Flexibilidade	-	Plástico, elástico
-	Mastigabilidade	Tenro, mastigável, consistente
Coesividade	-	Crocante, frágil, farelento

Fonte: adaptado de RAMOS; GOMIDE, 2009.

3.11 ANÁLISE SENSORIAL

A avaliação sensorial das mortadelas foi realizada conforme a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2012). Aonde o projeto foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa (CEP) da UFSM, parecer CAAE nº 05111912.6.0000.5346 (Anexo A). Foram coletadas as avaliações de 100 provadores, não treinados que incluíram alunos, professores e técnicos administrativos da UFSM de ambos os sexos, maiores de 18 anos, e que não possuíam adversidade a carne ou algum ingrediente da mortadela e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A avaliação sensorial foi realizada no Departamento de Ciência e Tecnologia dos Alimentos em laboratório de análise sensorial. Para melhor julgamento e comparação estatística dos dados, foram adicionadas duas amostras diferentes de mortadelas industrializadas adquiridas em mercado local, formulação e tabela nutricional seguem no Anexo B. As amostras de mortadela, industrializadas e formuladas, foram codificadas com números aleatórios de acordo com sua identificação. Todas as amostras de mortadela foram servidas em pedaços de aproximadamente 5 g para os provadores e a análise foi realizada nos dias 1 e 50 de armazenamento.

A ficha de avaliação sensorial foi composta por três testes, CATA, aceitabilidade e escala de intenção de compra, que podem ser observados no Apêndice A. O teste CATA consistiu em listar termos descritivos relacionados às características das mortadelas, balanceados entre positivos e negativos adaptado de Alves et al. (2017). Aonde os provadores deveriam marcar somente aqueles que consideravam relevantes em cada amostra de mortadela recebida. O teste afetivo de aceitabilidade foi realizado através de uma escala hedônica de 7 pontos variando do

1 “desgostei extremamente” a 7 “gostei extremamente” através do valor intermediário 4 associado ao termo “indiferente” (DUTCOSKY, 2013). O teste de escala de intenção de compra variou do “certamente compraria” ao “certamente não compraria”. Com um ponto central indiferente “tenho dúvidas se compraria ou não” (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi adotado delineamento em blocos casualizados para avaliar o efeito dos diferentes cozimentos das mortadelas em relação ao tempo e intensidade do US. O experimento foi realizado três vezes em dias diferentes. A análise de variância (ANOVA) utilizando o procedimento do modelo linear geral foi realizada para analisar os dados dos aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais, que consideraram os tratamentos como um efeito fixo e as repetições dos experimentos como um termo aleatório ($n=3$).

Nas tabelas foi utilizado o erro padrão da média (EPM) entre tratamentos e nos dias de armazenamento. E quando foram encontrados efeitos significativos entre tratamentos e/ou ao longo do período de armazenamento, foi empregado o teste de Tukey em nível de significância (Sig.) $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e $P \leq 0,001$ utilizando o programa IBM SPSS *Statistics* (SPSS, versão 21, 2012) (LORENZO et al., 2016).

Os gráficos foram expressos com médias \pm desvio padrão com programa Excel (Microsoft Office System, 2007). A análise de correspondência foi utilizada para avaliar os dados do questionário CATA, considerando a distância do Qui-quadrado (VIDAL et al., 2015), calculado sobre a matriz contendo a frequência de uso de cada termo para cada amostra com o *software* XLSTAT (ADINSOFT, Paris, França, 2017). Aonde para identificar as relações entre os termos descritivos selecionados para cada amostra pelo teste CATA, utilizou-se a análise de componentes principais (ACP). Em que a proximidade do tratamento (mortadela) com um termo descritivo (característica), dentro de sua localização no gráfico, indica maior relevância entre eles.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COCÇÃO DAS MORTADELAS ITALIANAS

Os resultados dos tempos de cozimento das mortadelas Italianas são apresentados na Tabela 4. A etapa de cocção tem papel fundamental na estabilidade e qualidade dos produtos cárneos cozidos. Esta etapa promove a gelificação das proteínas com mudanças estruturais e funcionais das proteínas miofibrilares. O desdobramento parcial da estrutura proteica é acelerado pelo aumento da temperatura (> 65-70°C), resultando na agregação de regiões que foram desdobradas entre as moléculas proteicas para formar uma rede tridimensional (VISESSANGUAN et al., 2000; TORNBERG, 2005). A formação de redes miofibrilares pode ser representada por três estágios, a dissociação, a desnaturação térmica e a agregação. A formação do gel ocorre quando o equilíbrio entre proteína-proteína e as interações proteína-soluto, induzem as moléculas de proteínas a se desenrolar e depois se agregarem em diferentes conformações (GORDON, BARBUT; SCHMIDT, 1992).

Tabela 4 – Tempos de cozimento (minutos e segundos) das peças de mortadela Italiana.

COZIMENTO (°C)	TRATAMENTOS (minutos e segundos)			
	Controle	T100	T50	TSUS
Tp ¹ 60	30'	15'	15'	15'
Ta ² 65	5'54"	3'59"	6'11"	6'41"
Tp ¹ 65	30'	15'	15'	15'
Ta ² 73	11'42"	8'21"	11'30"	10'53"
Tp ¹ 73	15'	7'30"	7'30"	7'30"
Tempo total*	92'37" (±1'25")	49'49" (±1'19")	55'11" (±2'40")	55'04" (±4'16")

¹ Tp é tempo de permanência da temperatura interna durante o cozimento.

² Ta é tempo que levou para atingir a temperatura interna durante o cozimento.

* Tempo total são as médias e DP do tempo (minutos e segundos) do cozimento das 3 repetições.

O US tem mostrados eficiência na transferência de calor, na etapa de cozimento, proporcionando diminuição no tempo de cozimento (economia de energia), em relação ao método convencional, podendo ser empregado na elaboração de produtos cárneos cozidos (POHLMAN et al., 1997; CHEMAT; ZILL-E-HUMA; KHAN, 2011). No tratamento T100 (Tabela 4), atingiram-se temperaturas de

cozimento programadas em menor tempo, ocorrendo uma redução de 10,08% de tempo em relação ao TSUS e de 46,42% em relação ao controle. Demonstrando a eficiência do US na transferência de calor na água, do interior do banho ultrassônico. A amplitude (100%) utilizada no T100 (Tabela 4) foi mais eficiente no aquecimento, do que a amplitude (50%) do tratamento T50. Um coeficiente de transferência de calor maior foi produzido pelas ondas ultrassônicas e agitação do líquido, proporcionam homogeneidade no aquecimento no meio e no alimento. Ajudando a garantir uma temperatura uniforme em todo o meio de cozimento (SASTRY et al., 1989; LIMA; SASTRY, 1990; KENTISH; FENG, 2014).

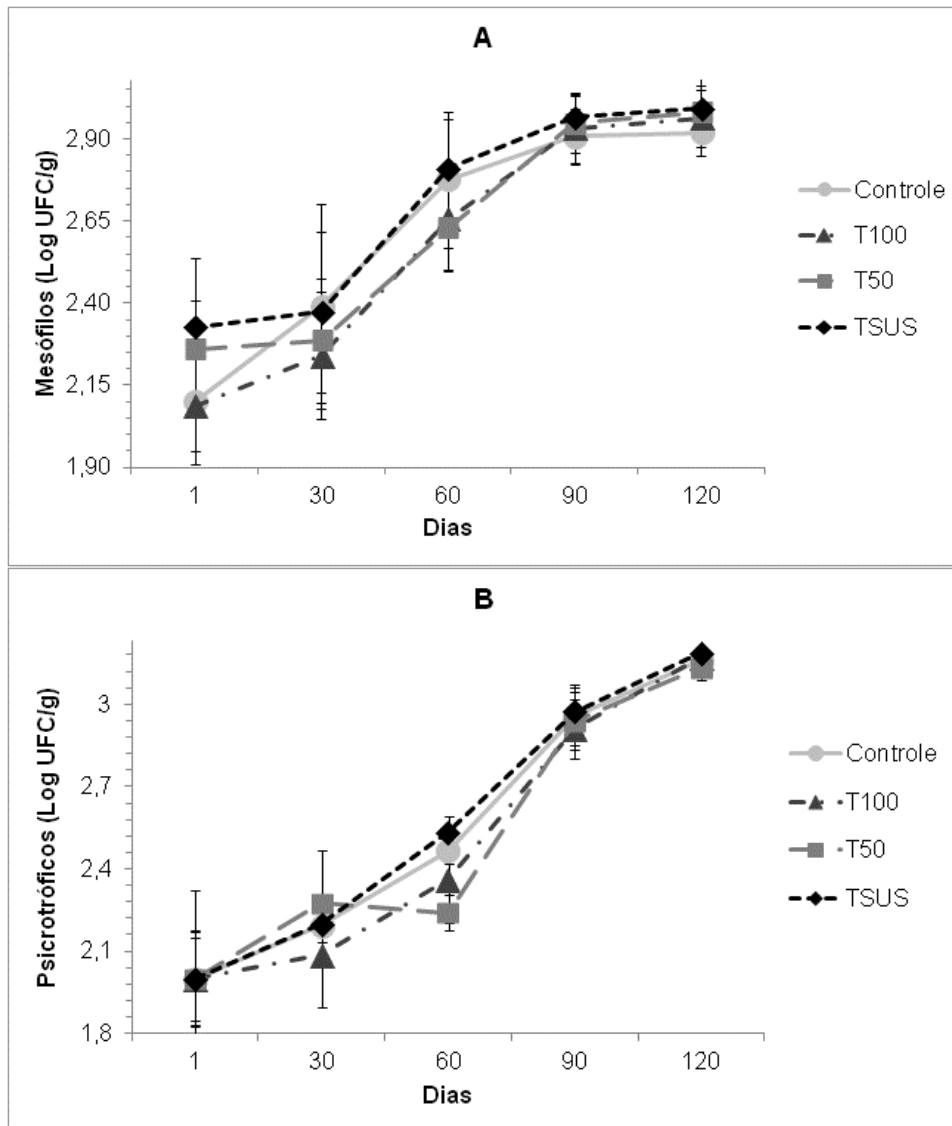
4.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As bactérias mesófilas tem grande importância nos produtos cárneos, uma vez que servem como indicador geral de populações bacterianas em alimentos, enquanto que as psicrófilas indicam o grau de deterioração de alimentos refrigerados. Ambas informam a qualidade do produto, condições de processamento, manipulação e a validade comercial (SILVA et al., 2010).

Até os 60 dias de armazenamento (Figura 12A e B, Apêndice B) as bactérias mesófilas e psicrófilas nos tratamentos T100 e T50 apresentaram menor número de colônias ($P \leq 0,001$), em relação aos tratamentos controle e ao TSUS. O efeito de inativação microbiana do US, tem sido associado aos efeitos da cavitação, que desestabiliza a célula microbiana ou até mesmo promove ruptura (NASCENTES et al., 2001; STANGA, 2010; KENTISH; FENG, 2014).

Estudos relatam que o US acompanhado de aquecimento produz uma melhor redução da carga microbiana em alimentos quando comparado ao cozimento convencional com água e vapor (PIYASENA; MOHAREB; MCKELLAR, 2003; JAYASOORYA et al., 2004; CHEMAT et al., 2011). No entanto esse efeito não foi observado nos 90 e 120 dias, pois não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Figura 12A e B).

Figura 12 – Número de colônias das bactérias mesófilas e psicrotóricas (log UFC/g), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.



Nota: Valores com médias e desvio-padrão.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

As bactérias lácticas também são de interesse em produtos cárneos refrigerados uma vez que seu crescimento a níveis elevados, nestes produtos, pode provocar mudanças sensoriais adversas, devido à produção de ácido lático e CO_2 (BORCH et al., 1996; ALCÂNTARA et al., 2012). Todos os tratamentos apresentaram bom efeito frente às bactérias lácticas até os 30 dias de armazenamento. Aos 60 dias o número de colônias de bactérias lácticas do T100

diferiu ($P \leq 0,05$) dos tratamentos T50 e TSUS e não do controle (Tabela 5). A partir dos 90 dias não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Tanto as bactérias mesófilas e psicrótróficas (Figura 12A e B) quanto às lácticas (Tabela 5), tiveram aumento significativo ($P \leq 0,001$) durante o período de armazenamento em todos os tratamentos e no controle. Porém esse crescimento não foi tão acentuado capaz de tornar as mortadelas impróprias para o consumo.

Tabela 5 – Número de colônias das bactérias lácticas (log UFC/g), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Bactérias lácticas	1	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	-	-
	30	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	-	-
	60	2,39 ^{abC}	2,29 ^{bB}	2,47 ^{aB}	2,44 ^{aB}	0,05	*
	90	2,55 ^{aB}	2,41 ^{aB}	2,59 ^{aB}	2,65 ^{aB}	0,10	n.s.
	120	2,92 ^{aA}	2,88 ^{aA}	2,83 ^{aA}	2,91 ^{aA}	0,04	n.s.
	EPM	0,06	0,07	0,06	0,08		
	Sig	***	***	***	***		

^{A-D} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. ∴ significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

Yunes et al. (2013) obtiveram contagem inicial para bactérias mesófilas e lácticas similares a este estudo ($2,11 \log \text{ UFC/g}$ e $<10^1$, respectivamente) para mortadelas cozidas pelo método convencional. No entanto aos 60 dias de armazenamento em temperatura ambiente, as contagens foram superiores para as bactérias mesófilas e lácticas (ambas na faixa de $7 \log \text{ UFC/g}$). No controle e no tratamento T100 as contagens das bactérias mesófilas ($2,78 \log \text{ UFC/g}$ e $2,66 \log \text{ UFC/g}$) e lácticas ($2,39 \log \text{ UFC/g}$ e $2,29 \log \text{ UFC/g}$) aos 60 dias de armazenamento a 5 °C foram menores. Isso mostra que alguns fatores (manipulação, qualidade das matérias-primas) e a temperatura de armazenamento influenciam no crescimento dessas bactérias.

A contagem para *Enterobactereaceas* foi $<10^1$ em todos os tratamentos durante todo o período de armazenamento. Os micro-organismos patogênicos (*Salmonella* SP, *Clostridium* sulfito redutor, *Staphylococcus* coagulase positiva e

Coliformes a 45 °C) apresentaram-se de acordo com a legislação brasileira, a qual visa os limites desses micro-organismos para mortadela (BRASIL, 2001) tanto no dia 1 quanto aos 50 dias de armazenamento a 5 °C.

Esse grupo de micro-organismos é indicador das condições de higiene das etapas de fabricação, e são capazes de colonizar vários nichos das plantas de processamento, quando a higienização é falha ou a matéria-prima não está em boas condições microbiológicas (SILVA et al., 2010). Além disso, a adição de nitrito e nitrato, nas mortadelas, promove a inibição dos micro-organismos patogênicos. O nitrito mais a água forma o ácido nitroso (agente antimicrobiano), que age imediatamente no alimento (LÜCKE, 2010).

4.3 ATIVIDADE DE ÁGUA E pH

A proliferação de micro-organismos e deterioração dos alimentos está relacionada com parâmetros intrínsecos e extrínsecos. Os parâmetros intrínsecos são parte inerente do alimento, como a atividade de água e o pH (JAY, 2005). Os valores de atividade de água (Tabela 6 e Apêndices C) não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$) na maioria dos dias de armazenamento (1, 30, 60 e 120). Estudos realizados com mortadelas mostraram valores semelhante de atividade de água, 0,96 e 0,97 ao longo de 60 e 90 dias de armazenamento, respectivamente (YUNES et al., 2013; ORSOLIN et al., 2015).

Ao longo do período de estocagem (Tabela 6) foi observada a redução significativa ($P \leq 0,001$) nos valores de atividade de água nos tratamentos. Mortadelas pertencentes ao controle e T100 apresentaram valores finais de 0,973, e para o tratamento T50 e para TSUS o valor final foi de 0,972. Indicando permeabilidade do envoltório utilizado nas mortadelas, fato esse comprovado através de experimentos realizados (dados não mostrados).

Tabela 6 – Valores de atividade de água e pH, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Aa	1	0,9812 ^{aA}	0,9822 ^{aA}	0,9777 ^{aA}	0,9780 ^{aA}	0,0017	n.s.
	30	0,9758 ^{aB}	0,9773 ^{aAB}	0,9745 ^{aAB}	0,9735 ^{aAB}	0,0023	n.s.
	60	0,9747 ^{aB}	0,9745 ^{aB}	0,9735 ^{aB}	0,9723 ^{aAB}	0,0015	n.s.
	90	0,9750 ^{aB}	0,9743 ^{aB}	0,9735 ^{abB}	0,9715 ^{bB}	0,0007	**
	120	0,9725 ^{aB}	0,9725 ^{aB}	0,9715 ^{aB}	0,9715 ^{aB}	0,0018	n.s.
	EPM	0,0015	0,0019	0,0013	0,0019		
	Sig	***	***	**	*		
pH	1	6,17 ^{abA}	6,15 ^{bA}	6,18 ^{aA}	6,18 ^{aA}	0,01	**
	30	6,18 ^{aA}	6,16 ^{aA}	6,17 ^{aA}	6,18 ^{aA}	0,01	n.s.
	60	6,16 ^{aA}	6,17 ^{aA}	6,16 ^{aA}	6,11 ^{aB}	0,02	n.s.
	90	6,03 ^{cB}	6,04 ^{bcB}	6,06 ^{bB}	6,09 ^{aB}	0,01	***
	120	5,94 ^{bC}	6,02 ^{aB}	6,03 ^{aB}	6,00 ^{aC}	0,01	***
	EPM	0,01	0,02	0,02	0,02		
	Sig	***	***	***	***		

^{A-C} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. ∴ significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

Os valores de pH (Tabela 6 e Apêndices D) diferiram ($P \leq 0,001$) entres os tratamentos com valores superiores de pH aos 120 dias nos tratamentos T100, T50 e TSUS comparado ao tratamento controle. A aplicação de US (2,6 MHz, 10 W) em carne bovina proporcionou pH superior ao controle durante a maturação desse alimento (GOT et al., 1999). Os valores de pHs (Tabela 6) dos tratamentos com US (T100 e T50) apresentaram-se dentro do mencionado na literatura para mortadelas 6,30-6,12 (VIUDA-MARTOS et al., 2010). Ao longo do período de armazenamento (Tabela 6) o pH apresentou queda significativa ($P \leq 0,001$) em todos os tratamentos. A redução do pH em carnes e em produtos cárneos, pode ser correlacionada com a atividade das bactérias lácticas (Tabela 5), pois essas tem como principal característica a fermentação de carboidratos com a produção de ácido láctico (SILVA et al., 2010).

4.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal das mortadelas (Tabela 7) mostrou que a umidade variou entre os tratamentos de 69,91 a 70,40%, as proteínas de 17,90 a 18,33% e os lipídios de 14,71 a 15,04%, mas não ocorreu diferença significativa ($P>0,05$) entre os mesmos. Apenas o teor de cinzas (Tabela 7) no tratamento T50 diferiu ($P\leq 0,001$) dos demais tratamentos por apresentar o menor valor. Visto que essa diferença é muito pequena entre T50 e os outros tratamentos, ela pode ser atribuída à homogeneização da amostragem. Uma vez que a mortadela tem temperos em sua composição, uma porção com menos condimentos reproduz menos minerais na determinação. E o US, no cozimento das mortadelas, não estaria relacionado com alterações na composição centesimal das mesmas.

Tabela 7 – Composição centesimal das mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos.

Análise	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Umidade	70,13 ^a	69,91 ^a	70,40 ^a	70,39 ^a	0,28	n.s.
Cinzas	3,37 ^a	3,36 ^a	3,31 ^b	3,37 ^a	0,01	***
Proteína	18,33 ^a	17,91 ^a	17,90 ^a	18,27 ^a	0,58	n.s.
Lipídios	14,71 ^a	15,04 ^a	14,93 ^a	14,87 ^a	0,41	n.s.

^{a-b} As letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. : significância: *** ($P\leq 0,001$), ** ($P\leq 0,01$), * ($P\leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P>0,05$).

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, Instrução Normativa nº 04 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000), classifica mortadela Italiana como aquela elaborada com porções musculares de carnes de diferentes espécies de animais de açougue e toucinho, sem adição de amido, sem adição de proteínas não cárneas, com umidade máxima de 65 %, proteína mínima de 12 % e gordura máxima de 35 %. Exceto pela umidade, que ficou acima do limite máximo, as mortadelas podem ser classificadas como Italiana.

Outros estudos com mortadelas de formulações semelhantes mostraram teor de umidade de 60,16 a 65,62 %, cinzas de 2,14 a 3,63 %, proteínas 13,10 a 16,17 % e lipídios 21,62 a 21,48 % (FARIA et al., 2015; VIUDA-MARTOS et al., 2010). As

mortadelas elaboradas apresentaram quantidade de gordura inferior (14,71 a 15,01 %) e quantidades de proteína superior (17,90 a 18,33 %) aos encontrados na literatura. Sabendo-se que a carne bovina adicionada compôs 45 % da formulação e essa tem cerca de 5 % de umidade a mais que carne suína (30 % da formulação) (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS, 2006), essa pode ser a causa das mortadelas apresentarem maior teor de umidade.

4.5 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável nos alimentos, que dentre alguns fatores é influenciada pela entrada de energia (calor) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998; CHOE; MIN, 2006). A duração do cozimento no tratamento controle (Tabela 8 e Apêndice E) causou um maior estímulo na formação de dienos conjugados e de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), pois os valores foram maiores e diferiram ($P \leq 0,001$) dos tratamentos T50 e T100 (exceto para o dia 1º e 30º no TBARS).

Dentre os compostos formados em oxidação avançada, o teste TBARS é amplamente utilizado para mensurar oxidação em carnes e em produtos cárneos. Al-Kahtani et al. (1996) relatam que o limite máximo aceitável de malonaldeído em produtos cárneos seria de 3,0 mg MDA/Kg. Contudo, estudos mostram que em uma avaliação sensorial provadores foram capazes de detectar odor de ranço na faixa de 0,5 -1,0 mg MDA/Kg (GRAY; PEARSON, 1987; TRINDADE et al., 2008). Os valores de TBARS (Tabela 8) aos 120 dias para todos os tratamentos mostram-se abaixo desses limites. Yunes et al. (2013) obtiveram em mortadela valores de 0,224 mg MDA/Kg, após 60 dias de armazenamento. Somente aos 120 dias de armazenamento as mortadelas pertencentes aos tratamentos T100 e T50 apresentaram valores superiores ao por Yunes et al. (2013).

A oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados promove a formação de hidroperóxidos e o deslocamento das duplas e triplas ligações, com conseqüente formação de dienos e trienos conjugados (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998). Os dienos conjugados não seriam tão sensíveis em termos de oxidação, quanto os hidroperóxidos e seus produtos de decomposição, incluindo aldeídos, cetonas e ácidos de baixo peso molecular para determinar a peroxidação lipídica induzida por ultrassom (CHEMAT et al., 2004). Esse fato pode ser observado no tratamento

TSUS (sem efeito de US e menor tempo de cozimento). Aonde durante todo o tempo de estocagem apresentou os maiores valores de peróxidos (Tabela 8). No tratamento T100 somente dos 90 dias em diante os valores de peróxidos aumentaram suficientemente, sem diferir ($P>0,05$) dos valores do controle.

Tabela 8 – Valores de peróxidos, dienos, trienos e TBARS, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Peróxidos (meq de peróxidos/ Kg de lipídios)	1	0,156 ^{bE}	0,138 ^{cD}	0,211 ^{aD}	0,205 ^{aD}	0,005	***
	30	0,691 ^{bD}	0,579 ^{cC}	0,526 ^{dC}	0,797 ^{aC}	0,011	***
	60	0,830 ^{bC}	0,750 ^{cB}	0,672 ^{dB}	0,872 ^{aB}	0,012	***
	90	0,927 ^{aB}	0,917 ^{aA}	0,885 ^{aA}	0,907 ^{aB}	0,018	n.s.
	120	0,989 ^{aA}	0,947 ^{abA}	0,908 ^{bA}	0,952 ^{abA}	0,024	*
	EPM	0,019	0,015	0,015	0,012		
	Sig	***	***	***	***		
Dienos (mg de lipídios/mL de ciclohexano)	1	0,346 ^{aD}	0,322 ^{bE}	0,320 ^{cD}	0,312 ^{dD}	0,000	***
	30	0,371 ^{aC}	0,347 ^{bD}	0,319 ^{cD}	0,313 ^{dD}	0,001	***
	60	0,374 ^{aC}	0,356 ^{bC}	0,329 ^{dC}	0,350 ^{cC}	0,001	***
	90	0,380 ^{bB}	0,377 ^{bB}	0,351 ^{cB}	0,391 ^{aB}	0,002	***
	120	0,431 ^{aA}	0,411 ^{bA}	0,387 ^{dA}	0,405 ^{CA}	0,002	***
	EPM	0,002	0,002	0,001	0,001		
	Sig	***	***	***	***		
Trienos (mg de lipídios/mL de ciclohexano)	1	0,037 ^{cD}	0,038 ^{bD}	0,040 ^{aB}	0,034 ^{dD}	0,000	***
	30	0,041 ^{aC}	0,039 ^{aD}	0,041 ^{aB}	0,034 ^{bD}	0,001	***
	60	0,043 ^{bC}	0,044 ^{bC}	0,041 ^{cB}	0,042 ^{aC}	0,001	***
	90	0,056 ^{aB}	0,049 ^{bB}	0,042 ^{cB}	0,050 ^{bB}	0,001	***
	120	0,073 ^{aA}	0,059 ^{CA}	0,053 ^{dA}	0,067 ^{bA}	0,001	***
	EPM	0,001	0,001	0,001	0,001		
	Sig	***	***	***	***		
TBARS (mg MDA/Kg de amostra)	1	0,031 ^{abE}	0,032 ^{aD}	0,030 ^{bE}	0,031 ^{abE}	0,000	*
	30	0,171 ^{aD}	0,168 ^{aC}	0,089 ^{cD}	0,143 ^{bD}	0,002	***
	60	0,181 ^{aC}	0,173 ^{bC}	0,151 ^{cC}	0,169 ^{bC}	0,001	***
	90	0,236 ^{aB}	0,217 ^{bB}	0,197 ^{cB}	0,212 ^{bB}	0,004	***
	120	0,297 ^{aA}	0,274 ^{bA}	0,242 ^{dA}	0,263 ^{CA}	0,003	***
	EPM	0,003	0,002	0,001	0,003		
	Sig	***	***	***	***		

^{A-E} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig .: significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

Decorrente da cavitação que ocorre na água do banho ultrassônico há formação de radicais hidroxila ($\text{HO}\bullet$). Alguns trabalhos relatam que esses radicais iniciaram a oxidação lipídica (BORGES; KORN, 2002; CHEMAT et al., 2004; JAYASOORYA et al., 2004). Nos tratamentos com US (T100 e T50) esse acontecimento não ficou bem distinto, decorrente do comportamento apresentado pelo controle, aonde se caracterizou por apresentar oxidação lipídica mais avançada (Tabela 8).

Ao longo do período de estocagem em todos os tratamentos os valores de oxidação lipídica aumentaram ($P\leq 0,001$), sendo esse aumento mais acentuado no controle (Tabela 8). Em todos os tratamentos inclusive no controle foram adicionados aditivos (eritorbato sódico e nitrito de sódio) nas formulações das mortadelas, que foram armazenadas a baixa temperatura e ao abrigo da luz. Fatores que inibem a oxidação durante o armazenamento (TRINDADE; CONTRERAS; FELÍCIO, 2005; IAMARINO et al., 2015).

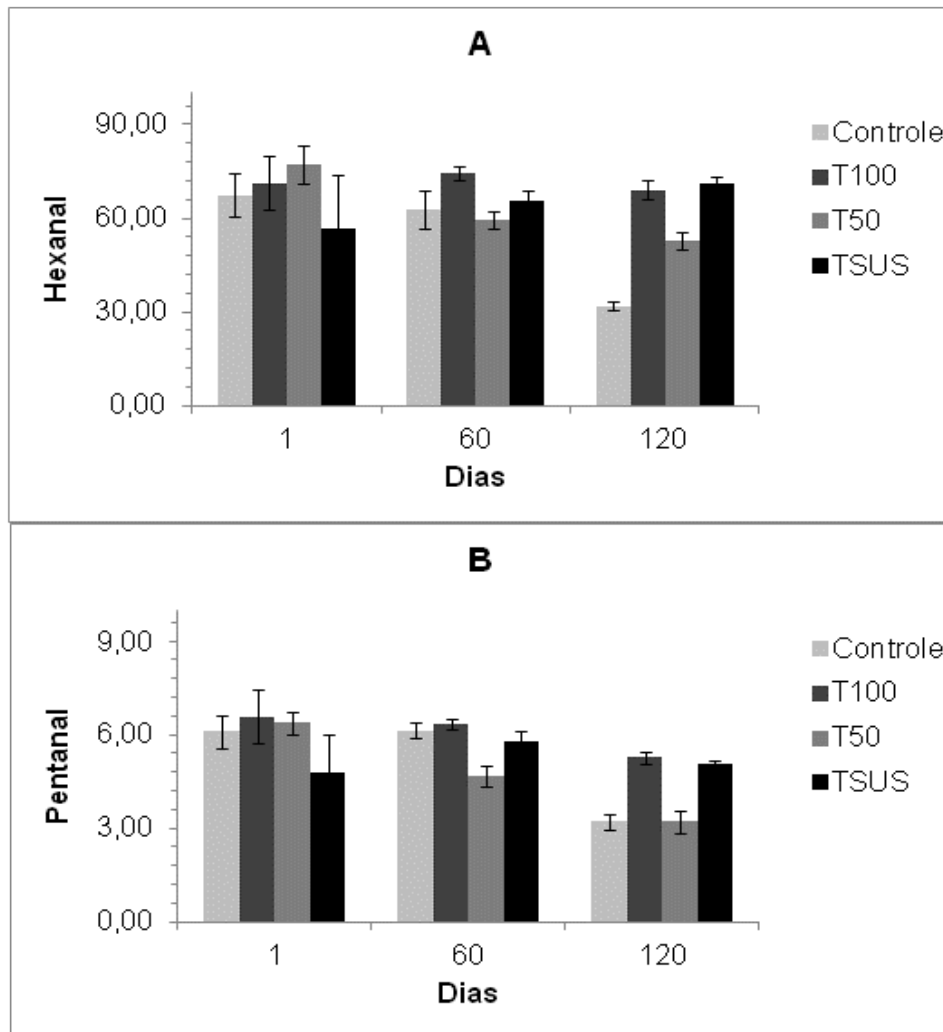
4.6 COMPOSTOS VOLÁTEIS

O hexanal e pentanal (Figura 13 A e B e Apêndice F) têm sido associados com o desenvolvimento de sabores indesejáveis provenientes do estresse oxidativo. Permitem a obtenção de dados relativos à identificação, origem e quantificação dos compostos responsáveis por *off flavors* e seus precursores (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998). As áreas encontradas para hexanal no dia 1 não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$) os valores foram de 67,47, 71,25, 77,29 e 56,85 para controle, T100, T50 e TSUS, respectivamente. No mesmo período o pentanal também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$), e os valores das áreas foram de 6,10, 6,57, 6,38 e 4,81 para controle, T100, T50 e TSUS, respectivamente. Aos 60 e 120 dias o tratamento T100 e TSUS apresentaram as maiores áreas ($P\leq 0,001$) de hexanal (74,57, 68,96 e 65,73, 71,37) e pentanal (6,34, 5,27 e 5,80, 5,06). Amostras de leite homogeneizado por US (24 kHz, 400 W) apresentaram aumento do volume total de voláteis durante o tempo de sonificação, com a presença de pentanal e hexanal (RIENER et al., 2009; PINGRET; FABIANO-TIXIER; CHEMAT, 2013). Tiwari et al. (2008) relatam que os compostos voláteis são degradados primeiro quando submetidos ao US.

As menores áreas desses compostos voláteis foram apresentadas no tratamento T50 ($P \leq 0,001$), com comportamento semelhante ao observado para os outros marcadores de oxidação lipídica (Tabela 8). Os valores de hexanal e pentanal para o T50 foram de 59,41 e 52,74, para o primeiro e valores de 4,66 e 3,20 para o segundo. Chouliara et al. (2010) relatam que compostos de oxidação foram observados após tratamento US (24 kHz, 200 W) em leite, mas a avaliação sensorial foi incapaz de identificar os voláteis. O mesmo foi observado no teste CATA (Figura 16 e 17) onde apenas o tratamento TSUS (sem ultrassom) foi evidenciado os atributos “aroma ranço” e “sabor ranço”.

A oxidação lipídica leva ao desenvolvimento de *warmed-over flavour* (WOF) é uma deterioração que ocorre em carnes cozidas. O hexanal tende a aumentar durante o armazenamento, mesmo com o alimento sob-refrigeração. O método utilizado em sua determinação, SPME apresenta boa reprodutibilidade e sensibilidade, com correlação do hexanal e pentanal (BRUNTON et al., 2000). Essa boa correlação é observada nos dados desses compostos (Figura 13), no entanto, ao longo do período de armazenamento tanto o hexanal como o pentanal apresentaram decréscimo das áreas médias ($P \leq 0,001$) para o tratamento T50 e controle. O que sugere uma menor formação do hexanal e pentanal. Mas em relação a esses compostos o US empregado nos tratamentos T100 e T50, não acelerou o processo de oxidação, pois o comportamento foi semelhante ao controle (Figura 13).

Figura 13 – Valores de hexanal (A) e pentanal (B) (áreas médias $\times 10^6$), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.



Valores com médias e desvio-padrão.

Nota: Os valores correspondem às médias das intensidades das áreas ($n=3$).

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

Do dia 1 aos 120, não houve diferença significativa no tratamento TSUS ($P>0,05$) para hexanal e pentanal (Figura 13) e no mesmo período para o tratamento T100 referente ao hexanal. Os produtos secundários (hexanal e pentanal) dão origem a sabores caracterizados como "verde", "metálico", "pescado", "amargo", "gramado", "sebo" e "ranço" que são usados para identificar a degradação de lipídios em produtos alimentares (PINGRET; FABIANO-TIXIER; CHEMAT, 2013). Nos tratamentos com US (t50 e T100) esses marcadores não foram detectados pelos

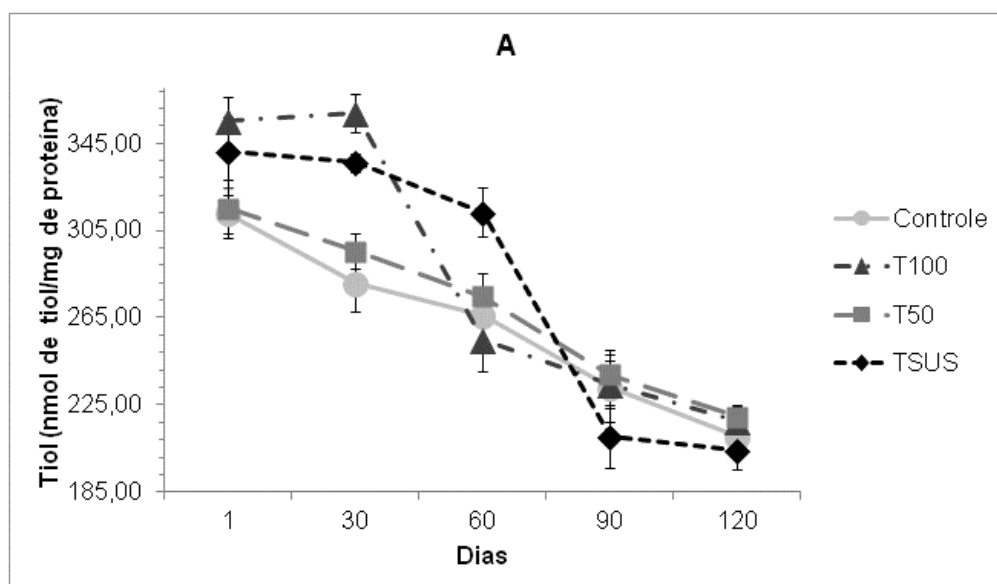
avaliadores e conseqüentemente não foram mencionados no teste CATA para esses tratamentos (Figura 16 e 17).

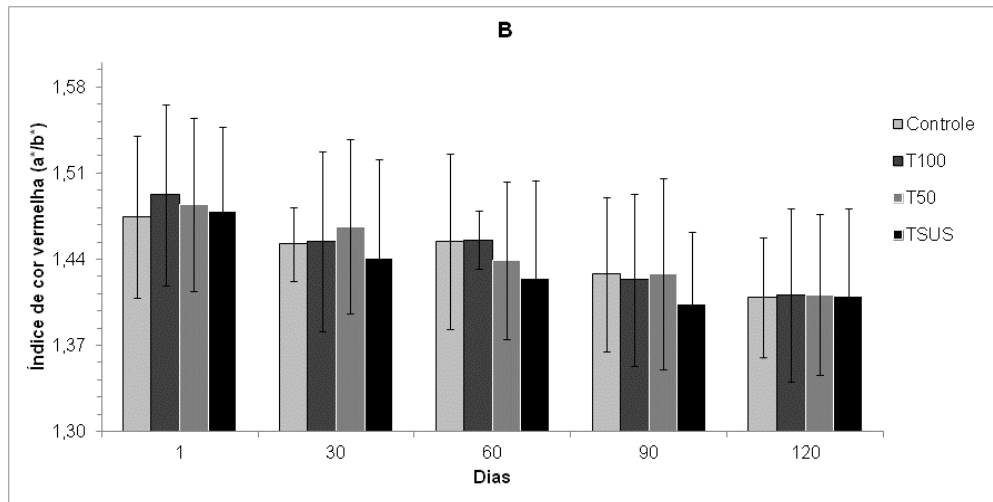
4.7 OXIDAÇÃO PROTEICA E ÍNDICE DE COR VERMELHA

A oxidação das proteínas tem papel importante nos produtos cárneos, uma vez, que esta envolvida na modificação das cadeias laterais dos aminoácidos, e que incluem o tiol e a formação de ligações cruzadas entre as proteínas através do enxofre (RONSEI et al., 2006). Ocasionalmente diminuindo a solubilidade da proteína, alteração do seu valor nutricional, modificações na habilidade de formação de gel e na capacidade de retenção de água e maciez (ZHANG; XIAO; AHAN, 2013).

Com exceção dos 60 dias de armazenamento, no tratamento T100 os valores de tiol foram maiores, não diferindo do controle ($P \leq 0,001$) somente aos 90 dias de armazenamento (Figura 14A e Apêndice G). Entre os valores de tiol (Figura 14A) o tratamento controle apresentou-se mais oxidado ($P \leq 0,001$) que os outros tratamentos nos dias 1, 30 e 60, com 312,72, 280,67 e 266,20 nmol de tiol/mg de proteína, respectivamente. E aos 90 e 120 dias o TSUS apresentou-se mais oxidado ($P \leq 0,001$) que os outros tratamentos com valores de 210,66 e 203,99 nmol de tiol/mg de proteína, respectivamente.

Figura 14 – Valores para índice de cor vermelha (A) e tiol (B), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.





Nota: Valores com médias e desvio-padrão.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

A conformação das proteínas do sistema determina o número e o tipo de resíduos que são expostos ao meio e que mais tarde se tornam envolvidos em interações moleculares. Alinhamentos estruturais específicos envolvendo ligações dissulfeto (tiol), estão relacionados à funcionalidade proteica atributos como emulsificação, gelificação e ligação da água (HAYAKAWA; NAKAI, 1985; GORDON; BARTUT, 1995). Ao longo do período de armazenamento ocorreu redução significativa ($P \leq 0,001$) do grupamento tiol (Figura 14A) do 1º ao 120º dia em todos os tratamentos, passando de 312,72 para 210,40 nmol de tiol/mg de proteína no controle, de 355,10 para 217,60 nmol de tiol/mg de proteína no T100, de 315,03 para 219,52 nmol de tiol/mg de proteína no T50 e de 341,07 para 203,99 nmol de tiol/mg de proteína no TSUS. Essa diminuição nos valores de tiol indica que ocorreu oxidação proteica (ELLMAN 1959; LOWRY et al. 1951) durante o período de armazenamento.

A cisteína e a metionina são os aminoácidos considerados mais suscetíveis a alterações oxidativas devido à suscetibilidade de seus grupos de enxofre a ataques de radicais. As alterações induzidas por US de alta intensidade dependem da natureza da proteína e do seu grau de desnaturação e agregação (ARZENI et al., 2012). O US de alta intensidade pode induzir modificações em funcionalidades de proteínas alimentares, tais como gelificação, viscosidade e solubilidade e acredita-se que essas mudanças estejam intimamente relacionadas com as modificações

moleculares, principalmente o aumento da cadeia hidrofóbica e a variação do tamanho das partículas (ALARCON-ROJO et al., 2015).

A oxidação do pigmento mioglobina vem de encontro com a oxidação proteica. A mioglobina após ação do calor e do nitrito, forma o pigmento nitrosohemocromo, de coloração rosa e estável ao calor. Contudo, é um pigmento instável a luz e oxidações, podendo se transformar em metamioglobina desnaturada, alterando a coloração do produto cárneo para marrom (WOODS; WOOD; GIBBS, 2007). Os valores do índice de cor vermelha (Figura 14B) mostram que no tratamento TSUS ocorreu maior oxidação do pigmento aos 30 ($P \leq 0,01$), 60 e 90 ($P \leq 0,05$) dias (a^*b^* igual a 1,44, 1,42 e 1,40, respectivamente), e os tratamentos com US não apresentaram valor de oxidação significativa ($P > 0,05$) em relação ao controle (Figura 14A e Apêndice G). Jayasoorya et al. (2007) relatam que o US (24kHz e 12 W) não teve efeito significativo em nenhum dos parâmetros de cor, como efeito principal ou interação em músculo bovino.

Ao longo do período de armazenamento observa-se a redução significativa ($P \leq 0,001$) da cor vermelha (pigmento nitrosohemocromo) em todos os tratamentos (Figura 14B). Assim como a oxidação proteica (Figura 14A) avançou com tempo de estocagem a oxidação do pigmento também foi evidenciada.

4.8 COR INSTRUMENTAL

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* foi possível mensurar *whiteness* (Tabela 9 e Apêndice H) para obter o quanto a amostra apresentou a cor pálida (PARK, 1994). Os dados indicam que no 1º dia de armazenamento o tratamento T100 (Tabela 9) foi significativamente menos pálido ($P \leq 0,05$) que o TSUS, provavelmente devido o menor tempo de cocção (Tabela 4). A partir dos 30 dias os tratamentos não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre eles no atributo *whiteness*.

Tabela 9 – Valores de *whiteness* e diferença global de cor, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
<i>Whiteness</i>	1	55,20 ^{abB}	54,87 ^{bB}	55,17 ^{abA}	55,65 ^{aA}	0,27	*
	30	55,11 ^{aB}	55,43 ^{aAB}	55,19 ^{aA}	55,41 ^{aA}	0,25	n.s.
	60	55,19 ^{aB}	55,69 ^{aAB}	55,25 ^{aA}	55,25 ^{aA}	0,29	n.s.
	90	55,26 ^{aB}	56,02 ^{aA}	55,57 ^{aA}	55,55 ^{aA}	0,31	n.s.
	120	56,02 ^{aA}	56,04 ^{aA}	55,82 ^{aA}	55,38 ^{aA}	0,30	n.s.
	EPM	0,23	0,34	0,31	0,23		
	Sig	**	*	n.s.	n.s.		
ΔE	1	–	1,53 ^{aA}	1,23 ^{bB}	1,41 ^{abAB}	0,11	*
	30	–	1,49 ^{aA}	1,20 ^{aB}	1,44 ^{aAB}	0,12	n.s.
	60	–	1,54 ^{aA}	1,49 ^{abAB}	1,26 ^{bB}	0,09	*
	90	–	1,33 ^{aA}	1,44 ^{aAB}	1,25 ^{aB}	0,09	n.s.
	120	–	1,58 ^{aA}	1,53 ^{aA}	1,63 ^{aA}	0,10	n.s.
	EPM	–	0,12	0,08	0,10		
	Sig	–	n.s.	**	**		

^{A-C} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Nota: O ΔE expressa a diferença global entre o tratamento controle e cada tratamento (T100, T50 e TSUS). *Whiteness* expressa o quanto a amostra é pálida.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig.: significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

Ao longo do período de armazenamento (Tabela 9) observou-se maior variação de coloração nos tratamentos T100 ($P \leq 0,05$) e controle ($P \leq 0,01$). Indicando uma amostra mais pálida a partir dos 90 dias no tratamento com US (T100) e aos 120 dias no controle. O desenvolvimento de bactérias lácticas (Tabela 5) está relacionado a alterações descoloração dos produtos cárneos (BORCH et al., 1996; ALCÂNTARA et al., 2012).

Em relação à diferença global de cor, ΔE (Tabela 9) o tratamento T100 apresentou diferença ($P \leq 0,05$) de cor de percepção clara em relação ao controle. E os tratamentos T50 e TSUS diferença de cor pouco perceptível em comparação ao controle até os 90 dias, e percepção clara aos 120 dias de armazenamento. Stadnik e Dolatowski (2011), relatam maior alteração de cor global na carne em função do tempo de armazenamento (72h) e o tratamento com US (45 kHz e 2 W) na estabilidade da cor da carne.

4.9 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA

A avaliação da textura através de equipamento permite identificar separadamente quais atributos estão sendo afetados no alimento e suas alterações ao longo do tempo (RAMOS; GOMIDES, 2009). A dureza (Figura 14A e Apêndice I) da emulsão foi influenciada pelo tempo de cocção (Tabela 4), uma vez que os valores do tratamento TSUS (88,38 e 119,74 Kgf) foram menores em todos os dias analisados, não diferindo ($P > 0,05$) dos demais tratamentos, apenas aos 60 dias de armazenamento. Durante o cozimento ocorre o desdobramento parcial da estrutura proteica que é acelerado pelo aumento da temperatura ($>65-70^{\circ}\text{C}$), resultando na agregação de regiões desdobradas entre as moléculas proteicas para formar uma rede tridimensional. Essa rede promove a formação de um gel ordenado, forte, elástico e que evita a coalescência dos glóbulos de gordura (VISESSANGUAN et al., 2000; TORNBERG, 2005).

O tratamento T100 (Figura 14A) mesmo com o tempo de cozimento semelhante ao TSUS, o efeito do US nas estruturas das proteínas, proporcionou aumento nos valores de dureza (117,80 a 132,03 Kgf), os quais não se diferenciaram dos valores do controle (112,44 a 130,54 Kgf), exceto aos 30 dias aonde o valor de dureza do T100 (124,30 Kgf) foi significativamente maior ($P \leq 0,001$) do que o controle (117,00 Kgf). Emulsão elaborada com carne de frango submetida ao US (40 kHz, 300 W), apresentou maior quantidade de água, que foi visualizada através da microscopia eletrônica, demonstrando a formação de uma microestrutura compacta e fina dos filamentos de proteínas (LI et al., 2015). Os dados sugerem que a cavitação promoveu melhor desdobramento e formação dessa rede proteica quando comparados ao mesmo tempo sem US (TSUS) e ao controle (Figura 14A).

Durante o período de armazenamento em todos os tratamentos os valores de dureza se modificaram (Figura 14A). No controle e no tratamento T100 a dureza aumentou ($P \leq 0,001$) aos 60 dias e depois se manteve sem alterações. Nos tratamentos T50 e TSUS o aumento ($P \leq 0,001$) ocorreu a partir do 30º dia e depois se manteve sem alterações.

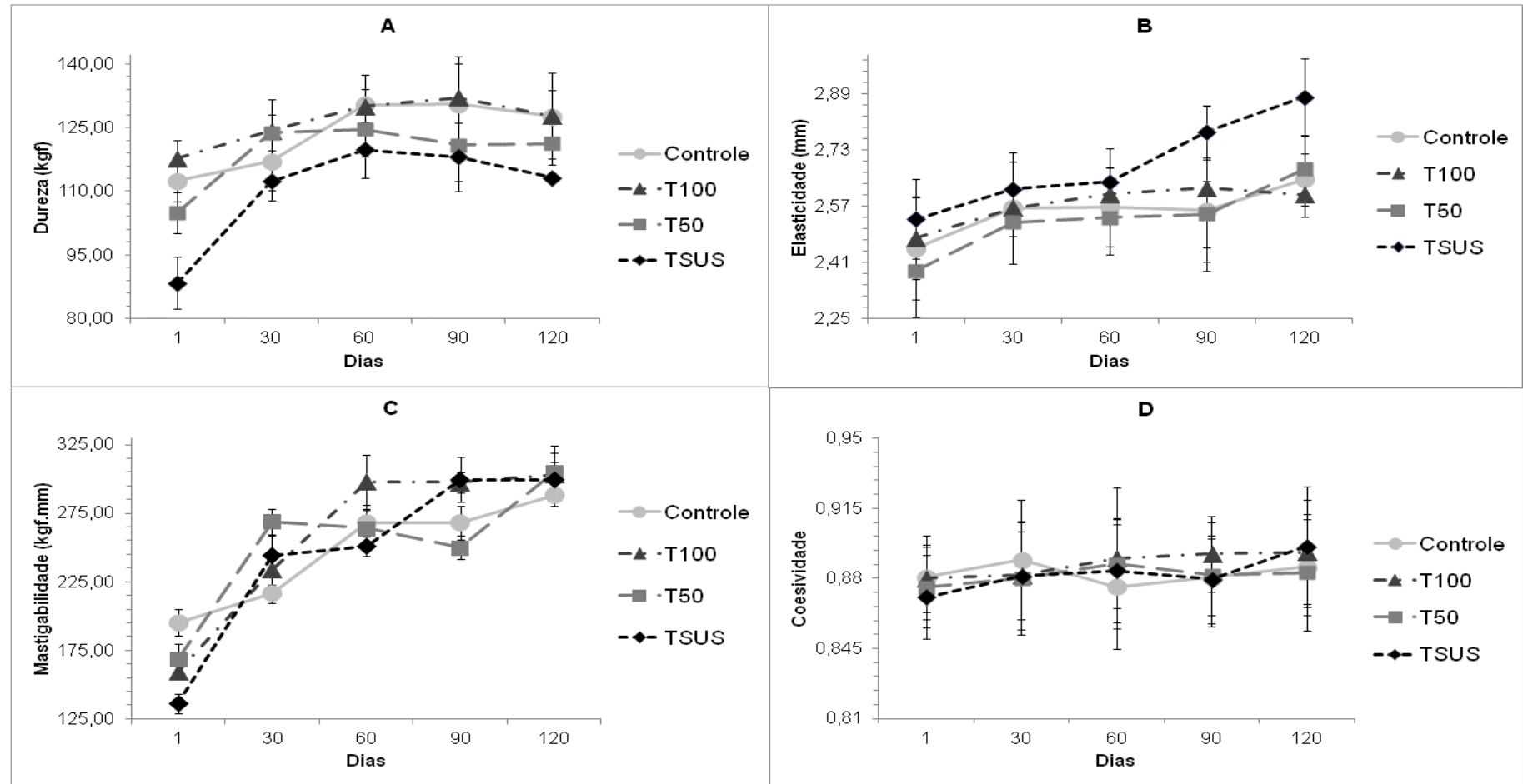
Os dados de elasticidade (Figura 14B e Apêndice I) mostraram menor flexibilidade ($P \leq 0,01$) nas mortadelas do tratamento T50 em relação ao TSUS aos 30 dias de armazenamento, com 2,53 e 2,62 mm, respectivamente. E aos 120 dias de armazenamento os tratamentos T100 e T50 mostraram-se menos flexíveis ($P \leq 0,001$)

quando comparados com o TSUS, com valores de 2,60, 2,68 e 2,88 mm, respectivamente. O tratamento T100 (Figura 14B) não apresentou variação da elasticidade ($P > 0,05$) ao longo dos 120 dias. E o T50 mostrou maior elasticidade ($P \leq 0,001$) ao longo do mesmo período. Emulsões submetidas a ultrassom (20 kHz, 450 W) formaram um gel mais visco-elástico do que amostras do controle, com microestruturas finas e redes homogêneas (ZHAO et al., 2014).

A mastigabilidade (Figura 14C e Apêndice I) mostrou diferença significativa entre os tratamentos ($P \leq 0,001$) até os 90 dias de armazenamento, aonde o tratamento T100 apresenta maiores valores de mastigabilidade, 297,83 e 297,48 Kgf.mm que o tratamento controle 267,88 e 267,91 Kgf.mm nos dias 60 e 90, respectivamente. Aos 120 dias de armazenamento (Figura 14C) todos os tratamentos apresentaram maior força para mastigar ($P \leq 0,001$) comparados ao 1º dia. Com valores de 195,32, 159,33, 168,12 e 136,18 Kgf.mm no dia 1º para os tratamentos controle, T100, T50 e TSUS, respectivamente. Com a 288,30 Kgf.mm (controle), 302,84 Kgf.mm (T100), 304,94 Kgf.mm (T50) e 299,14 Kgf.mm (TSUS) aos 120 dias.

Os dados de coesividade (Figura 14D e Apêndice I) não mostraram diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos e também ao longo do período de armazenamento. Os valores de coesividade variaram de 0,88 a 0,89 para os tratamentos controle, T100 e T50 e de 0,87 a 0,90 para o TSUS.

Figura 15 – Valores da análise instrumental de textura (TPA), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.



Nota: Valores com médias e desvio-padrão. Kgf é quilograma-força; Kgf.mm é quilograma-força milímetro; mm é milímetro.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

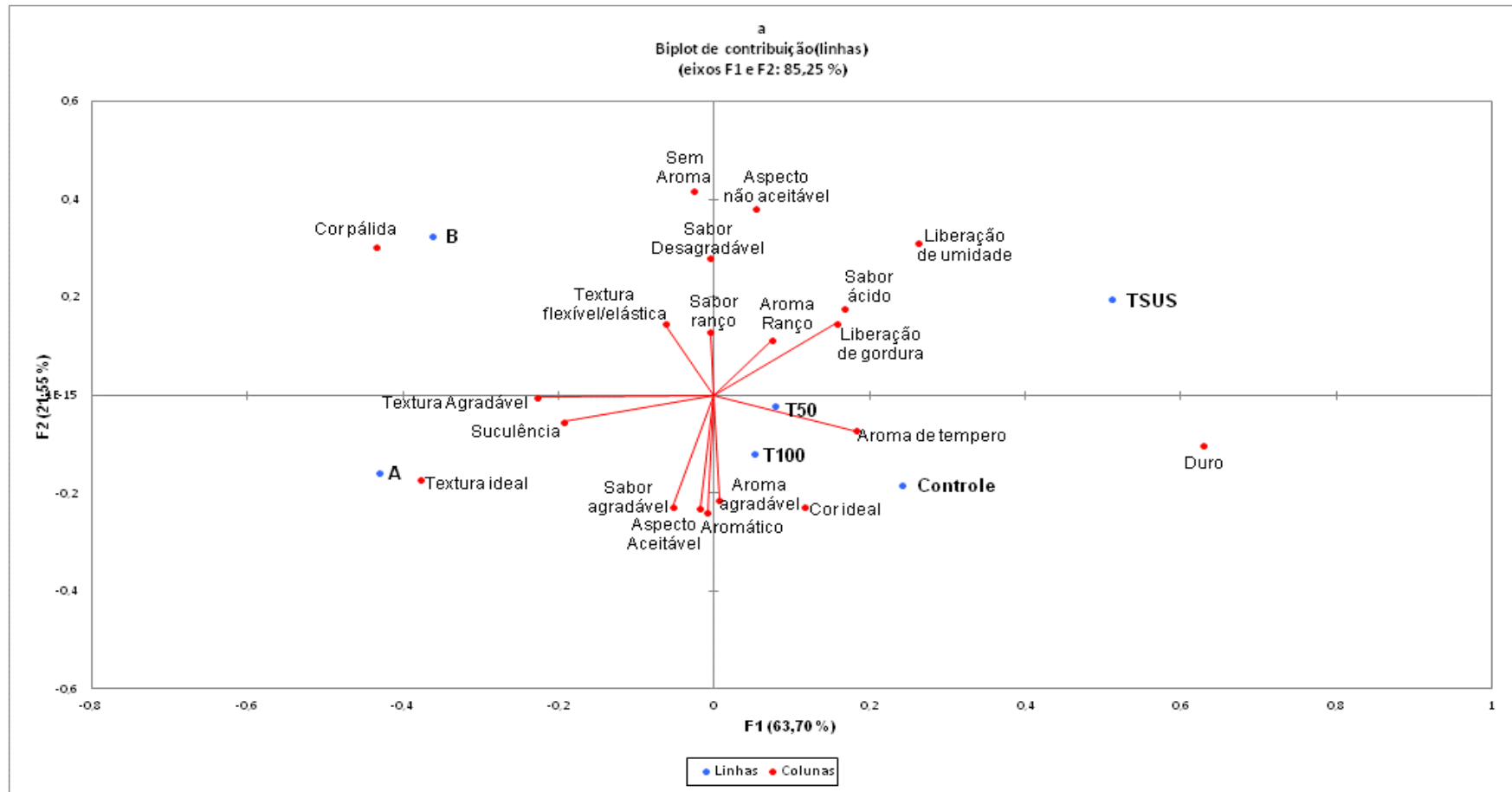
4.10 ANÁLISE SENSORIAL

O teste do Qui-quadrado permite identificar quais atributos (positivos e negativos) foram mais ou menos citados para cada uma das amostras. Fato que contribui com a indústria de produtos a base de carne, uma vez que este tipo de metodologia se torna uma alternativa rápida, com menor custo e sem necessidade de equipe treinada (FARIA et al., 2015).

A análise de correspondência (CATA) dispõe a visualização dos atributos gerados a cada amostra pelos consumidores. No questionário CATA (Figura 16) do 1º dia de armazenamento, foi explicado 85,25% da variação total dos dados, sendo 63,70% e 21,55% na primeira e na segunda dimensão, respectivamente (Figuras 16). O mapa sensorial das mortadelas é formado por quatro grupos distintos. Sendo o segundo grupo formado pelas amostras elaboradas (Controle, T100 e T50) caracterizadas pelos provadores como “aroma agradável”, “aroma de tempero”, “cor ideal” e “duro”.

Os atributos mencionados mostram apreciação dos provadores pelas mortadelas tratadas com US. A dureza pode ser relacionada a não utilização do CMS que caracteriza mortadelas industrializadas. O terceiro grupo formado pelo TSUS foi designado pelos provadores como “aroma ranço”, “aspecto não aceitável”, “liberação de gordura”, “liberação de umidade” e “sabor ácido”. Mostrando desaprovação das mortadelas do tratamento TSUS pelos provadores. Evidenciando a importância do tempo de cozimento e do US no processo, pois nas mortadelas pertencentes ao controle (longo tempo de cozimento) e nas mortadelas pertencentes ao T100 e T50 (curto tempo de cozimento) essas características negativas não foram relatadas. A oxidação lipídica em produtos cárneos leva a muitos efeitos adversos às suas características de qualidade, tais como sabor, aroma, cor e textura (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996; SHIMOKOMAKI et al., 2006). O que reflete nas avaliações sensoriais do alimento, o tratamento TSUS apresentou os maiores valores de peróxidos durante todo o período de armazenamento (Tabela 8).

Figura 16 – Representação das amostras de mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, com 1 dia de armazenamento e dos termos analisados no teste CATA.



Nota: A e B representam amostras de duas marcas de mortadela industrializada adquiridas em mercado local.

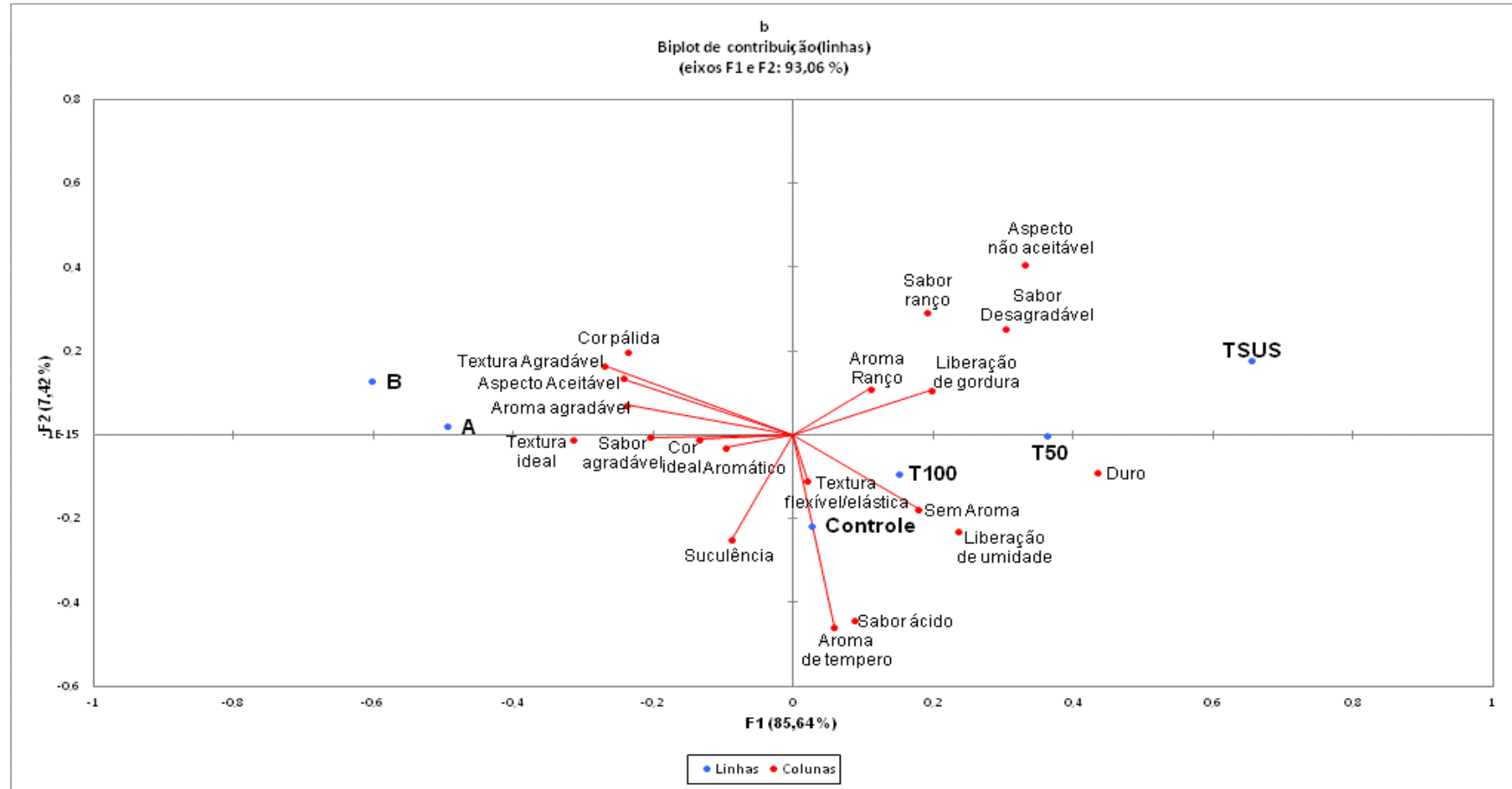
Os pontos azuis representam cada amostra e os pontos vermelhos representam os atributos.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

Aos 50 dias de armazenamento, o questionário CATA (Figura 17), explicou 93,06% da variação total dos dados, sendo 85,64% e 7,42% na primeira e na segunda dimensão, respectivamente (Figuras 17). O mapa sensorial das mortadelas é formado por três grupos distintos. O primeiro grupo formado pelas amostras industrializadas (A e B), o segundo grupo permaneceu formado pelas amostras elaboradas (Controle, T100 e T50) caracterizadas pelos provadores como “aroma de tempero”, “duro”, “liberação de umidade”, “sabor ácido”, “sem aroma” e “textura flexível/elástica”. O terceiro grupo também permaneceu formado pelo tratamento TSUS.

Esse foi caracterizado pelos provadores como “aroma ranço”, “aspecto não aceitável”, “liberação de gordura”, “sabor desagradável” e “sabor ranço”. Mostrando que esse tratamento foi depreciado pelos provadores. Esses atributos do tratamento TSUS confirmam os resultados encontrados para oxidação lipídica (Tabela 8) e perfil de textura (Figura 15). Olivio (2006) relaciona a produção de odores desagradáveis, rancificação, mudanças de textura e descoloração com parâmetros físico-químicos e microbiológicos que são influenciados pelas condições das matérias-primas, seus ingredientes e aditivos, as condições de armazenamento, tempo de processamento e tecnologia aplicada na elaboração do alimento.

Figura 17 – Representação das amostras de mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, com 50 dias de armazenamento e dos termos analisados no teste CATA.



Nota: A e B representam amostras de duas marcas de mortadela industrializada adquiridas em mercado local.

Os pontos azuis representam cada amostra e os pontos vermelhos representam os atributos.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

A aceitação das mortadelas (Tabela 10) no dia 1 de armazenamento mostrou que não houve diferenças entre os tratamentos ($P>0,05$) para os atributos “cor” e “aroma” com escore que variou entre o “nem gostei/nem desgostei” e “gostei moderadamente”. Para os atributos “sabor”, “textura” e “aceitação global” houve diferença significativa ($P\leq 0,05$) entre os tratamentos com maiores escores para os tratamentos com US (T100 e T50). Essa maior aceitação vai de encontro com os atributos mencionados no CATA “aroma agradável”, “aroma de tempero”, “cor ideal” (Figura 16).

A aplicação de US por vezes é relacionada às melhorias nas propriedades funcionais de alimentos, baixos requisitos de energia e tempos de processamento reduzidos (HIGUERA-BARRAZA et al., 2016). Aos 50 dias de armazenamento a aceitação das mortadelas (Tabela 10) apresentou diferenças significativas ($P\leq 0,001$) para os atributos “cor”, “textura” e “aceitação global” e ($P\leq 0,01$) para os atributos “aroma”, e “sabor”, com maiores escores para os tratamentos controle e T100, ficando na faixa de “nem gostei/nem desgostei”.

Tabela 10 – Valores do teste de aceitação, em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, durante o período de armazenamento a 5 ± 1 °C.

Tributo avaliado	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	SEM	Sig.
Cor	1	5,21 ^a	5,22 ^a	5,26 ^a	4,93 ^a	0,19	n.s.
	50	4,53 ^a	4,43 ^a	4,21 ^{ab}	3,73 ^b	0,21	***
Aroma	1	5,08 ^a	4,96 ^a	5,07 ^a	4,70 ^a	0,20	n.s.
	50	4,32 ^a	4,24 ^a	4,05 ^{ab}	3,67 ^b	0,19	**
Sabor	1	5,14 ^a	5,15 ^a	5,14 ^a	4,55 ^b	0,22	*
	50	4,41 ^a	4,38 ^a	3,98 ^{ab}	3,67 ^b	0,22	**
Textura	1	4,34 ^{ab}	4,70 ^a	4,75 ^a	4,07 ^b	0,22	*
	50	4,06 ^a	3,89 ^{ab}	3,48 ^{bc}	3,16 ^c	0,21	***
Aceitação global	1	4,85 ^{ab}	4,94 ^{ab}	4,97 ^a	4,43 ^b	0,20	*
	50	4,36 ^a	4,15 ^a	3,86 ^{ab}	3,45 ^b	0,20	***

^{A-D} As letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Nota: Aonde 7 é gostei muitíssimo; 6 é gostei muito; 5 é gostei moderadamente; 4 é nem gostei/nem desgostei; 3 é desgostei moderadamente; 2 é desgostei muito; 1 é desgostei muitíssimo.

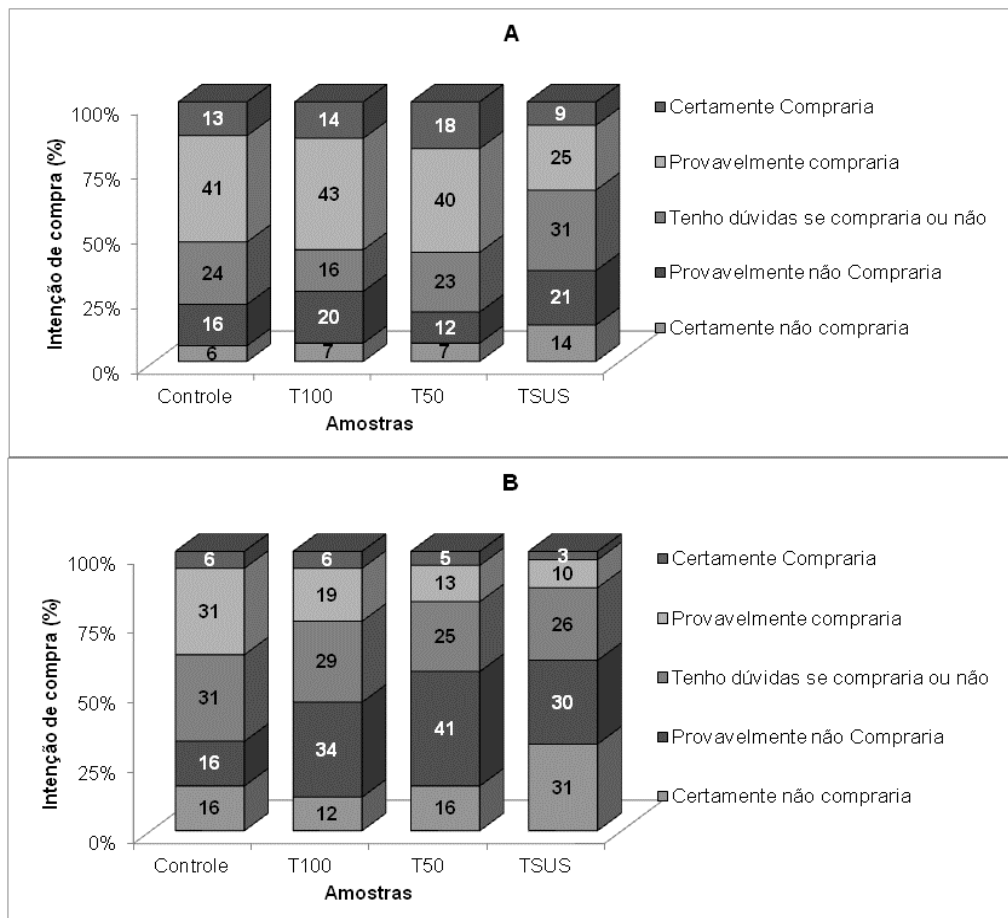
Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. : significância: *** ($P\leq 0,001$), ** ($P\leq 0,01$), * ($P\leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P>0,05$).

Assim como no CATA (Figura 16) a intenção de compra dos provadores (Figura 18) no dia 1, mostrou um grupo formado pelos tratamentos controle, T100 e T50 que “provavelmente comprariam” as mortadelas, correspondendo a 41 %, 43 % e 40 %, respectivamente.

Figura 18 – Valores de intenção de compra (%), em mortadelas Italianas que foram submetidas a diferentes cozimentos, nos dias 1 (A) e 50 (B) de armazenamento a 5 ± 1 °C.



Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

Aos 50 dias de armazenamento a intenção de compra (Figura 18) pode ser correlacionada com os dados da aceitabilidade (Tabela 10), em que os tratamentos controle e T100 obtiveram maiores porcentagens para o quesito “provavelmente compraria” com 31 % e 19 %, respectivamente. De acordo com os parâmetros mencionados no CATA (Figuras 16 e 17), as reações de oxidação lipídica, degradação de sabor, aroma e textura, são alterações que influenciam diretamente

na decisão de compra do alimento pelo consumidor (SINGH; ANDERSON, 2004; ADITIVOS E INGREDIENTES, 2015).

5 CONCLUSÃO

O cozimento em menor tempo com US de alta intensidade (T100) mostrou ser eficiente frente às bactérias presentes no produto, e não induziu a oxidação lipídica e proteica, assim como modificações na cor do produto. Promoveu durante o armazenamento maior formação de hexanal e modificações na textura do produto.

Em relação aos elementos sensoriais da mortadela, logo após serem elaboradas obtiveram boa aceitação pelos avaliadores, mas após 50 dias de armazenamento os provadores apontaram modificações em relação ao sabor do produto e isso interferiu em sua aceitação.

Esse trabalho demonstrou que é possível empregar US para a fim de ter economia de tempo e energia no cozimento de produtos cárneos emulsionados. Mas novos trabalhos devem ser realizados, para avaliar o efeito do US de alta intensidade na textura e nos aditivos relacionados ao desenvolvimento de aroma, com o tempo de armazenamento do produto.

REFERÊNCIAS

- ADITIVOS E INGREDIENTES. Fatores que Influenciam o Shelf Life nos Alimentos. **Aditivos e Ingredientes**, São Paulo, v. 115, p.21-27, 2015. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/744.pdf>. Acesso em: 26 out. 2017.
- ALARCON-ROJO A.D. et al. Power ultrasound in meat processing Review. **Meat Science** 107 p. 86–93, 2015.
- ALCÂNTARA, M. MORAIS, I. C. L.; SOUZA, C. M. O. C. C. Principais Micro-organismos envolvidos na deterioração das características sensoriais de derivados cárneos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 6, n. 1, p. 1-20, jan-jun, 2012.
- AL-KAHTANI, H. A.; ABU-TARBOUSH, H. M.; BAJABER, A. S.; ATIA, M.; ABOU-ARAB, A. A.; EL-MOJADDIDI, M. A. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of food science**. 61(4) 729-733, 1996.
- ALLAIS, I. **Emulsification**. In: Handbook of meat processing. Editor Fidel Toldrá. Editora Wiley-Blackwell, 2010. 566 p.
- ALVES, L. A. A. S. 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.
- ALVES, L. L. et al. O US no amaciamento de carnes. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria. V. 43, n. 8, p. 1 – 5, jun. 2013.
- AOAC, Official Methods of Analysis of the **Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. AOAC: Washington DC. 1995.
- APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. APHA: Washington DC, 2001.
- ARES, G.; JAEGER, S.R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**. v. 28, n 1, p 141– 153, 2013.
- ARES, G.; JAEGER, S.R. Examination of sensory product characterization bias when check-allthat-apply (CATA) questions are used concurrently with hedonic assessments. **Food Quality and Preference**, v. 40, p 199–208, 2015.
- ARZENI, C., MARTÍNEZ, K., ZEMA, P., ARIAS, A., PÉREZ, O.E., & PILOSOF, A.M.R. (2012). Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. **Journal of Food Engineering**, 108, 463–472.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 8 p. 1993.

AWAD, T. S.; MOHARRAM, H. A.; SHALTOUT, O. E.; ASKER, D.; YOUSSEF, M. M. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. **Journal Food Research International**. (48) 410-427, 2012.

BARTON-GADE, P. A.; CROSS, H. R.; JONES, J. M.; WINGER, R. J. In H. R. CROSS; A. J. OVERBY, Meat Science, Milk Science and Technology p.141-171, Amsterdam: **Elsevier Science Publishers B.V.** 1988.

BERGARA-ALMEIDA, S.; SILVA, A. P. Hedonic scale with reference: performance in obtaining predictive models. **Food Quality and Preference**, v.13, n 1, p.57-64, 2002.

BERSET, C.; CUVELIER, M.E.; **Sciences des Aliments**, v 16, p. 219, 1996.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal os Biochemistry and Phisiology**. Vol. 37, n. 8, p 911-917, 1959.

BORCH, E.; KANT-MUERMANS, M-L.; BLITXT, Y. (1996). Bacterial deterioration of meat and meat products. In: **International Journal of Food Microbiology**, v.33, 103-120 p.

BORGES, S. S.; KORN, M. Geração sonoquímica de oxidantes em solução aquosa saturada de tetracloreto de carbono. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 558-562, 2002.

BRASIL. Ministério da saúde - MS. Plenário do Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº466, de 12 de dezembro de 2012**. Aprovar as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa nº62, de 26 de agosto de 2003**. Oficializa os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Brasília, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Diretoria colegiada ANVISA. **Resolução – RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprovar o Regulamento sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa nº4, de 31 de março de 2000**. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde – MS. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria nº1004, de 11 de dezembro de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico: Atribuições de função de aditivos, Aditivos e seus limites máximos de uso para carnes e produtos cárneos. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Métodos de análise microbiológica para alimentos 2ª revisão**. Brasília, 1992.

BRUNA, J. M.; ORDÓÑEZ, J. A.; FERNÁNDEZ, M.; HERRANZ, B. LA HOZ, L. Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. **Meat Science**. V 59, p 87 -96, 2001.

CASTERA-ROSSIGNOL, A.; BOSQUE, F. Nouvelle approche des antioxydants. *Oil Engineux* **Corps gras Lipides** (OCL) 1994 1(2): 131-143.

CAYRÉ, M. E., VIGNOLO, G., GARRO, O., Modeling lactic acid bacteria growth in vacuum-packaged cooked meat emulsion stored at three temperatures. **Food Microbiology**, v. 20, p.561-566, 2003.

CHEMAT, F., GRONDIN, I., COSTES, P., MOUTOUSSAMY, L., SING, A., & SMADJA, J. (2004). High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil. **Ultrasonics Sonochemistry**. 11(5), 281-285.

CHEMAT, F.; HUMA, Z. E.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, p. 813-835, 2011.

CHEN, H.-H.; CHIU, E.-M.; HUANG, J.-R. (1997) Color and gel-forming properties of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) as related to washing conditions. **Journal of Food Science**. 62(5). 985-991.

CHOE, E; MIN, D. B. (2006) Mechanisms and factors for edible oil oxidation. **Journal of Food Science**. Vol 5, 169-186.

CICHOSKI et al. Ultrasound-assisted post-packaging pasteurization of sausages. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 30, 132–137, 2015.

DE MARTINIS, E. C. P.; ALVES, V. F.; FRANCO, B. D. G. M.. Fundamentals and perspectives for the use of bacteriocins produced by lactic acid bacteria in meat products. **Food Reviews International**, nº18, v.2, 3, p.191-208, 2002.

DOOLEY, L.; LEE, Y.S.; MEULLENET, J.F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**. v. 21, n. 4, p. 394–401, 2010.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4ª Ed Curitiba PR, p. 531, 2013.

ELLMAN, G.L. Tissue sulfhydryl groups. *Arch. Biochem. Biophys.* 82, 70-77, 1959.

ELMA. Manual de equipamento, **Nova Analítica Imp e Exp Ltda**. 2017
<https://www.analiticaweb.com.br/literaturas_download.php?an=bdc3cba62f9f3bde55823c94543f2422&Bgrupo=131&Brepr=110&Bcat=00+Banhos+ultrass%F4nicos%3A+Aplica%E7%F5es+e+perguntas+frequentes> Acesso em 29.08.2017.

FARIA, M. O. et al. Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. **Meat Science**. Doi: 10.1016/j.meatsci.2015.02.002, 2015.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas. 2ª ed, Porto Alegre: Artmed, p 602, 2006.

FENG, H.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.; WEISS, J. **Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing**. Oxford: Springer, 2010.

FENG, H.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; WEISS, J. **Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing**. 1. ed. New York: Springer, 2011.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L., DAMODARAN, S. **Química de Alimentos**. 4ª Ed, Editora Artmed, p. 900, 2010.

GIESE, J. Nitrites in Food Preservation. In: RAHMAN, M. S. **Handbook of Food Preservation**. CRC press: 299-312, 2007.

GOMES, A. C. R. **Processamento tecnológico de carnes curadas**. São Paulo: 2007. Originalmente apresentado para obtenção do grau de especialização no curso de pós-graduação "Lato Sensu" em vigilância Sanitária, Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Universidade Castelo Branco, 2007.

GORDON, A.; BARBUT, S.; SCHMIDT, G. Mechanisms of meat batter stabilization: A review. **Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 32(4):299-332, 1992.

GORDON, A.; BARTUT, S. Meat batter proteins-Effect of chemical modification on structure. **Journal Science Food Agriculture**. 68:457-464, 1995.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative Quality and Shelf Life of Meats. **Meat Science**, Vol. 43, No. S, SI 1 I-SI23, 1996.

GRAY, J. I.; PEARSON, A. M. Rancidity and warmed over flavor. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. **Advances in meat research**, Vol.3., *restructured meat and poultry products*. New York: Van No strand Reinhold Co., p. 221-269, 1987.

HAYAKAWA, S.; NAKAI, S. Contribution of hydrophobicity, net charge and sulfhydryl groups to thermal properties of ovalbumin. **Journal Canadian Institute of Food Science Technology**. vol 18, n4: 290-295, 1985.

HIGUERA-BARRAZA, O. A.; DEL TORO-SANCHEZ, C. L.; RUIZ-CRUZ, S.; MÁRQUEZ-RÍOS, E. Review: Effects of high-energy ultrasound on the functional properties of proteins. **Journal Ultrasonics Sonochemistry**. (31) 558-562, 2016.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de micro-organismos em alimentos. **Brasil alimentos**, nº 9 – p 23-30, 2001.

HOLLEY, R. A.; GILL, C. O. Usos da embalagem em atmosfera modificada para carnes e produtos cárneos. Palestra. **III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes**, 27 a 29 de setembro, 2005.

HYLDIG, G.; NIELSEN, D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, v. 32, p.219-242, 2001.

IAMARINO, L. Z.; OLIVEIRA, M. C.; ANTUNES, M. M.; OLIVEIRA, M.; RODRIGUES, R. O.; ZANIN, C. I. C. B.; SCHIMILE, M.; LIMA, A. A. Nitritos e nitratos em produtos cárneos enlatados e/ou embutidos. **Revista Gestão em foco**. (7) 246- 251, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3 ed. São Paulo: IMESP, p. 281, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil IBGE. **Coordenação de Trabalho e rendimento** – Rio de Janeiro, 150p, 2011. Disponível em:<www.ibge.gov.br> acesso em 27 out 2017, 2009.

ISCHIROPOULOS, H; AL-MEHDI, A. B. Peroxynitrite-mediated oxidative protein modifications. **FEBS Letters**. Vol 364, 279 282, 1995.

JAY J. M. **Microbiologia de Alimentos**. Porto Alegre: Editora Artmed, 6 ed p. 711, 2005.

JAYASOORIYA, S.D., BHANDARI, B.R., TORLEY, P., & D'AREY, B.R. (2004). Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: A review. **International Journal of Food Properties**, 7, 301–319.

JAYASOORIYA, S.D., TORLEY, P.J., D'ARCY, B.R., & BHRANDARI, B.R. (2007). Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine semitendinosus and longissimus muscles. **Meat Science**, 75, 628–639.

JORGE, E.C.; GAIONE, A.C.M.; AURIEMA, B.E.; CAZEDEY, H.P.; FONTES, P.R.; RAMOS, A.L.S.; RAMOS, E.M. Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. **Meat Science** v. 100, p. 124–133. 2015.

KENTISH, S.; FENG, H. Applications of power ultrasound in food processing. **Annu. Rev. Food Science Techonology**. 5:263-284, 2014.

LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth: meat is an ecological niche. **Meat Science**, v. 52, p.299-305, 1999.

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 Technology**. 52(5): 2622-2633, 2015.

- LIMA, E. S. & ABDALLA, D. S. P. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. v. 37, p. 293 – 300, 2001.
- LIMA, M.; SASTRY, S. K. (1990). Influence of fluid rheological properties and particle location on ultrasound-assisted heat transfer between liquid and particles. **Journal of Food Science**, 55, 1112–1115, 1119.
- LORENZO, J. M.; MUNEKATA, P. E. S.; PATEIRO, M.; CAMPAGNOL, P. C. B.; DOMÍNGUEZ, R. Healthy Spanish *salchichón* enriched with encapsulated n – 3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. **Journal Food Research Intenational**. 1-7, 2016.
- LOWRY, O. H. et al. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal Biology Chemistry**. Vol. 193, p 265-275, 1951.
- LÜCKE, F. K. Curing. *In*: TOLDRÁ, F. **Handbook of Meat Processing**. Wiley-Blackwell: 125-141, 2010.
- MASON, T. J. et al. New evidence for the inverse dependence of mechanical and chemical effects on the frequency of ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, p. 226-230, 2011.
- MASON, T. J. Large scale sonochemical processing: aspiration and actuality. **Ultrasonics Sonochemistry**, Coventry, v. 7, n. 4, p. 145-149, 2010.
- MASON, T.J.; PANIWNYK, J.P.; LORIMER, J.P. The uses of ultrasound in food technology. **Ultrasonics Sonochemistry**, , 3, S253-S260, 1996.
- MCCLEMENTES, D. J. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. **Trends in Food Science and Technology** 6, p 293 – 299, 1995.
- NASCENTES, C. C. et al. Use of ultrasonic baths for analytical applications: A new approach for optimization conditions. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 12, n. 1, p. 57-63, 2001.
- OLIVO, R. Alterações oxidativas em produtos cárneos. *In*: SHIMOKOMAKI, M. et al. (Ed) **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo. Editora Varela, p. 236, 2006.
- ORDÓNEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artimed, v. 2. p. 279 2005.
- ORSOLIN, D.; STEFFENS, C.; ROSA, C. D.; STEFFENS, J. Redução do tempo no processamento de cozimento de mortadela e avaliação da qualidade final do produto. **Revista Ciência Animal Brasileira**. 16(4): 589-597, 2015.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, Vol. 28 n. 4, p 655-663, 2005.

PARK, J. W. Functional protein additives in surimi gels. **Journal of Food Science**. 59(3):525-527, 1994.

PINGRET D., et al. Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. **Food Control** 31 593-606, 2013.

PIYASENA, P; MOHAREB, E; McKELLAR, R. C. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. **International Journal of Food Microbiology**. 87, 207– 216, 2003.

POHLMAN, F. W., DIKEMAN, M. E., ZAYAS, J. F., & UNRUH, J. A. (1997). Effects of ultrasound and convection cooking to different end point temperatures on cooking characteristics, shear force and sensory properties, composition, and microscopic morphology of beef longissimus and pectoralis muscles. **Journal of Animal Science**, 75, 386–40.

POVEY, J. W.; MASON, T. J. **Ultrasound in Food Processing**. Oxford: Springer, 1998.

POVEY, M.J.W.; McCLEMENTS, D.J. Ultrasonics in food engineering: Introduction and experimental methods. **Journal of Food Engineering**, 8, p. 217-245, 1988.

RAHARJO et al., Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid – C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Jounal Agric. Food Chemical**. V.40 p. 2182 – 2185, 1992.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. 599 p. Ed UFV: Viçosa. 2009.

RECKNAGEL, R. O.; GLENDE Jr, E. A. Spectrophotometric detection of lipidic conjugated dienes. **Methods enzymatic**. 105: 331- 337, 1984.

RESURRECCION, A. V .A. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. **Meat Science** v. 66, p.11 20, 2003.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo. Editora Blucher, 2^a ed., p. 184, 2007.

RINALDI, M.; CHIAVARO, E.; GOZZI, E.; MASSINI, R. Simulation and experimental validation of simultaneous heat and mass transfer for cooking process of Mortadella Bologna PGI. **Int. J. Food Sci Technol**. 2011; 46: 586-593.

RONSEI, G. E.; MIYAMOTO, S.; BECHARA, E.; DI MASCIO, P. Oxidação de proteínas por oxigênio singlete: mecanismos de dano, estratégias para detecção e implicações biológicas. **Química Nova**, Vol. 29, No. 3, 563-568, 2006.

ROSA, C. M.; FRANCO, B. D. G. M. MONTVILLE, T. J.; CHIKINDAS, M. Purification and mechanism action of a bacteriocin produced by a Brazilian sausage isolate, *Lactobacillus sake* 2a. **Journal of Food Safety**, n° 22, p. 39-54, 2002.

- SÄDE, E. **Leuconostoc spoilage of Refrigerated, packaged foods**. Helsinki – Finland, 2011. Originalmente apresentada para obtenção do grau de mestre Faculty of Veterinary Medicine, University of Helsinki, 2011.
- SARMENTO, C. M. P. **Modelagem do crescimento microbiano e avaliação sensorial no estudo da vida de prateleira da mortadela e da linguiça defumada em armazenamento isotérmico e não isotérmico**. 146f, Tese (Doutorado Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis, SC, 2006.
- SASTRY, S. K., SHEN, G. Q., & BLAISDELL, J. L. (1989). Effect of ultrasonic vibration on fluid-to-particle convective heat transfer coefficients. **Journal of Food Science**, 54, 229–230.
- SEMB, T.N. **Analytical methods for determination of the oxidative status in oils**. Tese de doutorado. Norwegian University of Science and Technology. 2012.
- SHAHIDI et al., Effect of sulfanilamide on the TBA values of cured meats. **Journal of food science**. Vol. 50, p 274-275, 1985.
- SHANTA, N. L.; DECKER, E. A.; Rapid, sensitive, iron- based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. **Journal of AOAC International**. Vol. 77, nº 2, p. 421- 424, 1994.
- SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. G. M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo. Editora Varela, p. 236, 2006.
- SILVA et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4ª ed São Paulo, ed Varela, p 624, 2010.
- 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**, 22 (1), p 94-103, 1998.
- SINGH, R. P.; ANDERSON, B. A. The major types of food spoilage: an overview. In: **UNDERSTANDING and measuring the shelf-life of food**. Washington: Wood head Publishing Limited, 2004. p. 3-19.
- STADNIK J. et al. Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (m. semimembranosus) Eur **Food Res Technol**, 233:553–559, 2011. DOI 10.1007/s00217-011-1550-5
- STANGA, M. **Sanitation: Cleaning and disinfection in the food industry**. Weinheim: ed. Wiley-VCH, 2010.
- STEFFENS et al., Redução do tempo no processo de cozimento de mortadela e avaliação da qualidade final do produto. **Ciência animal brasileira**, vol. 16, n. 4, p. 589-597, 2015.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 2ed. Versão II. Campinas, SP: UNICAMP, p. 113, 2006.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic.** “Cândido Tostes”, Jan/Fev, nº 366, 64: 12-21, 2009.

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: UNISINOS, (3):143-144, 1998.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**. v. 70, p. 493–508, 2005.

TRINDADE, M. A.; CONTRERAS, C. C.; FELÍCIO, P. E. Mortadella sausage formulations with partial and total replacement of beef and pork backfat with mechanically separated meat from spent layer hens. **Journal of Food Science**. 70(3); 236-241, 2005.

TRINDADE, M. A.; NUNES, T. P.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; FELÍCIO, P. E. Estabilidade oxidativa e microbiológica em carne de galinha mecanicamente separada e adicionada de antioxidantes durante período de armazenamento a -18 °C. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 28(1):160-168, 2008.

TURANTAS, F; KILIÇ, G. B; KILIÇ, B. Ultrasound in the meat industry: General applications and decontamination efficiency. **International Journal of Food Microbiology**. 198, 59–69. 2015.

VIDAL, L.; TÁRREGA, A.; ANTÚNEZ, L.; ARES, G.; JAEGER, S. R. Comparison of correspondence analysis based on hellinger and chi-square distances to obtain sensory spaces from check-al-that-apply (CATA) questions. **Journal Food Quality and Preference**. 43:106-112, 2015.

VILLAMIEL, M., & DE JONG, P. (2000). Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* and *Streptococcus thermophilus* in Trypticase Soy broth and total bacteria in milk by continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating. **Journal of Food Engineering**, 45 (3), 171e179.

VISSANGUAN, W.; OGAWA, M.; NAKAI, S.; NA, H. Physicochemical changes and mechanism of heat-induced gelation of arrowtooth flounder myosin. **Journal Agriculture Food Chemistry**. 48: 1016-1023, 2000;

VIUDA-MARTOS, M.; NAVAJAS-RUIZ, Y.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat Science**. 85:568-576, 2010.

WANG et al., Modified extraction method for determining 2-Thiobarbituric acid values in meat with increased specificity and simplicity. **Journal Of Food Science**. V. 67 n 8 p.2833-2836. 2002.

WANG et al., Modified extraction method for determining 2-Thiobarbituric acid values in meat with increased specificity and simplicity. **Journal of Food Science**. V. 67 n 8 p.2833-2836, 2002.

WOODS, L. F. J.; WOOD, J. M.; GIBBS, P. A. Nitrites. *In: Food Preservation in* RAHMAN, M. S. **Handbook of Food Preservation**. CRC press: 299-312, 2007.

YUNES, J. F. F.; CAVALHEIRO, C. P.; MILANI, L. I. G.; SCHEEREN, M. B.; BLAZQUEZ, F. J. H.; BALLUS, C. A.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. Efeito da substituição da gordura suína por óleos vegetais nas características de qualidade, estabilidade oxidativa e microestrutura de mortadela. **Revista Ciências Agrárias**. 34(3): 1205-1216, 2013.

ZHANG, W.; XIAO, S.; AHN, D. U. (2013) Protein Oxidation: Basic Principles and Implications for Meat Quality. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 53:11, 1191-1201, 2013.

ZHAO, Y.Y., WANG, P., ZOU, Y. -F., LI, K., KANG, Z. -L., XU, X. -L. (2014). Effect of preemulsification of plant lipid treated by pulsed ultrasound on the functional properties of chicken breast myofibrillar protein composite gel. **Food Research International**, 58:98–104.

APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Data: __/__/__ Sexo: () Feminino () Masculino
 Faixa etária: () 18 – 25 anos () 26 – 35 anos () 36 – 45 anos () > 45 anos

Check-all that apply (CATA): Por favor, observe, aspire e depois, prove a amostra. Em seguida marque todas as opções que você considera adequadas para descrever cada amostra recebida:

Parâmetros/Amostras	943	691	725	589	357	246
Sabor ranço						
Aroma agradável						
Cor pálida						
Textura ideal						
Duro						
Suculência						
Liberção de gordura						
Aroma de tempero						
Aspecto não aceitável						
Aromático						
Sabor ácido						
Sabor agradável						
Liberção de umidade						
Cor ideal						
Textura flexível/elástica						
Aspecto aceitável						
Sem aroma						
Textura agradável						
Aroma ranço						
Sabor desagradável						

ACEITABILIDADE: Prove cada amostra codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da mesma em relação aos atributos abaixo:

	Amostra	Cor	Odor	Sabor	Textura	Aceitação global
(7) - Gostei muitíssimo						
(6) - Gostei muito	725	_____	_____	_____	_____	_____
(5) - Gostei moderadamente	589	_____	_____	_____	_____	_____
(4) - Nem gostei /nem desgostei	357	_____	_____	_____	_____	_____
(3) - Desgostei moderadamente	246	_____	_____	_____	_____	_____
(2) - Desgostei muito						
(1) - Desgostei muitíssimo						

INTENÇÃO DE COMPRA: Assinale na escala abaixo o quanto você estaria disposto a comprar a amostra codificada:

Intenção/Amostras	725	589	357	246
Certamente compraria				
Provavelmente compraria				
Tenho dúvidas se compraria ou não				
Provavelmente não compraria				
Certamente não compraria				

APÊNDICE B – NÚMERO DE COLÔNIAS DAS BACTÉRIAS MESÓFILAS E PSICROTRÓFICAS (log UFC/g), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ± 1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Mesófilas	1	2,10 ^{bC}	2,09 ^{bC}	2,26 ^{abC}	2,33 ^{aC}	0,06	**
	30	2,39 ^{aB}	2,24 ^{aC}	2,29 ^{aC}	2,37 ^{aC}	0,12	n.s.
	60	2,78 ^{aA}	2,66 ^{bB}	2,63 ^{bB}	2,81 ^{aB}	0,04	***
	90	2,91 ^{aA}	2,93 ^{aA}	2,95 ^{aA}	2,97 ^{aAB}	0,04	n.s.
	120	2,92 ^{aA}	2,96 ^{aA}	2,98 ^{aA}	2,99 ^{aA}	0,04	n.s.
	EPM	0,08	0,06	0,06	0,06		
	Sig	***	***	***	***		
Psicrotróficas	1	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹	<10 ¹	–	–
	30	2,19 ^{aD}	2,09 ^{aD}	2,27 ^{aC}	2,20 ^{aD}	0,09	n.s.
	60	2,47 ^{abC}	2,36 ^{bcC}	2,24 ^{cC}	2,53 ^{aC}	0,06	***
	90	2,95 ^{aB}	2,91 ^{aB}	2,94 ^{aB}	2,97 ^{aB}	0,03	n.s.
	120	3,16 ^{aA}	3,17 ^{aA}	3,13 ^{aA}	3,19 ^{aA}	0,04	n.s.
	EPM	0,07	0,06	0,06	0,04		
	Sig	***	***	***	***		

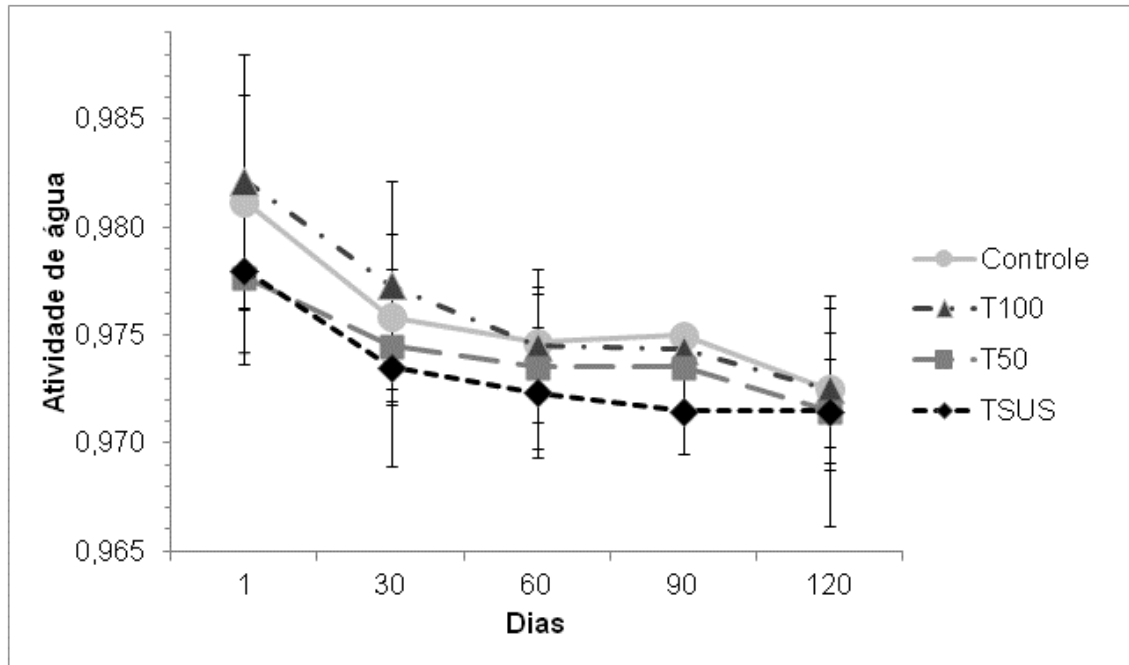
^{A-D} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. : significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

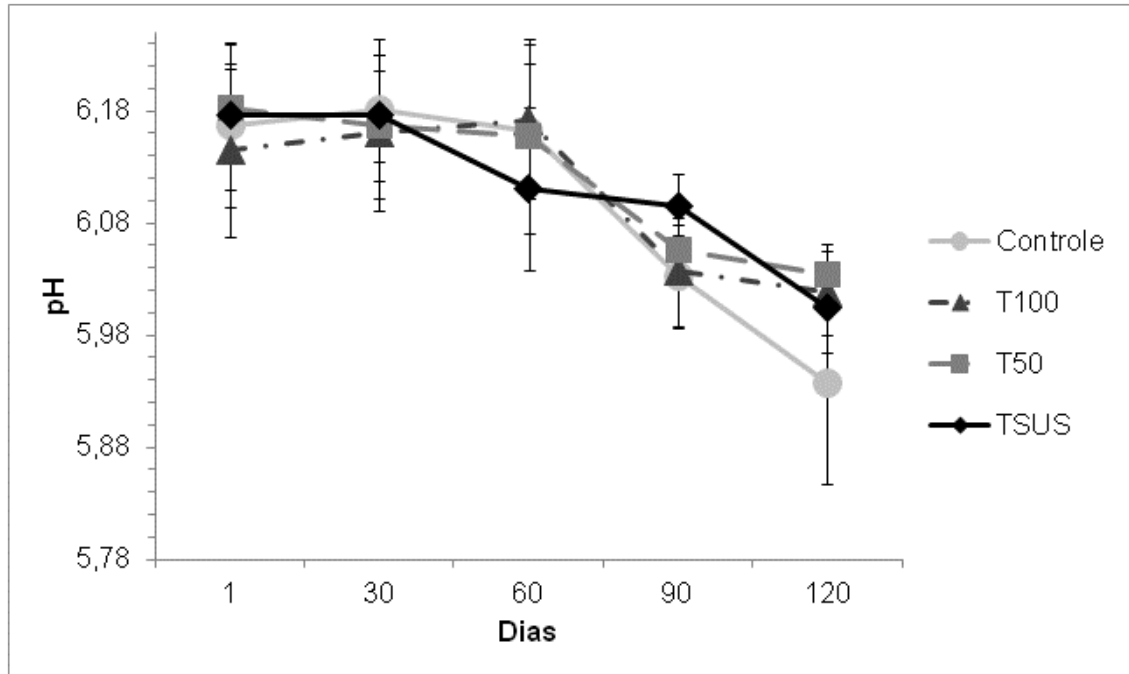
APÊNDICE C – VALORES DE ATIVIDADE DE ÁGUA, EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ± 1 °C.



Nota: Valores com médias e desvio-padrão.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

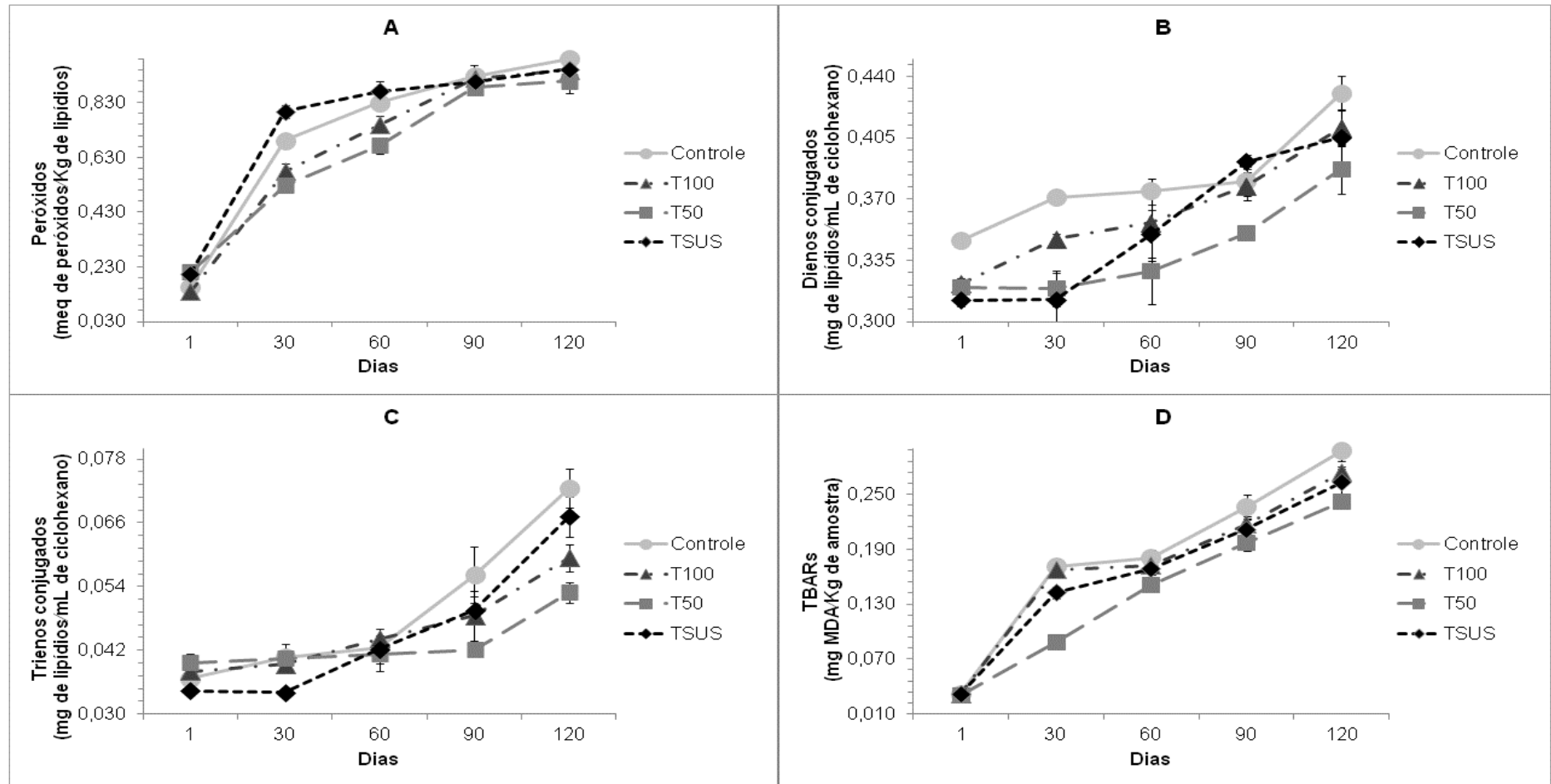
APÊNDICE D – VALORES DE PH (25°C), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ± 1 °C.



Nota: Valores com médias e desvio-padrão.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

APÊNDICE E – VALORES DAS ANÁLISES DE OXIDAÇÕES LIPÍDICAS, EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ± 1 °C.



Nota: Valores com médias e desvio-padrão.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

APÊNDICE F – VALORES DE HEXANAL E PENTANAL (ÁREAS MÉDIAS X10⁶), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	SEM	Sig.
Hexanal	1	67,47 ^{aA}	71,25 ^{aA}	77,29 ^{aA}	56,85 ^{aA}	8,70	n.s.
	60	62,85 ^{bA}	74,57 ^{aA}	59,41 ^{bB}	65,73 ^{abA}	3,23	**
	120	31,93 ^{cB}	68,96 ^{aA}	52,74 ^{bB}	71,37 ^{aA}	2,03	***
	SEM	4,53	4,42	3,56	8,22		
	Sig.	***	n.s.	***	n.s.		
Pentanal	1	6,10 ^{aA}	6,57 ^{aA}	6,38 ^{aA}	4,81 ^{aA}	0,66	n.s.
	60	6,14 ^{aA}	6,34 ^{aAB}	4,66 ^{bB}	5,80 ^{aA}	0,23	***
	120	3,21 ^{bB}	5,27 ^{aB}	3,20 ^{bC}	5,06 ^{aA}	0,20	***
	SEM	0,31	0,42	0,28	0,60		
	Sig.	***	*	***	n.s.		

^{A-C} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Nota: Os valores correspondem às médias das intensidades das áreas (n=3).

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. : significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

APÊNDICE G – VALORES PARA ÍNDICE DE COR VERMELHA (A*/B*) E TIOL (nmol de tiol/mg de proteína), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Índice de cor vermelha	1	1,47 ^{aA}	1,49 ^{aA}	1,48 ^{aA}	1,48 ^{aA}	0,01	n.s.
	30	1,45 ^{abAB}	1,45 ^{abB}	1,47 ^{aAB}	1,44 ^{bB}	0,01	**
	60	1,45 ^{abAB}	1,46 ^{aB}	1,44 ^{abBC}	1,42 ^{bBC}	0,01	*
	90	1,43 ^{aBC}	1,42 ^{abC}	1,43 ^{aC}	1,40 ^{bC}	0,01	*
	120	1,41 ^{aC}	1,41 ^{aC}	1,41 ^{aC}	1,41 ^{aC}	0,01	n.s.
	EPM	0,01	0,01	0,01	0,01		
	Sig	***	***	***	***		
Tiol	1	312,72 ^{cA}	355,10 ^{aA}	315,03 ^{cA}	341,07 ^{bA}	1,96	***
	30	280,67 ^{dB}	358,82 ^{aA}	295,37 ^{cB}	336,03 ^{bA}	2,30	***
	60	266,20 ^{bcC}	254,80 ^{cB}	274,68 ^{bC}	313,35 ^{aB}	3,87	***
	90	232,68 ^{aD}	234,30 ^{aC}	238,88 ^{aD}	210,66 ^{bC}	4,58	***
	120	210,40 ^{bcE}	217,60 ^{abD}	219,52 ^{aE}	203,99 ^{cC}	2,95	***
	EPM	2,86	3,05	3,78	3,68		
	Sig	***	***	***	***		

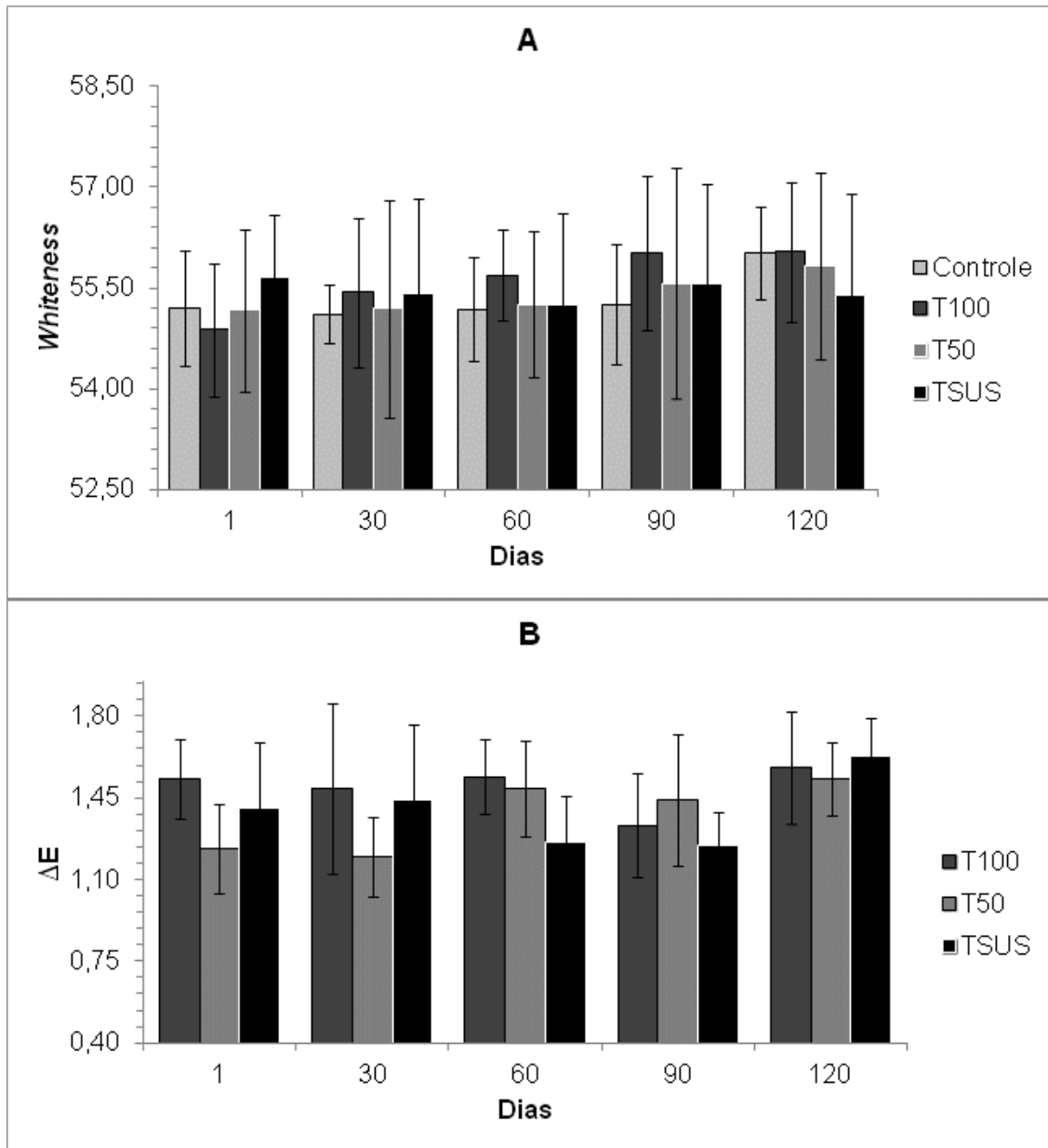
^{A-C} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. : significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

APÊNDICE H – VALORES DE *WHITENESS* E DIFERENÇA GLOBAL DE COR, EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ± 1 °C.



Nota: Valores com médias e desvio-padrão.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

APÊNDICE I – VALORES PARA ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA (TPA), EM MORTADELAS ITALIANAS QUE FORAM SUBMETIDAS A DIFERENTES COZIMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO A 5 ±1 °C.

Análise	Dias	Controle	T100	T50	TSUS	EPM	Sig.
Dureza (Kgf)	1	112,44 ^{abB}	117,80 ^{aB}	104,99 ^{bB}	88,38 ^{cB}	2,60	***
	30	117,00 ^{bB}	124,30 ^{aAB}	123,79 ^{aA}	112,30 ^{bA}	2,27	***
	60	130,41 ^{aA}	129,98 ^{aA}	124,58 ^{aA}	119,74 ^{aA}	3,77	n.s.
	90	130,54 ^{aA}	132,03 ^{aA}	120,88 ^{bA}	118,06 ^{bA}	3,07	**
	120	127,57 ^{aA}	127,77 ^{aA}	121,29 ^{abA}	113,22 ^{bA}	3,30	**
	EPM	3,25	3,20	2,55	3,14		
	Sig	***	**	***	***		
Elasticidade (mm)	1	2,45 ^{aB}	2,48 ^{aA}	2,39 ^{aC}	2,53 ^{aC}	0,05	n.s.
	30	2,57 ^{abAB}	2,57 ^{abA}	2,53 ^{bB}	2,62 ^{aC}	0,02	**
	60	2,57 ^{aAB}	2,61 ^{aA}	2,54 ^{aB}	2,64 ^{aBC}	0,04	n.s.
	90	2,56 ^{aAB}	2,62 ^{aA}	2,55 ^{aB}	2,78 ^{aAB}	0,08	n.s.
	120	2,65 ^{bA}	2,60 ^{bA}	2,68 ^{bA}	2,88 ^{aA}	0,04	***
	EPM	0,06	0,06	0,03	0,05		
	Sig	*	n.s.	***	***		
Mastigabilidade (Kgf.mm)	1	195,32 ^{aD}	159,33 ^{bC}	168,12 ^{bC}	136,18 ^{cC}	5,01	***
	30	216,46 ^{cC}	234,00 ^{bB}	268,46 ^{aB}	243,99 ^{bB}	3,87	***
	60	267,88 ^{bB}	297,83 ^{aA}	263,97 ^{bB}	250,63 ^{bB}	7,47	***
	90	267,91 ^{bB}	297,48 ^{aA}	249,77 ^{cB}	299,62 ^{aA}	5,06	***
	120	288,38 ^{aA}	302,84 ^{aA}	304,94 ^{aA}	299,14 ^{aA}	7,66	n.s.
	EPM	5,85	6,45	6,61	4,96		
	Sig	***	***	***	***		
Coesividade	1	0,88 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,87 ^{aA}	0,01	n.s.
	30	0,89 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,02	n.s.
	60	0,88 ^{aA}	0,89 ^{aA}	0,89 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,01	n.s.
	90	0,88 ^{aA}	0,89 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,01	n.s.
	120	0,89 ^{aA}	0,89 ^{aA}	0,88 ^{aA}	0,90 ^{aA}	0,02	n.s.
	SEM	0,02	0,01	0,02	0,01		
	Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		

^{A-D} As letras minúsculas/maiúsculas diferentes nas linhas/colunas indicam diferença estatística dentro do mesmo experimento pelo teste de Tukey.

Nota: Kgf é quilograma-força; mm é milímetro; Kgf.mm é quilograma-força milímetro.

Controle: cocção com tempo convencional; **T100:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 100%; **T50:** cocção com tempo reduzido e ultrassom a 25 kHz, modo *sweep*, intensidade de 50%; **TSUS:** cocção com tempo reduzido, sem ultrassom.

EPM – Erro padrão da média

Sig. : significância: *** ($P \leq 0,001$), ** ($P \leq 0,01$), * ($P \leq 0,05$), n.s. (Não significativo, $P > 0,05$).

ANEXO A – PARECER COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA

Tipo ↕	CAAE ↕	Versão ↕	Pesquisador Responsável ↕	Comitê de Ética ↕	Instituição ↕	Origem ↕	Última Apreciação ↕	Situação ↕
P	05111912.6.0000.5346	2	Alexandre José Cichoski	5346 - Universidade Federal de Santa Maria/ Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa	Universidade Federal de Santa Maria/ Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa	PO	PO	Aprovado

ANEXO B – INGREDIENTES E TABELA NUTRICIONAL DAS MORTADELAS INDUSTRIALIZADAS

Os ingredientes que compõem a mortadela da marca A são retalho magro suíno, carne mecanicamente separada de aves, emulsão de pele, gelo, toucinho em cubos, sal, especiarias naturais desidratadas (pimenta preta, pimenta vermelha, coentro, cravo, alho), estabilizante/tripolifosfato de sódio, antioxidante/eritorbato de sódio, conservador/nitrito e nitrato de sódio, proteína de soja, fécula de mandioca, regulador de acidez/lactato de sódio, xarope de glicose, corante camim de cochonilha. Não contém glúten.

Tabela 1 – Valores nutricionais da mortadela industrializada marca A.

Porção de 40 g (4 fatias)	Quantidade	VD (*)
Valor energético	76 Kcal = 318 KJ	4 %
Carboidratos	4,0 g	1 %
Proteínas	4,0 g	5 %
Gorduras totais	4,8 g	9 %
Gordura saturada	1,6 g	7 %
Gorduras trans	0 g	**
Fibra alimentar	0 g	0 %
Sódio	198 mg	8 %

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

** VD não estabelecido.

Os ingredientes que compõem a mortadela da marca B são carne mecanicamente separada de aves, água, pele suína, amido, proteína de soja, fígado suíno, sal, glicose, estabilizante/pirofosfato de sódio, temperos, conservador/nitrito de sódio, antioxidante/eritorbato de sódio, corante natural/carmim. Não contém glúten.

Tabela 2 – Valores nutricionais da mortadela industrializada marca B.

Porção de 40 g (4 fatias)	Quantidade	VD (*)
Valor energético	79 Kcal = 330KJ	4 %
Carboidratos	2,5 g	1 %
Proteínas	4,8 g	6 %
Gorduras totais	5,5 g	10 %
Gordura saturada	1,7 g	8 %
Gorduras trans	0 g	*
Fibra alimentar	0 g	*
Sódio	470 mg	20 %

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

** VD não estabelecido.