

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

Letícia de Lima Guterres

**EMULSÃO HIDROGELIFICADA DE ÓLEO DE LINHAÇA E PROTEÍNA DE
ERVILHA COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORAR A QUALIDADE
NUTRICIONAL, TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE HAMBÚRGUERES**

Santa Maria, RS
2022

Letícia de Lima Guterres

**EMULSÃO HIDROGELIFICADA DE ÓLEO DE LINHAÇA E PROTEÍNA DE
ERVILHA COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORAR A QUALIDADE
NUTRICIONAL, TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE HAMBÚRGUERES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Santa Maria, RS
2022

Guterres, Leticia

EMULSÃO HIDROGELIFICADA DE ÓLEO DE LINHAÇA E PROTEÍNA
DE ERVILHA COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORAR A QUALIDADE
NUTRICIONAL, TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE HAMBÚRGUERES /
Leticia Guterres.- 2022.

38 p.; 30 cm

Orientador: 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, 2022

1. reformulação lipídica 2. ácidos graxos saturados 3.
ômega 3 4. reestruturação de óleos 5. generalized
procrustes analysis I. Bastianello Campagnol , Paulo
Cezar II. Título.

Letícia de Lima Guterres

**EMULSÃO HIDROGELIFICADA DE ÓLEO DE LINHAÇA E PROTEÍNA DE
ERVILHA COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORAR A QUALIDADE
NUTRICIONAL, TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE HAMBÚRGUERES**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, área de concentração de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

Aprovado em 06 de julho de 2022.

**Paulo Cezar Bastianello Campagnol (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Bibiana Alves dos Santos (UFSM)

José Manuel Lorenzo Rodrigues (UV)

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À UFSM por todo suporte acadêmico ao longo de todos esses anos, aos colegas e amigos que ali fiz.

Aos meus pais Neura Rosângela de Lima Guterres e Jorge Luís da Silva Guterres por sempre apoiarem minhas escolhas e me educarem com tanta determinação.

Ao meu Irmão Everton Luiz de Lima Guterres por incentivar meus estudos e acreditar em mim.

Aos alunos, colegas, funcionários e professores do CCR que sempre me ajudaram com conversas, orientações e incentivo nesta jornada acadêmica.

Ao meu orientador que tornou a jornada, menos difícil em meio a tantas incertezas. Sou muito grata pela oportunidade de fazer parte dos seus orientados e obrigada pelas orientações. Gratidão.

As colegas de experimento, Mariana Pinton, Bibiana Alves dos Santos e Leticia Pereira Corrêa sou muito grata por toda ajuda nos experimentos e terem paciência em ensinar.

Aos colegas do Laboratório 109 do NTA, por todo apoio, amizade e carinho, que certamente fizeram toda diferença.

A todos que de alguma forma colaboraram com este trabalho, bem como, na minha jornada no mundo acadêmico, meu muito obrigada!!!!

RESUMO

EMULSÃO HIDROGELIFICADA DE ÓLEO DE LINHAÇA E PROTEÍNA DE ERVILHA COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORAR A QUALIDADE NUTRICIONAL, TECNOLÓGICA E SENSORIAL DE HAMBÚRGUERES

Autora: Letícia de Lima Guterres
Orientador: Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Emulsões hidrogelificadas (HEs) produzidas com óleo de linhaça e diferentes níveis de proteína de ervilha (PE) (0, 5, 10, 15 e 20%) foram utilizadas para substituir 50% de gordura animal de hambúrgueres. O efeito desta reformulação lipídica na qualidade nutricional, tecnológica, oxidativa, microbiológica e sensorial dos hambúrgueres foi avaliado durante seu armazenamento refrigerado (4 °C por 12 dias). Os hambúrgueres reformulados apresentaram uma redução de mais de 40% de gordura e um aumento de até 10% no teor de proteínas. A reformulação lipídica aumentou a relação PUFA/SFA e reduziu a relação n-6/n-3 PUFAs e os índices de aterogenicidade e trombogenicidade da fração lipídica dos hambúrgueres. A inclusão de PE nas HEs possibilitou se obter hambúrgueres de elevada qualidade tecnológica e com uma qualidade sensorial similar a produtos sem redução de gordura. A PE também foi eficiente para reduzir o aumento da oxidação lipídica causada pelo aumento de n-3 PUFAs.

Palavras-chave: reformulação lipídica; ácidos graxos saturados; ômega 3; oxidação lipídica; reestruturação de óleos; generalized procrustes analysis.

ABSTRACT

HYDROGELLED EMULSION FROM LINSEED OIL AND PEA PROTEIN AS A STRATEGY TO PRODUCE HEALTHIER PORK BURGERS WITH HIGH TECHNOLOGICAL AND SENSORY QUALITY

Author: Letícia de Lima Guterres

Advisor: Paulo Cezar Bastianello Campagnol

Hydrogelled emulsions (HEs) produced with linseed oil and different levels of pea protein (PP) (0, 5, 10, 15, and 20%) were used to replace 50% of animal fat in burgers. The effect of this lipid reformulation on the nutritional, technological, oxidative, microbiological, and sensory quality of the burgers was evaluated during their refrigerated storage (4 °C for 12 days). The reformulated burgers displayed a reduction of more than 40% in fat and an increase of up to 10% in protein contents. Lipid reformulation also increased the PUFA/SFA ratio and reduced the n-6/n-3 PUFAs ratio and the atherogenicity and thrombogenicity indices of the lipid fraction of the burgers. Including PP in the HEs made it possible to obtain burgers of high technological quality and with a sensory quality similar to full-fat products. PP was also efficient in reducing the increase in the lipid oxidation caused by the enrichment with n-3 PUFAs.

Keyword: Lipid reformulation; Saturated fatty acids; Omega 3; Lipid oxidation; Oil restructuring; Generalized procrustes analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBEJTIVOS.....	4
2.1	OBJETIVO GERAL.....	4
2.1.1	Objetivos específicos	4
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1	SAÚDE E O CONSUMO DE GORDURAS SATURADAS	4
3.2	ESTRATÉGIAS PARA MODIFICAR O PERFIL LIPÍDICO	5
3.3	APLICAÇÃO DE OLEOGEIS EM PRODUTOS CÁRNEOS	6
3.4	APLICAÇÃO DE PROTEÍNAS VEGETAIS EM PRODUTOS CÁRNEOS	7
4	MATERIAL E MÉTODOS	9
4.1	ELABORAÇÃO DAS EMULSÕES HIDROGELIFICADAS (HES) DE ÓLEO DE LINHAÇA E PRÓTEÍNA DE ERVILHA.....	9
4.2	ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES SUÍNOS	9
4.3	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	10
4.4	PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS.....	10
4.5	REDUÇÃO DE DIÂMETRO E PERDAS NO COZIMENTO	10
4.6	DETERMINAÇÃO DO PH E POTENCIAL REDOX (EH).....	11
4.7	COR INSTRUMENTAL (L*, A*, B* E ΔE)	11
4.8	PH E TBARS	11
4.9	AERÓBIOS MESÓFILOS.....	12
4.10	ANÁLISE SENSORIAL.....	12
4.11	ANÁLISE SENSORIAL.....	14
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS	14
5.2	REDUÇÃO DE DIÂMETRO E PERDAS POR COZIMENTO	16
5.3	COR INSTRUMENTAL (L*, A*, B* E ΔE)	17
5.4	PH, EH E TBARS	19
5.5	MICROORGANISMOS AERÓBIOS MESÓFILOS.....	22
5.6	ANÁLISE SENSORIAL.....	23
6	CONCLUSÃO	25

1 INTRODUÇÃO

A gordura animal é essencial para a elaboração de produtos cárneos de elevada qualidade tecnológica e sensorial. A melhora da textura dos produtos cárneos através da estabilização da rede tridimensional formada pelas proteínas miofibrilares solubilizadas é uma das principais funções da gordura animal. Além disso, a gordura animal também reduz as perdas de água que acontecem durante o processamento, melhorando a suculência e o rendimento dos produtos cárneos. A gordura animal também é essencial para produzir produtos cárneos com sabor e aroma agradáveis. Por fim, a gordura animal é fundamental para reduzir custos de fabricação, o que possibilita que uma maior parcela da população tenha acesso aos produtos cárneos (CÂMARA et al., 2020).

A gordura animal é fonte de alguns compostos nutricionalmente vantajosos para a saúde humana, como vitaminas lipossolúveis e alguns ácidos graxos essenciais (LEBRET; ČANDEK-POTOKAR, 2022). No entanto, cerca de 40% da gordura animal é formada por ácidos graxos saturados (SFA). Este fato é extremamente preocupante para a saúde humana devido a associação positiva entre uma dieta rica em SFA e o aumento dos fatores de risco relacionados ao surgimento de doenças cardiovasculares (ISLAM et al., 2019). O consumo frequente e em excesso de gordura animal também pode causar inflamações e alguns tipos de câncer devido a sua desproporcional relação entre ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) omega-6 e ômega-3 (n-6/n-3 ratio:15-20:1) (NEVRKLA et al., 2017).

O hambúrguer é um produto cárneo amplamente consumido em vários países e por apresentar um alto teor de gordura animal (15 a 35%) tem um grande impacto na saúde da população (HECK et al., 2019a; PIETRASIK et al., 2020a). Desta forma, estratégias para conferir características mais saudáveis a este produto cárneo podem ajudar a melhorar a qualidade de vida da população e reduzir os incalculáveis prejuízos causados pela má alimentação. A incorporação em hambúrgueres de ingredientes benéficos à saúde humana em conjunto com a redução de seu teor de gordura animal é uma das estratégias que podem ser exploradas para se atingir este objetivo.

Neste sentido, o óleo de linhaça é considerado um super alimento devido ao seu alto teor de ácido linolênico (50-60% do total de ácidos graxos) (MOHANAN; NICKERSON; GHOSH, 2018, SYMONIUK; RATUSZ; KRYGIER, 2017). Esta alegação saudável é suportada pelas evidências científicas que relacionam o consumo regular deste tipo de ácido graxo com a redução dos fatores de risco relacionados com o surgimento de doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (KAJLA; SHARMA; SOOD, 2015, SHIM et al.,

2014). Além disso, o óleo de linhaça também é fonte de outros compostos benéficos à saúde, como tocoferóis (20 a 70 mg/100g) e carotenóides (50 mg/1000g) (MOHANAN; NICKERSON; GHOSH, 2018). O óleo de linhaça já foi utilizado como substituto de gordura animal em alguns tipos de produtos cárneos (FRANCO et al., 2020, HECK et al., 2019, (LIMA et al., 2021). A grande vantagem desta abordagem é a significativa melhora no perfil de ácidos graxos através da redução de SFA e aumento de n-3 PUFAs. No entanto, o óleo de linhaça pode conferir um sabor e aroma de peixe e também aumentar a oxidação lipídica. Os resultados da literatura demonstram que a forma mais viável de se reduzir estes defeitos é utilizar técnicas de reestruturação para modificar a forma física dos óleos aplicados em produtos cárneos (FRANCO et al., 2019; HECK et al., 2017, 2019). A hidrogelificação é uma destas técnicas que tem sido utilizada com sucesso para reestruturar óleos saudáveis. Esta técnica consiste em adicionar um agente reestruturante (emulsificante ou estabilizante) em uma mistura de óleo e água para formar um gel sólido. Além do baixo custo e da simplicidade, outra grande vantagem é que o hidrogel por também conter água (entre 20 a 50%) é eficaz tanto para melhorar o perfil lipídico quanto para reduzir o teor de gordura total (DOMÍNGUEZ et al., 2021).

Por outro lado, a incorporação nos hidrogéis de ingredientes com alto teor de proteínas pode ser uma estratégia eficaz para melhorar sua saudabilidade e suas propriedades tecnológicas e oxidativas. Esta abordagem também é útil para compensar a redução proteica causada quando se substitui gordura animal por ingredientes não proteicos (ALMEIDA et al., 2014). A proteína isolada de ervilha (PE) é um exemplo de ingrediente que poderia ser utilizada para esta finalidade, pois possui mais de 80% de proteína em sua constituição (LU et al., 2020). Esta proteína é classificada como de alta qualidade por apresentar mais de 30% de aminoácidos essenciais em sua composição (GORISSEN et al., 2018). A PE também possui maior digestibilidade e menor alergenicidade que outras proteínas vegetais, como por exemplo, a proteína de soja (GE et al., 2020). Além das vantagens nutricionais, a PE também apresenta excelentes propriedades de emulsificação e gelificação (BOUKID; ROSELL; CASTELLARI, 2021) Desta forma, a PE pode ser útil para melhorar a estabilidade dos hidrogéis e consequentemente, a qualidade dos produtos cárneos reformulados. A PE é utilizada principalmente para produzir análogos de carne (RAMOS DIAZ et al., 2022; SCHREUDERS et al., 2019; XIA et al., 2022). Além disso, alguns estudos reportaram que a PE foi eficiente para melhorar as propriedades tecnológicas de produtos cárneos com reduzido teor de gordura. No entanto, problemas sensoriais foram reportados dependendo do nível de adição de PE (BROUCKE et al., 2022; REVILLA et al., 2022).

Até o momento, o efeito da PE na reestruturação de óleos saudáveis utilizados como substitutos de gordura animal em produtos cárneos tem sido pouco explorado. Desta forma, neste estudo foi proposta uma estratégia inovadora para conferir características mais saudáveis a hambúrgueres. Para ser atingida esta meta foram elaborados hidrogéis de óleo de linhaça com diferentes concentrações de PE (0, 5, 10, 15 e 20%). Os diferentes hidrogéis foram utilizados para substituir 50% do teor de gordura animal de hambúrgueres. O efeito desta reformulação lipídica na qualidade nutricional, tecnológica, oxidativa, microbiológica e sensorial dos hambúrgueres foram avaliadas durante o seu armazenamento refrigerado (4 °C por 12 dias).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da substituição de 50% do teor de gordura por emulsões hidrogelificadas produzidas com óleo de linhaça e diferentes concentrações de PE na qualidade nutricional, tecnológica, oxidativa, microbiológica e sensorial de hambúrgueres suínos.

2.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade tecnológica dos produtos reformulados.
- Avaliar a estabilidade oxidativa dos produtos reformulados.
- Determinar as propriedades sensoriais dos produtos reformulados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SAÚDE E O CONSUMO DE GORDURAS SATURADAS

Segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), no Brasil a população consome em excesso gordura saturada e açúcar (82% e 61%). Dentre os alimentos com maior teor de gordura saturada podemos destacar os produtos cárneos, que possuem em sua composição cerca de 30% de gordura. Este fato faz com que especialistas da área de saúde não recomendem o consumo de produtos cárneos como parte de uma dieta saudável, pois é reconhecido que o elevado consumo de gordura saturada pode aumentar os fatores de risco relacionados com o surgimento de doenças (MCAFEE et al., 2010). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), e Organização Pan-americana de Saúde (OPAS), doenças crônicas não transmissíveis são as principais causas de morte no mundo, e foram responsáveis por cerca de 39,5 milhões (72%) das 54,7 milhões de mortes registradas em 2016 (WHO, 2019).

Entretanto, as gorduras saturadas contribuem positivamente para os atributos de textura, suculência, estabilidade da emulsão e aceitação sensorial de produtos cárneos. Desta forma, a redução de gordura em produtos cárneos requer uma atenção especial quanto ao tipo de gordura ou ingrediente que será utilizada para sua reformulação. Várias abordagens foram utilizadas para reduzir o teor de gordura nos produtos cárneos, o uso de fibras prebióticas (DOS SANTOS et al., 2012, SANTOS et al., 2013), amido modificado (ALVES et al., 2016), celulose amorfa (CAMPAGNOL et al., 2013), modificação do perfil lipídico (TARTÉ et al., 2020, DE SOUZA PAGLARINI et al., 2019) entre outros. No entanto, estes estudos mostraram que o principal

desafio ainda a ser vencido é a alteração negativa que acontece principalmente na textura quando se substitui a gordura saturada por outro composto.

3.2 ESTRATÉGIAS PARA MODIFICAR O PERFIL LIPÍDICO

Muitas alternativas e estudos foram desenvolvidos anos atrás para substituir o teor de gordura em produtos cárneos ((PANERAS; BLOUKAS, 1994, JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2010; YOUSSEF; BARBUT, 2011; ZETZL; MARANGONI; BARBUT, 2012; HERRERO et al., 2017). A tecnologia empregada incluiu o uso de diferentes carboidratos como inulina (ÁLVAREZ; BARBUT, 2013), farelo e fibra de aveia (HUGHES; COFRADES; TROY, 1997), amidos modificados (GENCCELEP et al., 2015), entre outros. Outras pesquisas tentaram reduzir o teor de gordura saturada pela adição de óleos vegetais, considerados mais saudáveis, em sua forma líquida (ZETZL; MARANGONI; BARBUT, 2012, YOUSSEF; BARBUT, 2011) Os resultados mostraram que, como o óleo vegetal possui uma estrutura coesa muito pequena, os glóbulos de gordura formados na emulsão cárnea afetaram negativamente a textura (dureza) e a luminosidade (L^*) dos produtos reformulados (YOUSSEF; BARBUT, 2011; JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2010a).

Outros pesquisadores optaram por substituir a gordura saturada através de uma emulsão do tipo água em óleo (HERRERO et al., 2012a; JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2010b). Neste caso uma pré – emulsão foi desenvolvida principalmente com a adição de óleos de soja, canola e azeite de oliva que foram emulsionados e estabilizados com proteínas, como por exemplo, caseinatos, proteína isolada de soja e proteína isolada do soro do leite. Da mesma forma que os estudos anteriores, os produtos reformulados apresentaram a mesma tendência de aumentar os valores de dureza e mastigabilidade dos produtos emulsionados (HERRERO et al., 2012b).

Neste contexto, novas alternativas para manter a estabilidade e estrutura do óleo vegetal em sua forma líquida foram recentemente relatadas na literatura. Esses estudos trabalharam com a modificação da estrutura dos óleos vegetais para formar uma gordura plástica que pudesse conferir propriedades semelhantes a gordura animal, e além disso, melhorar o perfil de ácidos graxos destes produtos (ZETZL; MARANGONI; BARBUT, 2012; PATEL et al., 2014, BARBUT; MARANGONI, 2019). Esses compostos conhecidos como oleogéis são apresentados abaixo.

3.3 APLICAÇÃO DE OLEOGEIS EM PRODUTOS CÁRNEOS

Os oleogéis são formados por estruturas tridimensionais que possuem a capacidade de imobilizar uma fase líquida. Estes possuem dois componentes, sendo uma fase líquida (polar ou apolar) e um agente gelificante que é responsável pela formação da rede tridimensional. Os géis podem ser do tipo hidrogel (solvente polar- água) ou oleogel (solvente apolar- orgânico- óleo) (SAGIRI et al., 2014).

Sendo assim, oleogéis podem ser definidos como um líquido orgânico aprisionado em um sistema geralmente reversível e estruturado. Neste caso o óleo vegetal é transformado em uma estrutura tridimensional, tipo gel, que apresenta propriedades viscoelásticas (ROGERS; WRIGHT; MARANGONI, 2009; STORTZ et al., 2012). A qualidade final destes géis é atribuída ao seu modo de preparo. Em geral, são formados em um único estágio, onde existe a combinação entre o agente gelificante e o óleo vegetal sob condições controladas de temperatura e cisalhamento (JIMENEZ-COLMENERO et al., 2015).

Em produtos cárneos, o uso de oleogéis é uma alternativa bastante nova e direcionada para produtos emulsionados. Um dos primeiros estudos relatados foi desenvolvido por (ZETZL; MARANGONI; BARBUT, 2012). Os pesquisadores utilizaram um oleogel (óleo de canola e etilcelulose) como substituto de gordura em salsichas a fim de reduzir o seu percentual de gordura saturada. O oleogel foi capaz de proporcionar uma textura similar ao produto com alto teor de gordura saturada enquanto que a adição de óleo de canola líquido aumentou a dureza. Outros autores também obtiveram sucesso na substituição de gordura saturada por oleogéis em produtos cárneos emulsionados ((DE SOUZA PAGLARINI et al., 2019, DA SILVA et al., 2019). O sucesso da aplicação de oleogéis em produtos cárneos emulsionados direcionou as pesquisas para uma nova abordagem em outras categorias de produtos cárneos, tais como reestruturados (HECK et al., 2019, ALEJANDRE et al., 2019, ÖZER; ÇELEGEN, 2021) e fermentados (PINTADO; COFRADES, 2020, FRANCO et al., 2020).

Dentre os óleos vegetais mais utilizados na elaboração de oleogéis estão o óleo de linhaça. Este óleo é considerado fonte de ácidos graxos dos tipos mono e polinsaturados. Além disso são livres de colesterol (PELSER et al., 2007) Desta forma o consumo regular de óleo de linhaça na dieta pode trazer benefícios a saúde, tais como a redução dos níveis de LDL, prevenção de doenças cardiovasculares, entre outros (KAJLA; SHARMA; SOOD, 2015b) Sendo assim, alguns estudos exploraram a utilização de óleo de linhaça como constituinte de oleogel para

reduzir o teor de gordura animal em produtos cárneos (AGREGÁN et al., 2019; HECK et al., 2019; HECK et al., 2020). Em hambúrgueres, HECK et al. (2019) demonstraram ser possível reduzir em até 60% o teor de toucinho por hidrogel de óleo de linhaça e chia sem prejudicar o perfil e aceitação sensorial dos hambúrgueres. Em outro estudo, (HECK et al., 2020) relataram que hambúrgueres adicionados de extrato da casca de jabuticaba (JPE) em emulsões hidrogelificadas (HE) de óleos de chia e de linhaça (1:1) foi eficiente para manter a estabilidade oxidativa durante 60 dias de armazenamento. Além disso, este tipo de reformulação lipídica foi capaz de suprimir os defeitos sensoriais observados nesse tipo de produto. Por outro lado, AGREGÁN et al. (2019) não obtiveram sucesso na reformulação de pork patties ao substituir o toucinho por oleogel de óleo de linhaça e extrato de *Fucus vesiculosus* (250-1000 ppm). Esta combinação não foi eficiente para manter a estabilidade oxidativa e qualidade sensorial dos produtos reformulados. (GÓMEZ-ESTACA et al., 2019) também relataram uma baixa aceitação sensorial e aumento da oxidação lipídica ao substituir o toucinho em hambúrgueres por oleogel composto por óleo de oliva, linhaça e peixe.

3.4 APLICAÇÃO DE PROTEÍNAS VEGETAIS EM PRODUTOS CÁRNEOS

Neste contexto, é evidente que investigar substitutos de gordura animal representa um desafio constante a fim de manter a qualidade tecnológica, sensorial e nutricional dos produtos reformulados. Nesse sentido, uma abordagem mais recente tem demonstrado o efeito promissor de utilizar proteínas e polissacarídeos com a finalidade de melhorar o perfil nutricional dos produtos cárneos.

Dentre as proteínas de origem vegetal, a proteína de ervilha tem tido destaque por apresentar propriedades tecnológicas, funcionais e nutricionais com grande potencial de aplicação na indústria de alimentos. As proteínas de ervilha vendidas comercialmente apresentam uma grande variabilidade em sua composição, que dependem da variedade da ervilha, das condições do processo e tipo de proteína (concentrada, isolada e/ ou texturizada). De uma forma geral, a farinha de ervilha apresenta em sua composição cerca de 51% de amido, 20% de proteína (globulinas e albuminas), 2% de lipídeos, 17% de fibras dietéticas e 3% de fibras (GEERTS et al., 2017). Já a proteína isolada de ervilha (PEI) têm entre 79-89% de proteína, 0% de amido, 1% de lipídeos e 6% de cinzas (BROUCKE et al., 2022). E por isso o consumo regular de proteína de ervilha é associada a redução do risco de doenças cardiovasculares e hipertensão

(WEI et al., 2020). Além disso, a proteína de ervilha é uma opção não alergênica, considerada barata em comparação a outros derivados de vegetais (PIETRASIK et al., 2020b).

Dentre as propriedades funcionais da proteína de ervilha a solubilidade é uma das mais importantes, pois esta pode afetar o desempenho tecnofuncional das proteínas quando aplicada no processamento de alimentos, tais como produtos cárneos (BOGAHAWATHTHA et al., 2019). As propriedades funcionais de maior interesse para a indústria de produtos cárneos é a capacidade de formar emulsão, de gelificar e se manter solúvel no pH característico de produtos cárneos (CHAO; JUNG; ALUKO, 2018).

Em produtos cárneos, o uso de proteína de ervilha já foi pesquisado com o objetivo de substituir parte da proteína animal. O estudo realizado por BROUCKE et al. (2022) demonstrou que a substituição de 20% de carne suína por proteína de ervilha extrusada e proteína de ervilha isolada (PEI) foi eficiente para manter a qualidade sensorial das salsichas elaboradas. No entanto, a estabilidade da emulsão e cor das salsichas foram prejudicadas nesse tipo de reformulação. A adição de proteína isolada de ervilha em bifes reestruturados demonstrou ter efeito significativo sobre o perfil de textura dos produtos (BAUGREET et al., 2018). Cabe destacar que uma maior coesão nos bifes adicionados de PEI foi observada e esta deve estar correlacionada com a capacidade de ligação com a água e gordura, bem como com as propriedades gelificantes que a PEI apresenta.

Similarmente, SHOAIIB et al. (2018) utilizaram a PEI como extensor (3, 6, 9 e 12%) em nuggets de frango. Os resultados remetem para um aumento considerável de proteínas, nenhuma alteração no pH e teor de cinzas dos nuggets reformulados. Além disso, os nuggets adicionados de PEI tiveram um aumento da capacidade de retenção de água e dessa forma uma redução na perda por cozimento. Apesar de bom desempenho tecnológico, os nuggets com PEI não tiveram uma boa aceitação sensorial. Outros autores abordaram a redução de gordura em salsichas por óleo de oliva e adicionalmente substituíram a carne suína por proteína de ervilha extrusada (PET) em níveis de 25, 50, 75 e 100% (REVILLA et al., 2022a). Os resultados demonstraram que é possível produzir salsichas com baixo teor de gordura e com substituição de até 50% de carne suína por PET.

Poucos estudos abordam a adição de proteína de ervilha como ingrediente para substituir a gordura animal em produtos cárneos. PIETRASIK et al. (2018) estudaram o efeito da adição de 5% de amido e fibra de ervilha em hambúrgueres bovinos com baixo teor de gordura. Nesse

caso, os hambúrgueres adicionados de 50/50 de amido e fibra de ervilha apresentaram o melhor desempenho tecnológico e sensorial. Recentemente, ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, (2021) avaliaram os impactos da substituição (30, 70 e 100%) da gordura animal por gel de proteína de ervilha e ágar-ágar em emulsões cárneas. Os produtos reformulados apresentaram uma maior estabilidade de emulsão e rendimento. A intensidade de cor amarela e luminosidade foram aumentadas enquanto que a cor vermelha diminuiu proporcionalmente aos níveis de substituição de cada emulsão cárnea. De um modo geral, a PET demonstrou ter potencial para aplicação em produtos cárneos com baixo teor de gordura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ELABORAÇÃO DAS EMULSÕES HIDROGELIFICADAS (HES) DE ÓLEO DE LINHAÇA E PROTEÍNA DE ERVILHA

As HEs foram produzidas em triplicata de acordo com a seguinte composição: 25% de óleo de linhaça (Giroil, Entre-Ijuís, RS, Brasil), 1% de tween 80 (Êxodo Científica, Sumaré, SP, Brasil), 4% de carragena (Ibrac, São Paulo, Brasil), 0 a 20% de PE (Giroil, Entre-Ijuís, RS, Brasil) e 50 a 70% de água. Os percentuais de PE e água das diferentes HEs foi o seguinte: HE0 (0% de PE e 70% de água), HE5 (5% de PE e 65% de água), HE10 (10% de PE e 60% de água), HE15 (15% de PE e 55% de água) e HE20 (20% de PE e 50% de água). Primeiramente foram elaboradas separadamente as fases oleosas e aquosa. A fase oleosa foi elaborada através da mistura de óleo de linhaça com tween 80 por 1 minuto. A fase aquosa foi elaborada através da mistura de carragena, PE e água por 2 minutos. Na sequência, a fase oleosa foi lentamente adicionada a fase aquosa até completa homogeneização. As misturas foram realizadas com um mixer alimentício (Mixer Britânia BMX400P, Joinvile, Brasil). Após o processo, as HEs foram aquecidas em banho-maria (Novainstruments, Piracicaba, SP, Brasil) até sua temperatura atingir 80°C. Em seguida, as HEs foram resfriadas e armazenadas a 4°C até sua aplicação nos hambúrgueres.

4.2 ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES SUÍNOS

Seis formulações de hambúrgueres suíno foram elaboradas em triplicata. O Controle foi elaborado com 78,4% de carne suína, 20% de toucinho, 1,5% de sal e 0,1% de alho em pó. Nos

tratamentos G0, G5, G10, G15 e G20 foi realizada a substituição de 50% de toucinho pelas HES elaboradas com 0 (HE0), 5 (HE5), 10 (HE10), 15 (HE15) e 20% (HE0) de PE, respectivamente.

Para o processamento dos hambúrgueres a carne suína e o toucinho foram moídos separadamente em disco de 3 mm (moedor Model PJ22, Jamar Ltda, São Paulo, Brazil). Em seguida as matérias-primas e ingredientes foram pesados de acordo com a formulação de cada tratamento. A carne suína foi homogeneizada com sal para a melhor extração das proteínas miofibrilares. Logo a seguir, foram misturados os demais ingredientes até completa homogeneização. Os hambúrgueres (100 g) foram moldados em peças com 11 cm de diâmetro e 2,5 cm de espessura. Os hambúrgueres foram embalados individualmente em sacos (18 x 14 cm) de polietileno de alta densidade (Extrusa-Pack, Brasil) e selados em seladora (Selovac, São Paulo, Brasil). Os hambúrgueres embalados foram acondicionados em bandejas de isopor e armazenados a $4 \pm 0,1$ °C por 12 dias.

4.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição química dos hambúrgueres foi determinada em triplicata logo após a fabricação. Os teores de umidade, cinzas e proteínas foram quantificados utilizando a metodologia da AOAC (2006). O teor de lipídeos foi determinado pelo método descrito por BLIGH; DYER (1959).

4.4 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A avaliação do perfil de ácidos dos hambúrgueres foi realizada em triplicata logo após a sua fabricação. Os lipídeos extraídos por BLIGH; DYER (1959) foram utilizados para a determinação dos ácidos graxos após processo de transesterificação e esterificação dos ácidos graxos (HARTMAN; LAGO, 1973). O perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres foi analisado conforme procedimento descrito por (HECK et al., 2017) utilizando um cromatógrafo a gás equipado com detector de chama (CG-DIC, modelo Star 3400CX, Varian, USA) e amostrador automático (Modelo 8200, Varian, USA). Os resultados foram expressos em g/100g de ácidos graxos (VISENTAINER, 2012). Os índices de aterogenicidade e trombogenicidade foram calculados de acordo com as equações propostas por ULBRICHT; SOUTHGATE (1991).

4.5 REDUÇÃO DE DIÂMETRO E PERDAS NO COZIMENTO

As determinações das percentagens de redução de diâmetro e perdas no cozimento dos hambúrgueres foram determinadas em triplicata logo após sua fabricação. Primeiramente, as

amostras cruas (refrigeradas) foram pesadas e seu diâmetro aferido. Na sequência, as amostras foram cozidas até temperatura interna de 72°C. Após o resfriamento (25°C), os hambúrgueres foram novamente pesados e seu diâmetro medido. Os cálculos das percentagens de redução de diâmetro e perdas no cozimento foram realizados conforme equações 01 e 02, respectivamente

$$\% \text{ de redução de diâmetro} = \frac{\text{diâmetro}_{cru} - \text{diâmetro}_{cozido}}{\text{diâmetro}_{cru}} \times 100 \quad (01)$$

$$\text{Perdas no cozimento (\%)} = \frac{\text{peso}_{cru} - \text{peso}_{cozido}}{\text{peso}_{cru}} \times 100 \quad (02)$$

4.6 DETERMINAÇÃO DO pH E POTENCIAL REDOX (EH)

Para determinação do pH e Eh, 5 g de amostra cozida e triturada foram homogeneizadas em 50 mL de água destilada. A leitura foi realizada em um pHmetro digital de duplo canal (Digimed® - DM 23). A análise foi realizada em triplicata, nos dias 1, 7, 14 e 21 de armazenamento.

4.7 COR INSTRUMENTAL (L*, a*, b* e ΔE)

A cor instrumental (L*, a* e b*) dos hambúrgueres foi avaliada nos dias 1, 3, 6, 9 e 12 de armazenamento. Para cada tratamento foram feitas 6 leituras em pontos diferentes de um hambúrguer para cada replicata, sendo esta aferida somente do lado exposto a luz. A diferença global de cor (ΔE) foi calculada para cada tratamento ao comparar as diferenças de cor nos dias 3, 6, 9 e 12 com o dia 1 (OLIVEIRA FARIA et al., 2015). Para as avaliações de cor foi utilizado o colorímetro Minolta CR-400 ((Minolta Sensing Inc. Konica, Japão) com reflectância espectral (modo calibração), 10° de ângulo de observação, iluminante D65 e com operação no sistema CIE (L*a*b*).

4.8 pH E TBARS

A determinação de pH e TBARS dos hambúrgueres foi realizada em triplicata a cada 3 dias de armazenamento refrigerado (1, 3, 6, 9 e 12 dias). Os valores de pH foram determinados em uma solução homogeneizada com 5 gramas de amostra e 50mL de água destilada utilizando um pHmetro (Modelo 130 MA; Mettler Toledo Industria e Comércio Ltd, Sp, Brasil). As

análises de TBARS foram realizadas segundo BRUNA et al. (2001) e os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por Kg de amostra.

4.9 AERÓBIOS MESÓFILOS

A contagem total de aeróbios mesófilos dos hambúrgueres foi realizada em triplicata. As amostras foram coletadas e analisadas nos dias 1, 3, 6, 9 e 12 de armazenamento de acordo com a metodologia descrita por DOWNES; ITO (2001).

4.10 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada no início do armazenamento dos hambúrgueres. Quinze provadores (10 mulheres e 5 homens) habituados a consumir este tipo de produto cárneo e com idade entre 20-55 anos participaram da avaliação sensorial. Os provadores foram selecionados através da aplicação de testes triangulares e de reconhecimento de gostos básicos (STONE; SIDEL, 2004). O treinamento da equipe teve início com a apresentação das amostras, opções de referências e definições para cada descritor sensorial dos hambúrgueres. A equipe foi treinada por 12 horas, divididas em 3 sessões de 4 horas cada (WANG et al., 2022). Foram selecionados três descritores de aroma (característico, peixe e ranço), três de sabor (agradável, peixe e ranço) e dois de textura (suculência e maciez). Cada descritor e sua respectiva referência estão apresentados na Tabela 1. Para a avaliação sensorial dos hambúrgueres, as amostras foram cozidas em panela elétrica (Modelo multi Grill, Britânia, São Paulo, Brasil) até a temperatura interna de 72°C. Na sequência, foram cortadas em pedaços (4 x 4 x 2,5 cm), embaladas individualmente em papel alumínio e armazenadas em forno elétrico pré-aquecido a 60°C até o momento do teste. O teste foi realizado em cabines individuais, com controle de luz (fluorescente) e temperatura (25°C). As amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e apresentadas de forma monádica em blocos completos balanceados (MACFIE; BRACHELL, 1989). A avaliação dos hambúrgueres foi realizada através do uso de escala não estruturada de 9 cm, ancorada pelos extremos que variaram de nenhum/pouco (lado esquerdo) e muito (lado direito).

Tabela 1- Descritores sensoriais de hambúrguer desenvolvidos pelo painel treinado.

Descritor	Definição	Referência
Aroma característico	Intensidade de odor característico de hambúrguer suíno.	Pouco: fatia de salame (0,5cm) apresentada em embalagem com tampa. Muito: pedaço de hambúrguer suíno (4 x 4 x 2,5 cm) cozido em panela elétrica até temperatura interna de 72°C.
Aroma de peixe	Intensidade de odor característico de peixe fresco.	Nenhum: água a temperatura ambiente. Muito: óleo de linhaça (Giroil).
Aroma de ranço	Intensidade do odor característico de gordura suína oxidada.	Nenhum: toucinho fresco apresentada em embalagem com tampa. Muito: 50g de gordura suína armazenada por 6 meses, apresentada em embalagem com tampa.
Sabor agradável	Intensidade do sabor agradável percebido ao degustar um pedaço de amostra.	Pouco: Pedaço de hambúrguer suíno (4 x 4 x 2,5 cm) adicionado de 0,5% de KCl, cozido em panela elétrica até temperatura interna de 72°C. Muito: Pedaço de hambúrguer (4 x 4 x 2,5 cm) cozido em panela elétrica até temperatura interna de 72°C.
Sabor de peixe	Intensidade do sabor de peixe percebido ao degustar um pedaço de amostra.	Nenhum: água à temperatura ambiente. Muito: óleo de linhaça (Giroil)
Sabor de ranço	Intensidade do sabor característico da gordura suína oxidada.	Nenhum: fatia de 0,30 cm de salsicha de frango (Sadia). Muito: Fatia de 0,30 cm de salame (Frimesa) exposta a luz por 30 dias.
Suculência	Percepção da quantidade de líquido liberado na boca durante a degustação de um pedaço de amostra.	Pouco: fatia de 0,30 cm de salame (Frimesa). Muito: linguiça suína (marca) embalada em papel alumínio, assada em forno elétrico (180°C) por 40 minutos.
Maciez	Força mínima necessária para comprimir a amostra.	Pouco: Fatia de 0,5 cm de salame (Frimesa). Muito: Fatia de 0,30 cm de salsicha (Sadia) produzida com 60% de carne de frango separada mecanicamente.

4.11 ANÁLISE SENSORIAL

O experimento foi repetido três vezes em dias diferentes. Os dados físico-químicos e microbiológicos foram analisados usando um modelo linear generalizado. Os tratamentos e os dias de armazenamento foram colocados no modelo como efeito fixo e as replicatas foram analisadas como efeito aleatório. A interação entre os fatores fixos também foi avaliada nas análises realizadas durante o armazenamento. O teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias ($P < 0,05$). Os resultados da análise sensorial foram avaliados através da aplicação de um mapa GPA (“generalized procrustes analysis”), o qual foi gerado à partir de uma matriz de seis linhas (seis tratamentos) e 120 colunas (8 descritores e 15 provadores). O software XLSTAT versão 2019.2.2 (ADDINSOFT, NEW YORK, NY, USA) foi utilizado nas análises estatísticas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS

A composição química dos hambúrgueres enriquecidos com HE de óleo de linhaça e proteína de ervilha é apresentada na Tabela 2. A substituição de gordura pela HE aumentou ($P < 0.001$) o teor de umidade das amostras, sendo que a amostra G0 apresentou o maior valor. Este resultado é coerente com os teores de água adicionados nas diferentes HEs. Os produtos reformulados apresentaram em relação ao Controle uma redução de gordura superior a 40% ($P < 0.001$). Além disso, os tratamentos G15 e G20 apresentaram maiores ($P < 0.001$) teores de proteínas que os demais tratamentos, o que pode ser atribuído a maior quantidade de PE adicionada em suas HEs. Os teores de cinzas não foram afetados pela reformulação lipídica ($P > 0.05$).

Table 2- Chemical composition of pork burgers enriched with hydrogelled emulsion from linseed oil and pea protein

	Control	G0	G5	G10	G15	G20	SEM	Sig.
Moisture	62.1 ^c	69.6 ^a	64.8 ^{bc}	64.0 ^{bc}	66.1 ^b	65.5 ^b	0.7	***
Fat	22.4 ^a	13.1 ^b	13.5 ^b	12.8 ^b	12.6 ^b	12.3 ^b	0.3	***
Protein	15.8 ^b	14.7 ^b	15.6 ^b	15.8 ^b	17.0 ^a	17.4 ^a	0.6	***
Ash	2.9 ^a	2.6 ^a	2.8 ^a	2.8 ^a	2.7 ^a	2.6 ^a	0.04	n.s.

Averages within the same line followed by the same letters did not show any significant difference ($P > 0.05$) by Tukey's test. Batches: Control: 20% pork back fat; G0, G5, G10, G15, and G20: 50% substitution of pork back fat by hydrogelled emulsion from linseed oil produced with 0, 5, 10, 15, and 20% pea protein, respectively. SEM: Standard error of the mean.

Sig: *** ($P < 0.001$), n.s. (not significant).

Além de reduzir gordura e aumentar o teor de proteínas, a reformulação lipídica proporcionou uma importante melhora nutricional no perfil de ácidos graxos dos hambúrgueres (Tabela 3). A reformulação lipídica reduziu ($P < 0.001$) o teor total de SFA e aumentou ($P < 0.001$) o teor total de PUFA dos hambúrgueres. Estas modificações possibilitaram que os hambúrgueres reformulados atingissem uma relação PUFA/SFA considerada benéfica para reduzir os fatores de risco relacionados ao surgimento de doenças cardiovasculares) (FRANCO et al., 2020). Além disso, a reformulação lipídica também foi eficiente para reduzir ($P < 0.001$) a relação n-6 / n-3 PUFAs para valores nutricionalmente vantajosos para a saúde humana (HUANG; CHIBA; BERGEN, 2021). Os hambúrgueres reformulados também apresentaram menores ($P < 0.001$) índices de aterogenicidade e trombogenicidade que o Controle, o que também comprova que a reformulação lipídica melhorou a qualidade nutricional dos produtos.

Para finalizar é importante destacar que a reformulação lipídica também conferiu importantes benefícios para o marketing dos produtos, pois alegações saudáveis, como por exemplo, “reduced in fat” e “high in omega-3 fatty acids”, poderiam ser apresentadas no rótulo dos hambúrgueres reformulados (EUROPEAN PARLIAMENT, 2006).

Table 3- Fatty acid profile of pork burgers enriched with hydrogelled emulsion from linseed oil and pea protein.

	Control	G0	G5	G10	G15	G20	SEM	Sig
C12:0	0.11 ^a	0.08 ^b	0.10 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.01	*
C14:0	2.2 ^a	1.77 ^b	1.81 ^b	1.78 ^b	1.84 ^b	1.97 ^{ab}	0.21	**
C14:1	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.00	n.s
C15:0	0.09 ^b	0.088 ^b	0.096 ^{ab}	0.11 ^a	0.09 ^b	0.094 ^{ab}	0.01	**
C16:0	37.1 ^a	32.5 ^b	31.6 ^{bc}	30.8 ^{bc}	30.5 ^c	32.1 ^{bc}	2.40	***
C16:1	2.9 ^a	2.5 ^a	2.2 ^a	2.2 ^a	2.3 ^a	2.5 ^a	0.32	n.s.
C17:0	0.4 ^a	0.4 ^a	0.4 ^a	0.4 ^a	0.4 ^a	0.4 ^a	0.02	n.s
C17:1	0.3 ^a	0.3 ^a	0.3 ^a	0.3 ^a	0.3 ^a	0.3 ^a	0.02	n.s
C18:0	11.8 ^a	11.3 ^a	11.1 ^{ab}	10.4 ^b	10.3 ^b	10.5 ^b	0.68	***
C18:1t	0.65 ^a	0.61 ^a	0.63 ^a	0.49 ^c	0.54 ^{bc}	0.55 ^b	0.06	***
C18:1n9c	33.6 ^{ab}	33.5 ^{ab}	34.8 ^a	33.8 ^{ab}	34.3 ^a	32.8 ^b	0.77	**
C18:2n6t	0.03 ^b	0.04 ^b	0.04 ^b	0.03 ^b	0.03 ^b	0.09 ^a	0.02	***
C18:2n6c	8.9 ^b	10.3 ^a	11.2 ^a	10.8 ^a	10.9 ^a	10.5 ^a	0.87	***
C20:0	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.01	n.s
C18:3n6	0.02 ^b	0.04 ^a	0.04 ^a	0.05 ^a	0.05 ^a	0.05 ^a	0.00	***
C18:3n3	0.9 ^d	5.6 ^c	6.7 ^b	7.9 ^a	7.4 ^{ab}	7.3 ^{ab}	2.50	***
C20:2	0.20 ^{ab}	0.21 ^a	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.18 ^b	0.01	*
C22:0	0.02 ^b	0.02 ^b	0.02 ^{ab}	0.02 ^{ab}	0.03 ^a	0.02 ^{ab}	0.01	**
C20:3n6	0.042 ^c	0.047 ^{bc}	0.06 ^a	0.05 ^{bc}	0.052 ^{ab}	0.048 ^{bc}	0.01	**
C20:3n3	0.05 ^a	0.04 ^a	0.05 ^a	0.05 ^a	0.05 ^a	0.04 ^a	0.01	n.s
C20:4n6	0.15 ^a	0.21 ^a	0.45 ^a	0.22 ^a	0.23 ^a	0.21 ^a	0.15	n.s
ΣSFA	52.0 ^a	46.3 ^b	45.2 ^{bc}	43.8 ^c	43.4 ^c	45.3 ^{bc}	3.08	***
ΣMUFA	37.5 ^a	37.1 ^{ab}	36.1 ^b	36.9 ^{ab}	37.6 ^a	36.3 ^b	0.72	**
ΣPUFA	10.4 ^c	16.5 ^b	18.7 ^{ab}	19.3 ^a	19.0 ^a	18.4 ^{ab}	3.34	***
PUFA/SFA	0.27 ^b	0.44 ^a	0.52 ^a	0.52 ^a	0.51 ^a	0.50 ^a	0.09	***
Σn-3	0.96 ^d	5.68 ^c	6.72 ^b	7.99 ^a	7.48 ^{ab}	7.29 ^{ab}	2.50	***
Σn-6	9.43 ^b	10.8 ^{ab}	12.0 ^a	11.3 ^a	11.5 ^a	11.1 ^a	1.00	***
n-6/n-3	9.82 ^a	1.91 ^b	1.78 ^{bc}	1.41 ^c	1.54 ^{bc}	1.53 ^{bc}	3.18	***
AI	0.96 ^a	0.74 ^b	0.71 ^b	0.67 ^b	0.67 ^b	0.73 ^b	0.11	***
TI	1.93 ^a	1.10 ^b	0.99 ^{bc}	0.88 ^c	0.89 ^c	0.96 ^c	0.39	***

^{a-d} Mean values in the same row not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

Batches: Control: 20% pork back fat; G0, G5, G10, G15, and G20: 50% substitution of pork back fat by hydrogelled emulsion from linseed oil produced with 0, 5, 10, 15, and 20% pea protein, respectively.

SEM: Standard error of the mean. Sig.: significance: *** ($P < 0.001$); ** ($P < 0.01$); * ($P < 0.05$); n.s. (not significant)

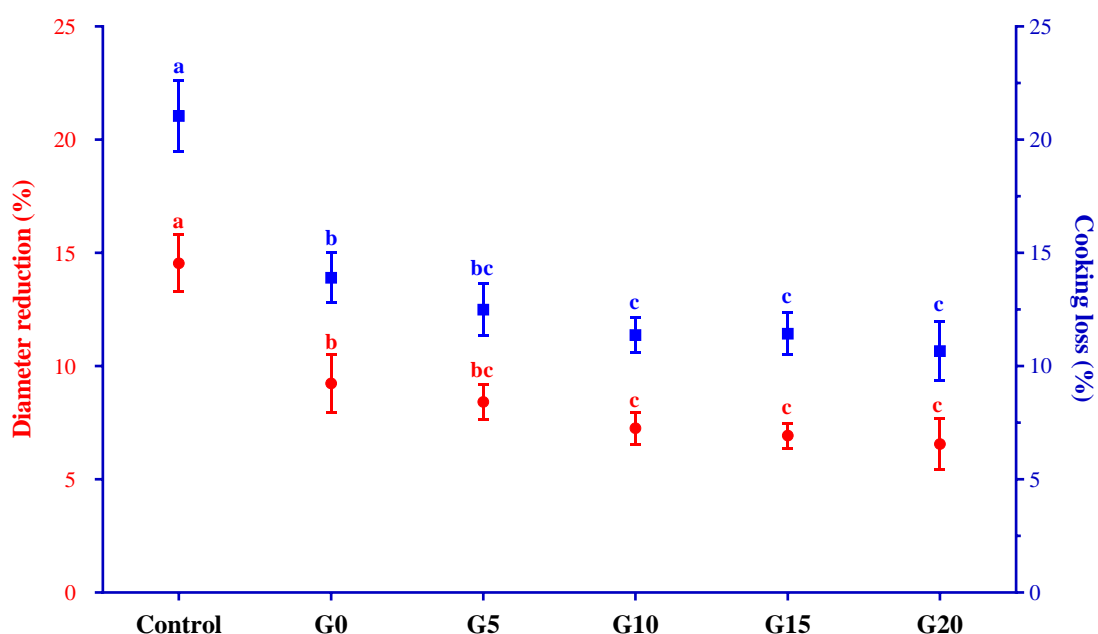
SFA= saturated fatty acids; MUFA= monounsaturated fatty acids; PUFA= polyunsaturated fatty acids; n-6= omega-6; n-3= omega-3. AI: atherogenic index; TI: thrombogenic index.

5.2 REDUÇÃO DE DIÂMETRO E PERDAS POR COZIMENTO

A reformulação lipídica melhorou as propriedades tecnológicas dos hambúrgueres (Figura 1). Todos os tratamentos modificados apresentaram menores porcentagens de redução

de diâmetro e de perdas no cozimento que o Controle ($P < 0.001$). A adição de PE nas HEs foi eficiente para melhorar estes importantes atributos tecnológicos. Os melhores resultados foram obtidos nas amostras com adição de HEs contendo a partir de 10% de PE. Este resultado pode ser atribuído a alta capacidade de retenção de água e gordura da proteína de ervilha conforme reportado por BALL et al. (2021). Resultados similares foram reportados por (BAUGREET et al., 2016; ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, 2021) ao utilizarem PE em produtos cárneos reestruturados e emulsionados, respectivamente.

Figura 1- Redução de diâmetro e perda por cozimento de hambúrgueres enriquecidos com emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça e proteína de ervilha.



*Letras diferentes apresentaram diferenças significativas no teste de Tukey ($P < 0,05$). As barras de erro indicam o erro padrão da média. Tratamentos: Controle: 20% de toucinho; G0, G5, G10, G15 e G20: substituição de 50% de toucinho por emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça produzida com 0, 5, 10, 15 e 20% de proteína de ervilha, respectivamente.

5.3 COR INSTRUMENTAL (L^* , a^* , b^* E ΔE)

Os valores de L^* , a^* e b^* dos hambúrgueres são apresentados na Tabela 4. Os tratamentos modificados apresentaram valores de L^* e a^* similares ($P > 0.05$) ao Controle. Também não houve diferença ($P > 0.05$) nos valores de b^* entre o Controle e os tratamentos com HEs produzidas com até 10% de PE. No entanto, G15 e G20 apresentaram maiores ($P < 0.001$) valores de b^* que o Controle. Este resultado é coerente com o maior nível de proteína de ervilha

adicionado nestes tratamentos, já que este ingrediente possui uma coloração mais amarelada que o toucinho ($b^* = 24,11$ vs $12,25$, para a PE e toucinho, respectivamente). Concordando com estes resultados, ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, (2021) e REVILLA et al. (2022) também reportaram um aumento da coloração amarela de emulsões cárneas elaboradas com PE.

Table 4- Color parameters (day 1) of pork burgers enriched with hydrogelled emulsion from linseed oil and pea protein

	Control	G0	G5	G10	G15	G20	SEM	Sig.
L*	59.9 ^{ab}	63.3 ^a	63.2 ^a	63.1 ^a	62.2 ^a	56.1 ^b	1.3	***
a*	8.1 ^a	9.2 ^a	10.0 ^a	8.9 ^a	9.4 ^a	8.1 ^a	0.7	n.s.
b*	17.1 ^b	17.3 ^b	18.9 ^{ab}	19.5 ^{ab}	21.5 ^a	21.7 ^a	0.6	***

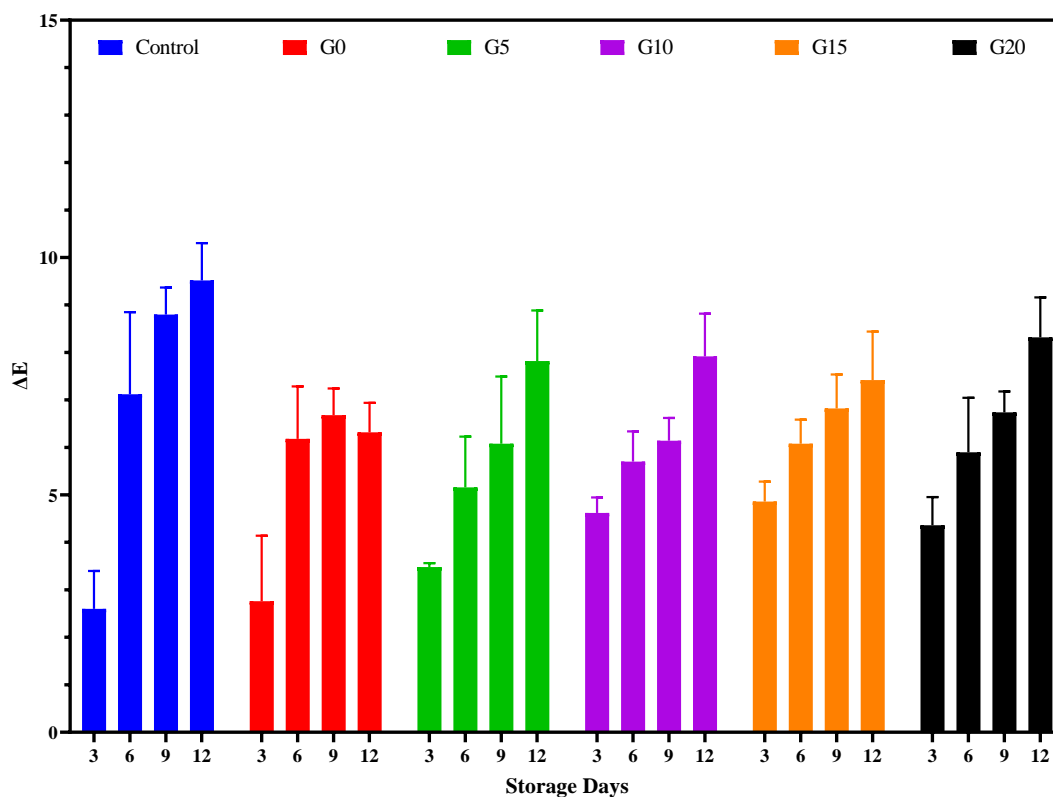
Averages within the same line followed by the same letters did not show any significant difference ($P > 0.05$) by Tukey's test. Batches: Control: 20% pork back fat; G0, G5, G10, G15, and G20: 50% substitution of pork back fat by hydrogelled emulsion from linseed oil produced with 0, 5, 10, 15, and 20% pea protein, respectively. SEM: Standard error of the mean.

Sig: *** ($P < 0.001$), n.s. (not significant).

Os valores de ΔE foram calculados para acompanhar as mudanças de cor das diferentes formulações durante os 12 dias de armazenamento refrigerado (Figura 2). Os tratamentos apresentaram uma evolução semelhante dos valores de ΔE . Todos os tratamentos permaneceram com valores de ΔE menores que 5 somente até o 3º dia de armazenamento. Entre o 6º e o 12º dia de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram valores de ΔE entre 5 a 10, o que indica que os consumidores provavelmente identificariam a diferença de cor entre as amostras (MOKRZYCKI; TATOL, 2014). Este aumento dos valores de ΔE é um resultado esperado, visto que em produtos cárneos crus não curados armazenados sob refrigeração a oximioglobina com o passar do tempo é oxidada em metamioglobina (KEOKAMNERD et al., 2008).

Em resumo, os resultados da análise de cor instrumental demonstraram que a reformulação lipídica não teve grande influência na cor dos hambúrgueres e não intensificou as modificações de cor que ocorrem durante o armazenamento.

Figura 2- Valores de ΔE de hambúrgueres calculados para cada tratamento comparando as diferenças de cor nos dias 3, 6, 9 e 12 com o dia 1.

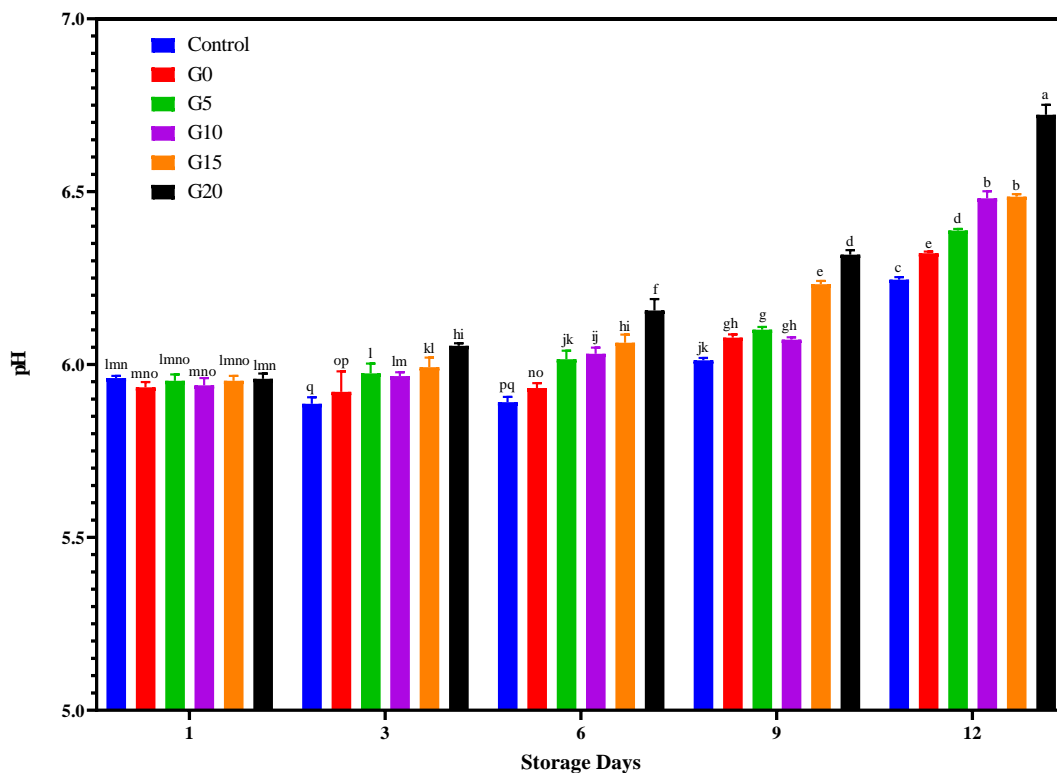


*As barras de erro indicam o erro padrão da média. Tratamentos: Controle: 20% de toucinho; G0, G5, G10, G15 e G20: substituição de 50% de toucinho por emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça produzida com 0, 5, 10, 15 e 20% de proteína de ervilha, respectivamente.

5.4 pH, Eh E TBARs

Os valores de pH foram significativamente ($P < 0.001$) influenciados pela interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Figura 3). Os valores iniciais de pH de todos os tratamentos ficaram próximos a 5,9, o que pode ser considerado normal para este tipo de produto cárneo (HECK et al., 2017). Os valores de pH dos tratamentos reformulados não diferiram ($P > 0.05$) do Controle logo após a fabricação. Todos os tratamentos apresentaram um aumento dos valores de pH durante o armazenamento, o que pode ser atribuído a liberação de compostos alcalinos devido a reações proteolíticas (PEDRO et al., 2021). Em geral, os tratamentos com maiores níveis de proteína de ervilha apresentaram um maior aumento de pH durante o armazenamento. Um resultado similar também foi reportado por ÖZTÜRK-KERIMOĞLU (2021) ao adicionarem PE em emulsões cárneas. Este aumento nos valores de pH pode ser atribuído ao alto teor de aminoácidos com caráter alcalino da PE (SHEN et al., 2022).

Figura 3- Valores de pH de hambúrgueres enriquecidos com emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça e proteína de ervilha.

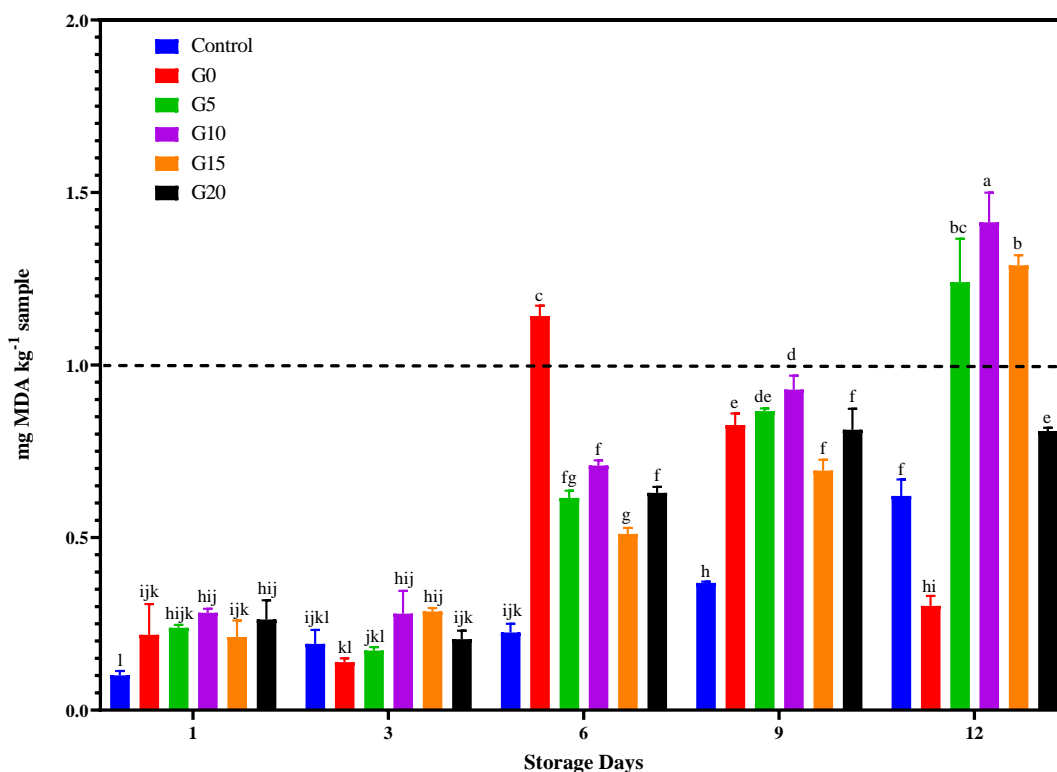


*Letras diferentes apresentaram diferenças significativas no teste de Tukey ($P < 0,05$). As barras de erro indicam o erro padrão da média. Tratamentos: Controle: 20% de toucinho; G0, G5, G10, G15 e G20: substituição de 50% de toucinho por emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça produzida com 0, 5, 10, 15 e 20% de proteína de ervilha, respectivamente.

Os valores de TBARS foram significativamente ($P < 0,001$) influenciados pela interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Figura 4). A reformulação lipídica causou um grande impacto na evolução dos valores de TBARS durante o armazenamento. Os valores de TBARS permaneceram baixos ($< 0,3$ mg de MDA/kg de amostra) até o 3º dia de armazenamento em todos os tratamentos. No entanto, os tratamentos reformulados apresentaram um aumento expressivo nos valores de TBARS à partir do 6º dia de armazenamento. Este aumento na oxidação lipídica pode ser atribuído ao maior teor de PUFAs das amostras reformuladas em relação ao Controle (Tabela 3) e demonstra a dificuldade de se incorporar óleos saudáveis em produtos cárneos. Uma tendência semelhante também foi reportada por HECK et al. (2020, 2021) ao avaliarem a evolução da oxidação lipídica durante

o armazenamento congelado de hambúrgueres enriquecidos com óleo de chia e de linhaça. A amostra G0 apresentou a maior oxidação entre todos os tratamentos, pois já no dia 6 de armazenamento ultrapassou o limite de TBARS sensorialmente detectável (DOMÍNGUEZ et al., 2019). Os valores de TBARS de G0 caíram nos dias 9 e 12 de armazenamento, o que sinaliza que o malonaldeído se transformou em outros produtos de oxidação não detectáveis pela análise de TBARS (ABREU et al., 2011). A amostra G20 apresentou a menor oxidação lipídica entre os tratamentos reformulados, permanecendo durante todo o período de armazenamento com valores de TBARS menores que 1,0 mg de MDA/kg de amostra.

Figura 4- Valores de TBARS de hambúrgueres enriquecidos com emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça e proteína de ervilha.

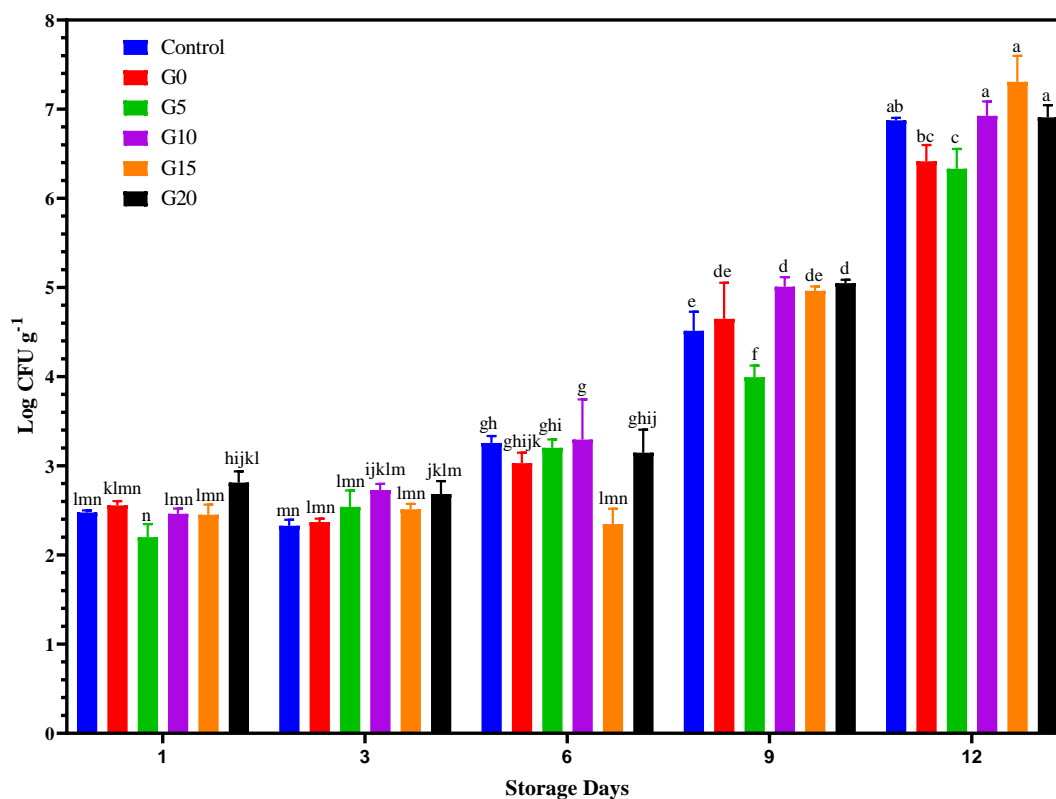


*Letras diferentes apresentaram diferenças significativas no teste de Tukey ($P < 0,05$). As barras de erro indicam o erro padrão da média. Tratamentos: Controle: 20% de toucinho; G0, G5, G10, G15 e G20: substituição de 50% de toucinho por emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça produzida com 0, 5, 10, 15 e 20% de proteína de ervilha, respectivamente.

5.5 MICRORGANISMOS AERÓBIOS MESÓFILOS

A quantificação de microrganismos aeróbios mesófilos fornece um indicativo da qualidade higiênica-sanitária da matéria-prima e do processamento, além de ser o principal indicador do final do shelf life de produtos cárneos refrigerados (KNOX et al., 2008). A contagem de microrganismos aeróbios mesófilos foi influenciada significativamente ($P < 0.001$) pela interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Figura 5). Logo após a fabricação, a contagem de aeróbios mesófilos foi baixa ($< 3 \log \text{ UFC.g}^{-1}$) em todos os tratamentos, indicando uma boa qualidade higiênico-sanitária da matéria-prima e do processamento. Conforme esperado, a contagem aumentou durante o armazenamento em todos os tratamentos ($P < 0.001$). A reformulação lipídica não causou grande impacto na evolução dos microrganismos aeróbios mesófilos. Após 12 dias de armazenamento, todos os tratamentos ultrapassaram a contagem de $6 \log \text{ UFC.g}^{-1}$, o que indica o final do shelf life dos produtos (Capita et al., 2018). Apesar dos tratamentos com PE apresentarem um maior pH que o Controle no final do armazenamento (Figura 3), o crescimento de aeróbios mesófilos destes tratamentos não foi estimulado.

Figura 5 - Contagem de microrganismos aeróbios mesófilos (Log UFC g⁻¹) de hambúrgueres enriquecidos com emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça e proteína de ervilha.



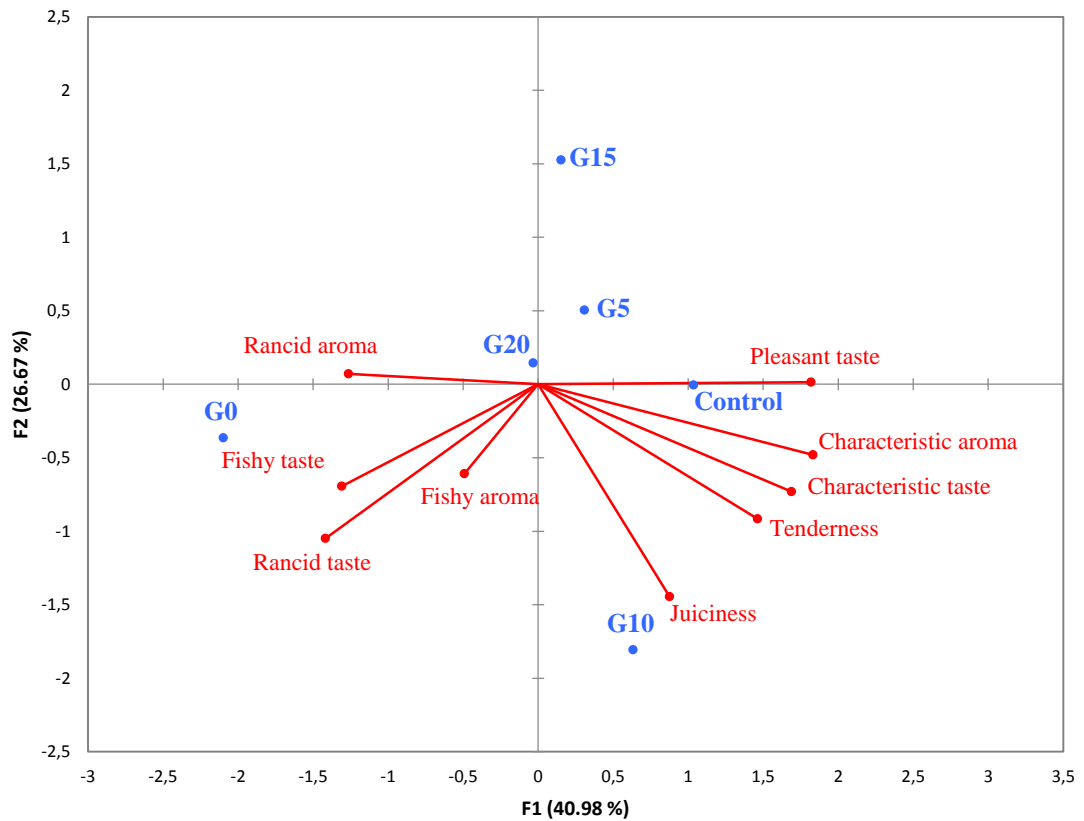
*Letras diferentes apresentaram diferenças significativas no teste de Tukey ($P < 0,05$). As barras de erro indicam o erro padrão da média. Tratamentos: Controle: 20% de toucinho; G0, G5, G10, G15 e G20: substituição de 50% de toucinho por emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça produzida com 0, 5, 10, 15 e 20% de proteína de ervilha, respectivamente.

5.6 ANÁLISE SENSORIAL

Os resultados da análise sensorial foram avaliados utilizando um mapa GPA (Figura 6). A F1 e a F2 explicaram 40,98% e 26,67% da variação total dos dados, respectivamente. As amostras G15 e G20 foram posicionadas bem próxima ao centro da F1. Por outro lado, as amostras Controle, G5 e G10 foram posicionadas no lado positivo, enquanto que G0 foi posicionada no lado negativo da F1. Conforme esperado, o Controle foi caracterizado por atributos sensoriais agradáveis, como “sabor agradável”, “aroma característico”, “sabor característico”, “maciez” e “suculência”. Concordando com os resultados da análise de TBARS (Fig. 4), a amostra G0 foi caracterizada por atributos sensoriais relacionados a oxidação lipídica, como por exemplo, “aroma de ranço” e “sabor de ranço”. Além disso, G0 também foi caracterizada por atributos sensoriais negativos que são comumente associados ao óleo de linhaça (HECK et al., 2019), como “sabor de peixe” e “aroma de peixe”.

Os resultados da análise sensorial demonstraram que a adição de PE nas HEs foi eficiente para reduzir os defeitos sensoriais causados pelo óleo de linhaça. O mapa GPA demonstrou que tanto G5 quanto G10 foram sensorialmente similares ao Controle. Porém, o fato de G10 estar mais próxima que G5 de atributos sensoriais benéficos relacionados à presença de gordura em produtos cárneos, como “suculência” e “maciez”, demonstra que o teor de 10% de proteína de ervilha é o nível mais indicado do ponto de vista sensorial para ser adicionado nas HEs.

Figura 6- Mapa GPA de hambúrgueres enriquecidos com emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça e proteína de ervilha.



*Tratamentos: Controle: 20% de toucinho; G0, G5, G10, G15 e G20: substituição de 50% de toucinho por emulsão hidrogelificada de óleo de linhaça produzida com 0, 5, 10, 15 e 20% de proteína de ervilha, respectivamente.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo foi proposta uma reformulação lipídica de hambúrgueres através da substituição de 50% do seu teor de gordura por HEs produzidas com óleo de linhaça e diferentes concentrações de PE. Além de reduzir em mais de 40% o teor de gordura e aumentar em até 10% o teor de proteínas, a reformulação lipídica também melhorou a qualidade nutricional da fração lipídica dos hambúrgueres devido ao enriquecimento com n-3 PUFAs. A reformulação lipídica não teve um grande efeito na cor e na estabilidade microbiológica dos hambúrgueres. Além disso, os resultados também demonstraram que a inclusão de PE nas HEs foi eficiente para melhorar a qualidade tecnológica, oxidativa e sensorial dos hambúrgueres.

REFERÊNCIAS

- AGREGÁN, R. et al. <scp> *Fucus vesiculosus* </scp> extracts as natural antioxidants for improvement of physicochemical properties and shelf life of pork patties formulated with oleogels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 10, p. 4561–4570, 15 ago. 2019.
- AOAC. Official methods of analysis (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2006.
- ALEJANDRE, M. et al. Using canola oil hydrogels and organogels to reduce saturated animal fat in meat batters. **Food Research International**, v. 122, p. 129–136, 1 ago. 2019.
- ALMEIDA, C. M. et al. Production of Low-Fat Emulsified Cooked Sausages Using Amorphous Cellulose Gel. **Journal of Food Quality**, v. 37, n. 6, p. 437–443, dez. 2014.
- ÁLVAREZ, D.; BARBUT, S. Effect of inulin, β -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. **Meat Science**, v. 94, n. 3, p. 320–327, jul. 2013.
- ALVES, L. A. A. DOS S. et al. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. **Meat Science**, v. 121, p. 73–78, nov. 2016.
- BALL, J. J. et al. Influence of Plant-Based Proteins on the Fresh and Cooked Characteristics of Ground Beef Patties. 2021.
- BARBUT, S.; MARANGONI, A. Organogels use in meat processing – Effects of fat/oil type and heating rate. **Meat Science**, v. 149, p. 9–13, 1 mar. 2019.
- BAUGREET, S. et al. Development of novel fortified beef patties with added functional protein ingredients for the elderly. **Meat Science**, v. 122, p. 40–47, dez. 2016.
- BAUGREET, S. et al. Physicochemical Characteristics of Protein-Enriched Restructured Beef Steaks with Phosphates, Transglutaminase, and Elasticised Package Forming. **Journal of Food Quality**, v. 2018, p. 1–11, 2018.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37(8), 911–917, 1959.
- BOGAHAWATHTHA, D. et al. Impact of selected process parameters on solubility and heat stability of pea protein isolate. **LWT**, v. 102, p. 246–253, mar. 2019.
- BOUKID, F.; ROSELL, C. M.; CASTELLARI, M. Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 729–742, abr. 2021.
- BROUCKE, K. et al. Ability of (extruded) pea protein products to partially replace pork meat in emulsified cooked sausages. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 78, 1 jun. 2022.
- BRUNA, J. M., ORDÓÑEZ, J. A., FERNÁNDEZ, M., HERRANZ, B., DE 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**, 59(1), 87–96, 2001.
- CÂMARA, A. K. F. I. et al. Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. **Meat Science**, v. 163, 1 maio 2020.
- CAMPAGNOL, P. C. B. et al. The Effect of Soy Fiber Addition on the Quality of Fermented Sausages at Low-Fat Content. **Journal of Food Quality**, v. 36, n. 1, p. 41–50, fev. 2013.
- CAPITA, R., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, T., ALONSO-CALLEJA, C. Effect of several packaging conditions on the microbiological, physicochemical and sensory properties of ostrich steaks during refrigerated storage. *Food Microbiology*, 72, 146–156, 2018.

CHAO, D.; JUNG, S.; ALUKO, R. E. Physicochemical and functional properties of high pressure-treated isolated pea protein. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 45, p. 179–185, fev. 2018.

DA SILVA, S. L. et al. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. **Meat Science**, v. 149, p. 141–148, 1 mar. 2019.

DE OLIVEIRA FARIA, M., CIPRIANO, T. M., DA CRUZ, A. G., SANTOS, B. A. D., POLLONIO, M. A. R., CAMPAGNOL, P. C. B. Properties of bologna-type sausages with pork back-fat replaced with pork skin and amorphous cellulose. **Meat Science**, 104, 44–51, 2015.

DE SOUZA PAGLARINI, C. et al. Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. **Food Structure**, v. 20, 1 abr. 2019.

DOMÍNGUEZ, R. et al. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. **Current Opinion in Food Science**, v. 37, p. 135–144, fev. 2021.

DOMÍNGUEZ, R., PATEIRO, M., GAGAOUA, M., BARBA, F. J., ZHANG, W., LORENZO, J. M. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. **Antioxidants**, 8(10), 429, 2019.

DOWNES, F. P.; ITO K. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. American Public Health Association, Washington, DC, 2001.

DOS SANTOS, B. A. et al. Fructooligosaccharides as a fat replacer in fermented cooked sausages. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 6, p. 1183–1192, jun. 2012.

EUROPEAN PARLIAMENT. Regulation (EC) no 1924/2006 of the European Parliament and of the council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. *Official Journal of the European Union*, L404, 9–25, 2006.

FRANCO, D. et al. Strategy towards Replacing Pork Backfat with a Linseed Oleogel in Frankfurter Sausages and Its Evaluation on Physicochemical, Nutritional, and Sensory Characteristics. **Foods**, v. 8, n. 9, p. 366, 26 ago. 2019.

FRANCO, D. et al. Evaluation of linseed oil oleogels to partially replace pork backfat in fermented sausages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 1, p. 218–224, 15 jan. 2020.

GE, J. et al. The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and perspectives. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 4, p. 1835–1876, 22 jul. 2020.

GEERTS, M. E. J. et al. Protein nativity explains emulsifying properties of aqueous extracted protein components from yellow pea. **Food Structure**, v. 14, p. 104–111, out. 2017.

GENCCELEP, H. et al. The effect of starch modification and concentration on steady-state and dynamic rheology of meat emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 48, p. 135–148, jun. 2015.

GÓMEZ-ESTACA, J. et al. Characterization of ethyl cellulose and beeswax oleogels and their suitability as fat replacers in healthier lipid pâtés development. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 960–969, fev. 2019.

GORISSEN, S. H. M. et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. **Amino Acids**, v. 50, n. 12, p. 1685–1695, 30 dez. 2018.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, 22(6), 475–476, 1973. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4727126/>

HECK, R. T. et al. Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n – 6/n – 3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties? **Meat Science**, v. 130, p. 16–25, ago. 2017a.

HECK, R. T. et al. Volatile compounds and sensory profile of burgers with 50% fat replacement by microparticles of chia oil enriched with rosemary. **Meat Science**, v. 148, p. 164–170, fev. 2019.

HECK, R. T. et al. Hydrogelled emulsion from chia and linseed oils: A promising strategy to produce low-fat burgers with a healthier lipid profile. **Meat Science**, v. 156, p. 174–182, out. 2019b.

HECK, R. T. et al. Jabuticaba peel extract obtained by microwave hydrodiffusion and gravity extraction: A green strategy to improve the oxidative and sensory stability of beef burgers produced with healthier oils. **Meat Science**, p. 108227, jul. 2020.

HERRERO, A. M. et al. Lipid and protein structure analysis of frankfurters formulated with olive oil-in-water emulsion as animal fat replacer. **Food Chemistry**, v. 135, n. 1, p. 133–139, nov. 2012a.

HERRERO, A. M. et al. Lipid and protein structure analysis of frankfurters formulated with olive oil-in-water emulsion as animal fat replacer. **Food Chemistry**, v. 135, n. 1, p. 133–139, nov. 2012b.

HERRERO, A. M. et al. Infrared spectroscopy used to determine effects of chia and olive oil incorporation strategies on lipid structure of reduced-fat frankfurters. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1333–1339, 15 abr. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://censo2010.ibge.gov.br/>. 2010.

World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death>. 2019.

HUANG, C.; CHIBA, L. I.; BERGEN, W. G. Bioavailability and metabolism of omega-3 polyunsaturated fatty acids in pigs and omega-3 polyunsaturated fatty acid-enriched pork: A review. **Livestock Science**, v. 243, 1 jan. 2021.

HUGHES, E.; COFRADES, S.; TROY, D. J. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. **Meat Science**, v. 45, n. 3, p. 273–281, mar. 1997.

ISLAM, MD. A. et al. Trans fatty acids and lipid profile: A serious risk factor to cardiovascular disease, cancer and diabetes. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 13, n. 2, p. 1643–1647, mar. 2019.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. et al. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Research International**, v. 43, n. 8, p. 2068–2076, out. 2010.

JIMENEZ-COLMENERO, F. et al. Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 44, n. 2, p. 177–188, ago. 2015.

KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D. R. Flaxseed—a potential functional food source. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 4, p. 1857–1871, 28 abr. 2015.

KEOKAMNERD, T., ACTON, J. C., HAN, I. Y., DAWSON, P. L. Effect of Commercial Rosemary Oleoresin Preparations on Ground Chicken Thigh Meat Quality Packaged in a High-Oxygen Atmosphere. **Poultry Science**, 87(1), 170–179, 2008.

KNOX, B. L., VAN LAACK, R. L. J. M., DAVIDSON, P. M. Relationships between Ultimate pH and Microbial, Chemical, and Physical Characteristics of Vacuum-Packaged Pork Loins. **Journal of Food Science**, 73(3), M104–M110, 2010.

LEBRET, B.; ČANDEK-POTOKAR, M. Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. **Animal**, v. 16, p. 100402, fev. 2022.

LIMA, T. L. S. et al. Pre-emulsified linseed oil as animal fat replacement in sheep meat sausages: Microstructure and physicochemical properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 1, 22 jan. 2021.

LU, Z. X. et al. **Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* Taylor and Francis Inc., , 21 ago. 2020.

MCAFEE, A. J. et al. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 1–13, jan. 2010.

MACFIE, H. J., BRATCHELL, N., GREENHOFF, K., VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4(2), 129–148, 1989.

MOHANAN, A.; NICKERSON, M. T.; GHOSH, S. Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants. **Food Chemistry**, v. 266, p. 524–533, nov. 2018.

MOKRZYCKI, W., TATOL, M. Color difference Delta E-A survey. *Machine Graphics & Vision International Journal*, 20(4), 383–411, 2011.

NEVRKLA, P. et al. Meat Quality and Fatty Acid Profile of Pork and Backfat from an Indigenous Breed and A Commercial Hybrid of Pigs. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 4, p. 1215–1227, 1 out. 2017.

ÖZER, C. O.; ÇELEGEN, Ş. Evaluation of quality and emulsion stability of a fat-reduced beef burger prepared with an olive oil oleogel-based emulsion. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 8, 11 ago. 2021.

ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, B. A promising strategy for designing reduced-fat model meat emulsions by utilization of pea protein-agar agar gel complex. **Food Structure**, v. 29, jul. 2021.

PANERAS, E. D.; BLOUKAS, J. G. Vegetable Oils Replace Pork Backfat for Low-Fat Frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 4, p. 725–728, jul. 1994.

PATEL, A. R. et al. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. **Food Funct.**, v. 5, n. 4, p. 645–652, 2014.

PEDRO, D., SALDAÑA, E., LORENZO, J. M., PATEIRO, M., DOMINGUEZ, R., DOS SANTOS, B. A., CICHOSKI, A. J., CAMPAGNOL, P. C. B. Low-sodium dry-cured rabbit leg: A novel meat product with healthier properties. *Meat Science*, 173, 108372, 2021.

PELSER, W. M. et al. Lipid oxidation in n–3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. **Meat Science**, v. 75, n. 1, p. 1–11, jan. 2007.

PIETRASIK, Z. et al. Utilization of pea starch and fibre fractions for replacement of wheat crumb in beef burgers. **Meat Science**, v. 161, p. 107974, mar. 2020.

PINTADO, T.; COFRADES, S. Quality Characteristics of Healthy Dry Fermented Sausages Formulated with a Mixture of Olive and Chia Oil Structured in Oleogel or Emulsion Gel as Animal Fat Replacer. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 830, 24 jun. 2020.

RAMOS DIAZ, J. M. et al. Fibrous meat analogues containing oat fiber concentrate and pea protein isolate: Mechanical and physicochemical characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 77, p. 102954, maio 2022.

REVILLA, I. et al. The Effects of the Progressive Replacement of Meat with Texturized Pea Protein in Low-Fat Frankfurters Made with Olive Oil. **Foods**, v. 11, n. 7, p. 923, 23 mar. 2022.

ROGERS, M. A.; WRIGHT, A. J.; MARANGONI, A. G. Oil organogels: the fat of the future? **Soft Matter**, v. 5, n. 8, p. 1594, 2009.

SAGIRI, S. S. et al. Organogels as Matrices for Controlled Drug Delivery: A Review on the Current State. **Soft Materials**, v. 12, n. 1, p. 47–72, 2 jan. 2014.

SANTOS, B. A. et al. Ultra-flash profile and projective mapping for describing sensory attributes of prebiotic mortadellas. **Food Research International**, v. 54, n. 2, p. 1705–1711, dez. 2013.

SCHREUDERS, F. K. G. et al. Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. **Journal of Food Engineering**, v. 261, p. 32–39, nov. 2019.

SHEN, Y. et al. Effect of adding modified pea protein as functional extender on the physical and sensory properties of beef patties. **LWT**, v. 154, 15 jan. 2022.

SHIM, Y. Y. et al. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) bioactive compounds and peptide nomenclature: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 38, n. 1, p. 5–20, jul. 2014.

STONE, H., SIDEL, J. L. Sensory Evaluation Practices: Third Edition. **Sensory Evaluation Practices: Third Edition**, 1–374, 2004.

SHOAIB, A. et al. Use of pea and rice protein isolates as source of meat extenders in the development of chicken nuggets. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 9, p. e13763, set. 2018.

STORTZ, T. A. et al. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. **Lipid Technology**, v. 24, n. 7, p. 151–154, jul. 2012.

SYMONIUK, E.; RATUSZ, K.; KRYGIER, K. Oxidative stability and the chemical composition of market cold-pressed linseed oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 11, p. 1700055, 8 nov. 2017.

TARTÉ, R. et al. High-oleic and conventional soybean oil oleogels structured with rice bran wax as alternatives to pork fat in mechanically separated chicken-based bologna sausage. **LWT**, v. 131, p. 109659, set. 2020.

ULBRICHT, T. L. V., SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**, 338(8773), 985–992, 1991.

VISENTAINER, J. V. Aspectos analíticos da resposta do detector de ionização em chama para ésteres de ácidos graxos em biodiesel e alimentos. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 274–279, 2012.

WANG, H., FENG, X., SUO, H., YUAN, X., ZHOU, S., REN, H., JIANG, Y., KAN, J. Comparison of the performance of the same panel with different training levels: Flash profile versus descriptive analysis. **Food Quality and Preference**, 99, 104582, 2022.

WEI, Y. et al. Comparative studies on the stabilization of pea protein dispersions by using various polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, v. 98, p. 105233, jan. 2020.

XIA, S. et al. Structural and rheological properties of meat analogues from *Haematococcus pluvialis* residue-pea protein by high moisture extrusion. **LWT**, v. 154, p. 112756, jan. 2022.

YOUSSEF, M. K.; BARBUT, S. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. **Meat Science**, v. 87, n. 4, p. 356–360, abr. 2011.

ZETZL, A. K.; MARANGONI, A. G.; BARBUT, S. Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. **Food & Function**, v. 3, n. 3, p. 327, 2012.