



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MATHEUS DE PAULA LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE SORVETE PLANT-BASED A PARTIR DE EXTRATO
HIDROSSOLÚVEL DE LINHAÇA COMBINADO COM EXTRATO DE SOJA E
POLVILHO DOCE**

ALEGRE - ES
OUTUBRO - 2021

MATHEUS DE PAULA LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE SORVETE PLANT-BASED A PARTIR DE EXTRATO
HIDROSSOLÚVEL DE LINHAÇA COMBINADO COM EXTRATO DE SOJA E
POLVILHO DOCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Sérgio Henriques Saraiva
Coorientador: Prof. Wilton Soares Cardoso
Coorientador: Prof. André Gustavo Vasconcelos Costa

ALEGRE – ES
OUTUBRO – 2021

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

D278d de Paula Lopes, Matheus, 1994-
DESENVOLVIMENTO DE SORVETE PLANT-BASED A
PARTIR DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE LINHAÇA
COMBINADO COM EXTRATO DE SOJA E POLVILHO
DOCE / Matheus de Paula Lopes. - 2021.
72 f. : il.

Orientador: Sérgio Henriques Saraiva.

Coorientadores: Wilton Soares Cardoso, André Gustavo
Vasconcelos Costa.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Linhaça. 2. Sorvetes. 3. Alimentos. I. Henriques Saraiva,
Sérgio. II. Soares Cardoso, Wilton. III. Vasconcelos Costa,
André Gustavo. IV. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

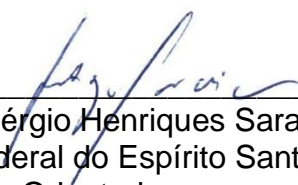
CDU: 664

MATHEUS DE PAULA LOPES

**DESENVOLVIMENTO DE SORVETE PLANT-BASED A PARTIR DE EXTRATO
HIDROSSOLÚVEL DE LINHAÇA COMBINADO COM EXTRATO DE SOJA E
POLVILHO DOCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

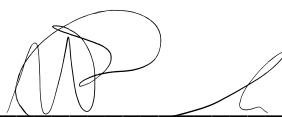
Aprovada em 27 de outubro de 2021.



Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Orientador



Pós Doutoranda Drª. Cintia da Silva Araújo
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Examinador



Prof. Dr. Wilton Soares Cardoso
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES
Coorientador

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Geral	7
2.2 Específicos	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 Ações governamentais para a exclusão de gorduras hidrogenadas em alimentos e impactos na indústria.....	9
3.2 Substituição de gordura em alimentos como a solução para uma alimentação saudável.....	11
3.3 Perspectivas para a tecnologia de sorvetes <i>plant-based</i>	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Obtenção do extrato hidrossolúvel de linhaça	23
4.2 Avaliação do rendimento, densidade e viscosidade do extrato hidrossolúvel de linhaça.....	24
4.2.1 Determinação do rendimento da extração.....	24
4.2.2 Determinação de densidade	24
4.2.3 Análise de viscosidade.....	24
4.3 Avaliação da estabilidade pela suscetibilidade à sinérese.....	24
4.3.1 Avaliação da estabilidade após congelamento.....	25
4.3.2 Avaliação da estabilidade em diferentes faixas de pH	25
4.4 Espectroscopia na região do infravermelho (FT-IR)	25
4.5 Determinação de cinzas	26
4.6 Determinação de lipídios pelo método Bligh-Dyer	26
4.7 Determinação de açúcares totais pelo método DNS	26

4.8 Dosagem de proteínas solúveis pelo método de Bradford.....	27
4.9 Determinação de fibra alimentar.....	27
4.10 Delineamento experimental.....	28
4.11 Aquisição e produção de sorvetes.....	30
4.12 Análise do perfil de textura e atributos de qualidade de sorvetes.....	31
4.13 Análises estatísticas.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 Rendimento em sólidos de linhaça no extrato hidrossolúvel.....	33
5.2 Propriedades tecnológicas do extrato hidrossolúvel de Linhaça.....	33
5.2.1 Densidade e viscosidade.....	33
5.2.2 Estabilidade em diferentes tratamentos.....	36
5.3 Espectroscopia na região do infravermelho (FT-IR).....	38
5.4 Composição centesimal do extrato hidrossolúvel de linhaça.....	39
5.5 Perfil de textura e atributos de qualidade de sorvetes comerciais.....	41
5.6 Perfil de textura e atributos de qualidade do delineamento experimental ...	46
5.7 Otimização da formulação.....	51
5.8 Perfil de textura e atributos de qualidade do sorvete otimizado.....	52
6. CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

RESUMO

DE PAULA LOPES, Matheus. **Desenvolvimento de sorvete plant-based a partir de extrato hidrossolúvel de linhaça combinado com extrato de soja e polvilho doce**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva. Coorientadores: Prof. Dr. Wilton Soares Cardoso e Prof. Dr. André Gustavo Vasconcelos Costa

Sorvete é um produto com uma característica singular estruturada numa dispersão coloidal de bolhas de ar, glóbulos de gordura, cristais de gelo e uma fase com solutos dispersos em água não congelada. A principal fonte de ácidos graxos em sorvetes são gordura vegetal (fonte de gordura trans) e gordura láctea (rica em gordura saturada). As gorduras desenvolvem propriedades tecnológicas complexas difíceis de se replicar, como por exemplo: formar emulsões aumentando a viscosidade, melhorar a consistência e suavizar a textura de matrizes alimentícias. A partir de 2023 a Anvisa banirá qualquer tipo de gordura hidrogenada da alimentação brasileira, o que deve motivar a busca por alternativas de ingredientes que desenvolvem as mesmas propriedades tecnológicas de gorduras, sem impactar negativamente na saúde. Um substituto de gordura para sorvetes deve promover textura suave e macia, resistência moderada e baixa arenosidade. Na intenção de desenvolver um sorvete a base de plantas com propriedades de textura similares ao de sorvetes convencionais. O presente trabalho avaliou propriedades tecnológicas do extrato hidrossolúvel de linhaça (viscosidade, densidade e estabilidade) para compor um mix de ingredientes que desenvolvessem os atributos de qualidade supracitados. Caracterizou-se o extrato de linhaça e descobriu-se que os componentes majoritários correspondiam a fibra alimentar e lipídios, que desenvolviam as propriedades tecnológicas mensuradas. A formulação do sorvete *plant-based* partiu de um delineamento de mistura cujas variáveis respostas foram dados do perfil de textura do sorvete (dureza, trabalho e número de picos de força positiva) que refletiam na maciez, resistência e arenosidade dos sorvetes. Descobriu-se que quanto maior a viscosidade promovida pelo extrato hidrossolúvel de linhaça menor era a dureza e resistência dos sorvetes; o polvilho doce combinado ao extrato de linhaça tinha um efeito na redução da arenosidade, mas seu uso em excesso aumentava a rigidez do produto; e foi verificada uma boa sinergia entre os biopolímeros do extrato de linhaça com o extrato de soja, contribuindo para a estabilidade da emulsão. No entanto, não foi possível tornar o perfil de textura da formulação de sorvete otimizada equivalente a um perfil de textura considerado ideal. Ao se comparar os atributos de textura do sorvete otimizado com os perfis de textura de sorvetes comerciais, percebeu-se que a exclusão de uma fonte de gordura abundante prejudicava o desenvolvimento dos atributos de qualidade desejados.

Palavras-chave: linhaça, sorvete, alimentos

ABSTRACT

Ice cream is a product with a unique characteristic structured in a colloidal dispersion of air bubbles, fat globules, ice crystals and a phase with solutes dispersed in non-frozen water. The main sources of fatty acids in ice cream are vegetable fat (a source of trans fat) and milk fat (rich in saturated fat). Fats develop complex technological properties that are difficult to replicate, such as forming emulsions, increasing viscosity, improving consistency and smoothing the texture of food matrices. From 2023 Anvisa will ban any type of hydrogenated fat from Brazilian food, which should motivate the search for alternative ingredients that develop the same technological properties of fats, without negatively impacting health. A fat substitute for ice cream should promote softness, smooth texture, moderate strength, and low sandness. In order to develop a plant-based ice cream with texture properties similar to those of conventional ice cream, the present work evaluated the technological properties of the water-soluble extract of linseed (viscosity, density and stability) to compose a mix of ingredients that would develop the quality attributes mentioned above. Flaxseed extract was characterized and it was found that the most of composition corresponded to dietary fiber and lipids, which developed the measured technological properties. The plant-based ice cream formulation started from a mixture design whose variable responses were given from the ice cream texture profile (hardness, work and number of positive force peaks) that reflected in the softness, resistance and sandness of the ice creams. It was found that the greater the viscosity promoted by the water-soluble extract of flaxseed, the lower the hardness and resistance of the ice creams; the sweet powder combined with the linseed extract had an effect on reducing the sandness, but its use in excess increased the resistance of the product; and a good synergy was verified between the linseed extract biopolymers with the soybean extract, contributing to the stability of the emulsion. However, it was not possible to make the texture profile of the optimized ice cream formula equivalent to a texture profile considered ideal. When comparing the texture attributes of the optimized ice cream with the texture profiles of commercial ice cream, it was noticed that the exclusion of an abundant fat source hindered the development of the desired quality attributes.

Keywords: linseed, icecream, foods

1. INTRODUÇÃO

Sorvete é o alimento congelado mais popular do mundo. Esse produto de característica singular é estruturado numa dispersão coloidal que engloba bolhas de ar, glóbulos de gordura, água parcialmente congelada em forma de cristais de gelo e uma fase com solutos dispersos em água não congelada (SAWANO et al., 2021).

Assim como muitos alimentos industrializados, comumente a gordura vegetal hidrogenada é sua principal fonte de ácidos graxos. Infelizmente, esse tipo de gordura é rico em ácidos graxos saturados (gordura saturada) e ácidos graxos insaturados trans (gordura trans), que desenvolvem as seguintes propriedades tecnológicas: melhorar a consistência, suavizar a textura, promover estabilidade para a emulsões, além de minimizar os efeitos da rancidez. A aplicação de gorduras hidrogenadas em alimentos ganhou força nos anos 60 também pelo baixo custo de produção (ASCHERIO; STAMPFER; WILLETT, 1999; MICHA; MOZAFFARIAN, 2009).

Sorvetes convencionais elaborados com compostos lácteos adicionados de gordura vegetal parcialmente hidrogenada acabam sendo uma fonte de gorduras trans. Atualmente, a ingestão de qualquer quantidade de gordura trans produzida por hidrogenação parcial é considerada não segura (BRASIL, 2019; FDA, 2018; ZUPANIČ et al., 2018). Em 2007 a OMS lançou um apelo para a eliminação de gorduras hidrogenadas da alimentação humana e orientou que gordura saturada de fonte animal não fosse utilizada como principal fonte de ácidos graxos em alimentos, desse modo os esforços de pesquisadores deveriam se voltar para o desenvolvimento de alternativas menos deletérias à saúde (PAHO; WHO, 2007). Nesse sentido, é importante que a substituição de gordura saturada e/ou hidrogenada em alimentos seja realizada de forma consoante às suas funções tecnológicas e ter custo de produção competitivo.

Shenana (2021) realizou uma substituição parcial de gorduras em sorvetes substituindo leite por diferentes combinações de inulina, maltodextrina, amido modificado e *whey protein*, obtendo alta aceitabilidade nos testes de análise sensorial. Além da substituição de gordura saturada a redução calórica na também

foi uma das propostas atingidas nesse estudo. El-Said et al. (2020) se propuseram a substituir gordura em sorvetes substituindo gordura por farelo de arroz roxo e obtiveram além de redução calórica um aumento em flavonoides e atividade antioxidante sem impactar significativamente nas características físicas e sensoriais.

As mucilagens de sementes podem ser vistas como ingredientes minimamente processados ricos em saudabilidade e que desenvolvem propriedades tecnológicas de estruturação, texturização e estabilização, pois são constituídas de polissacarídeos hidrocoloides com estrutura conformacional que confere uma ampla gama de propriedades tecnológicas. Em adição a isso, a ingestão de mucilagens tem sido associada a benefícios para a saúde como modulação da resposta glicêmica e insulinêmica pós-prandial, neutralização da hiperlipidemia, aumento da saciedade, regulação da função da microbiota intestinal (SOUKOULIS; GAIANI; HOFFMANN, 2018).

A mucilagem do grão de linhaça é um exemplo de biopolímero que tem alta solubilidade podendo ser utilizada como espessante e estabilizante de emulsões e espumas. Também foi verificada aplicabilidade da mucilagem de linhaça como mimético de gordura (CUI, 2005; GOH et al., 2006; SILVA; CABELLO; PEREIRA, 2005). Além disso, a linhaça é fonte de ácidos graxos essenciais ômega 6 e ômega 3 (MONEGO, 2009).

Uma das características da mucilagem de linhaça que a tornam um ingrediente altamente versátil é a sua propriedade de interagir com outros polímeros orgânicos presentes em extratos vegetais e amidos. Inclusive, o amido é um amplamente utilizado para melhorar textura em alimentos (GOH et al., 2006). Estudos indicam também que biopolímeros têm um potencial para proteção contra oxidação de ácidos graxos poli-insaturados (PEREZ et al., 2015; ZHANG; DECKER; MCCLEMENTS, 2014).

O extrato de soja é um subproduto da produção de óleo alimentício com boa aplicabilidade para substituição de gordura, podendo-se complementar o conteúdo de proteína ao passo em que se reduz a concentração de gordura em formulações e é um ótimo agente emulsionante e estabilizante para misturas de óleo em água

(CAMPOS et al., 2009). As proteínas do extrato de soja também promovem redução da tensão superficial inibindo a coalescência de glóbulos de gordura e reduzindo a coesão de gotículas de água (GHOUSH et al., 2008).

O amido de mandioca apresenta características físico-químicas de grande interesse industrial, Aplevicz & Demiate (2007) avaliaram a resistência a ciclos de congelamento e descongelamento de amidos de mandioca na forma de polvilho doce e polvilho azedo, conforme a liberação de água após três ciclos de congelamento e aquecimento (uma variação de temperatura de -18°C a 45°C), com o intuito de identificar qual tipo polvilho tem melhor aplicabilidade na produção de alimentos que precisam ser aquecidos e congelados. Constatou-se que a concentração de água liberada aumenta conforme o número de ciclos aplicados, contudo o polvilho doce apresentou uma taxa de sinérese 8 vezes menor do que o polvilho azedo no primeiro ciclo, que também foi o ciclo com menor liberação de água para ambos. Por tanto, para uso em sorvetes, que precisam ser pasteurizados e em seguida congelados, o polvilho doce tem maior estabilidade.

A substituição de gorduras pela mistura de extrato de linhaça, extrato de soja e polvilho doce propicia o ambiente para o desenvolvimento de um produto *plant-based* (à base de plantas) que é uma tendência no Brasil e no mundo. Diferentemente do movimento vegano, o movimento *plant-based* tem uma esfera mais inclusiva, marcada principalmente pela consciência dos impactos na saúde e natureza causados pela escolha dos alimentos (G1, 2020).

Perante tantas particularidades que vão desde a escolha dos ingredientes, que desenvolvem propriedades tecnológicas diversas, tipo de processamento adotado e efeito dos processamentos, a fixação de um padrão de qualidade em sorvetes tem sido um desafio para especialistas do segmento alimentício (ABIS, 2020). A identificação dos atributos desejados num alimento configura uma ferramenta para a elucidação de um padrão (IAL, 2008).

De acordo com Goff & Hartel (2013) um sorvete ideal deve ter textura suave e macia, resistência moderada, baixa arenosidade e boa estabilidade. Considerando-se tais atributos de qualidade, o objetivo desse trabalho foi substituir gordura vegetal parcialmente hidrogenada e gordura láctea pelo mix *plant-based* de

linhaça, soja e mandioca. Para tal, estudou-se propriedades tecnológicas do extrato de linhaça, elucidou-se um padrão ideal de qualidade de sorvete a partir do mapeamento do perfil de textura de uma gama de sorvetes comercializados no Brasil, e otimizou-se a fórmula do sorvete desenvolvido para que seu perfil de textura fosse semelhante ao padrão de qualidade elucidado.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Desenvolver um sorvete *plant-based* com substituição de gorduras cujo perfil de textura seja semelhante ao de um sorvete convencional.

2.2 Específicos

I Estudar as propriedades tecnológicas do extrato hidrossolúvel de linhaça para sua aplicação em alimentos;

II Caracterizar o extrato hidrossolúvel de linhaça;

III Estudar atributos de textura e qualidade de sorvetes comerciais para elucidar um padrão ideal apoiado na literatura;

IV Substituir gordura saturada e ingredientes de origem animal em sorvete através de um delineamento de mistura;

V Otimizar a fórmula do sorvete *plant-based* para que seus atributos de textura sejam semelhantes ao padrão ideal elucidado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ações governamentais para a exclusão de gorduras hidrogenadas em alimentos e impactos na indústria

Durante a década de 90, após as primeiras manifestações científicas sobre os efeitos deletérios das gorduras vegetais hidrogenadas em alimentos, a indústria respondeu rapidamente à essas evidências. A indústria europeia desenvolveu margarinas isentas de ácidos graxos trans e com baixo teor de gorduras saturadas (KATAN, 1995 apud ASCHERIO; STAMPFER; WILLETT, 1999), que mais tarde foi difundida em novos mercados ocidentais (ALLISON et al., 1995).

A partir de 1995 a Organização Mundial de Saúde (OMS) passou a recomendar que o consumo de alimentos com ácidos graxos trans (gordura trans) produzidos por hidrogenação de óleos vegetais devia ser controlado, mas não determinava uma quantidade segura para consumo (FAO, 1995). Em novembro de 1999, a Food and Drug Administration (FDA) anunciou sua proposta de incluir o conteúdo gordura trans de alimentos no rótulo (“Commerce Business Daily”, 1999). Essa decisão se estendeu até 2005, momento em que o Canadá também implementou uma ação que visava o entendimento do consumidor quanto à existência de ácidos graxos trans provenientes de gorduras hidrogenadas (L'ABBÉ et al., 2009).

Antes disso, apenas gordura saturada e insaturada eram listadas. Muitos produtos, incluindo a maioria dos alimentos prontos para consumo e fast foods fritos, ainda eram fabricados com gordura parcialmente hidrogenada, tanto na Europa quanto nos EUA. Considerava-se improvável que essa situação mudasse sem fortes regulamentos federais (ASCHERIO; STAMPFER; WILLETT, 1999).

Em 2003 a OMS estabeleceu a ingestão máxima de 1% de gordura trans sobre o total calórico de uma dieta de 2000 cal, para a prevenção de doenças crônicas (WHO, 2003). A Estratégia Global de Promoção de Dieta Saudável, Atividade Física e Saúde da OMS, lançada em 2004 tinha como um dos objetivos a eliminação do consumo de gordura trans industrial (WHO, 2004).

Em 2007 muitos países, incluindo o Brasil, adotaram a medida de ingestão máxima de gordura trans como de 1% sobre o conteúdo energético dietético (UAUY et al., 2009). O Guia Alimentar para a População Brasileira (GAPB) de 2005

restringia o consumo de gordura trans a 1% do valor energético diário, o que corresponde a aproximadamente 2 g / dia em uma dieta de 2.000 calorias (BRASIL, 2005).

Em 2007, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) apresentou recomendações para a eliminação das gorduras trans industrializadas e planejava estabelecer um prazo para banir o uso de gorduras provenientes de hidrogenação para utilização em alimentos em todas as Américas. Recomendou-se que a gorduras hidrogenadas e parcialmente hidrogenadas fossem substituídas nos alimentos e que sua presença de ácidos graxos trans não fosse superior a 2% do total de gorduras em óleos e margarinas, e não superior a 5% do total de gorduras em alimentos processados (PAHO; WHO, 2007).

Medidas para reduzir a ingestão de gorduras trans já haviam sido adotadas por diversos países economicamente influentes na Europa. A Dinamarca foi o primeiro país a se manifestar e introduzir ações de conscientização da população acerca dos efeitos do consumo desses lipídeos (ASCHERIO; STAMPFER; WILLETT, 1999). A indústria dinamarquesa de margarinas em cooperação com profissionais de saúde eliminou gradualmente ácidos graxos trans industriais de seus produtos, antes mesmo da proibição legislativa em 2003 (L'ABBÉ et al., 2009). Ainda na Europa, uma abordagem semelhante foi posteriormente adotada pela Suíça, Áustria, Islândia, Hungria, Noruega e Letônia (WILCZEK; OLSZEWSKI; KRUPIENICZ, 2017).

Só em junho de 2015, a FDA tomou medidas que reduziram significativamente o uso de gordura parcialmente hidrogenada, considerada pelo governo americano a principal fonte de gorduras trans artificiais no suprimento de alimentos do país. Previa-se que esta ação reduziria a incidência de doenças cardiovasculares sobre a população americana. Esperava-se também, que essa medida prevenisse milhares de ataques cardíacos fatais. As indústrias tiveram três anos para reformular seus produtos e / ou solicitar à FDA a permissão de uso específico (FDA, 2015).

Em 2015 o senado brasileiro lançou o Projeto de Lei 478/2015 que só foi aprovado em 2017, que proíbe o uso de gorduras vegetais hidrogenadas na

fabricação de alimentos. O artigo 2º do projeto de lei determina também, que o poder público deveria incentivar e financiar estudos e pesquisas que tivessem por objetivo a substituição gradual de gordura vegetal hidrogenada na produção de alimentos. (BRASIL, 2015)

Em 2016, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão regulamentador brasileiro, se pronunciou sobre gorduras vegetais produzidas por hidrogenação, considerando-as como um fator de risco para aumento do risco de doenças cardiovasculares (ANVISA, 2016).

Em 2017, um novo projeto de lei do senado brasileiro (Projeto de Lei 7681/2017) pretendia proibir também o uso de gorduras vegetais parcialmente hidrogenadas na fabricação de alimentos. Até novembro de 2019, o projeto de lei ainda não havia sido aprovado pela Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania.

Recentemente os EUA adotaram uma estratégia mais efetiva. Passaram a considerar que gordura vegetal parcialmente hidrogenada não poderia mais ser considerada como "geralmente reconhecidas como seguras" (GRAS) para uso em alimentos humanos e, portanto, a proibição veio em junho de 2018 (FDA, 2018).

Por fim, em 2019 a RDC 332/2019 da Anvisa impôs a redução gradual do uso de gordura parcialmente hidrogenada em alimentos até o banimento definitivo em 2023. Nesse período as indústrias brasileiras deveriam adequar os seus produtos, procurando alternativas menos nocivas à saúde para a substituição de gorduras hidrogenadas.

As ações governamentais para a proibição de produtos de hidrogenação de óleos vegetais, refletiu na reformulação de muitos produtos alimentícios processados. Os fabricantes responsáveis de alimentos começaram a reformular seus produtos alimentares e pararam de usar as gorduras hidrogenadas como uma intervenção viável para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (MOZAFFARIAN; STAMPFER, 2010; ZUPANIČ et al., 2018).

A regulamentação da rotulagem obrigatória sobre gorduras trans e a substituição parcial de gorduras hidrogenadas demonstraram produzir sucesso limitado (DOWNS et al., 2017). Como relatado por Zupanič et al. (2018) e Dias et al. (2018), a não proibição do uso de produtos de hidrogenação industrial em alimentos faz

com que os ácidos graxos trans sejam encontrados em uma proporção notável de alimentos disponíveis no mercado.

Alguns métodos de processamento como a hidrogenação completa de em óleos vegetais e interesterificação já foram utilizados para reduzir ou eliminar os AGTs dos alimentos processados, visto que a seletividade e eficiência da hidrogenação de ácidos graxos varia com o tipo de catalizador envolvido. Os catalizadores que utilizam mono-metais do grupo 8 (Fe, Ru, Os, Hs) são ativos na hidrogenação de carbonos insaturados sob condições operacionais moderadas, gerando também a isômeros trans. A utilização do Platina (Pt) como mediador catalítico da hidrogenação tem sido considerada menos ativa para a isomerização trans. O uso de paládio (Pd) em condições supercríticas de propano como meio de reação com excesso de H₂ disponível na superfície do metal, também resulta em menor formação de espécies trans no processo de hidrogenação. A otimização de polímeros metálicos porosos também é citada como alternativa para a otimização do acesso dos AGIs ao H₂ (HU, Chaoquan et al., 2014).

Outro método comum para inibir a geração de isômeros trans é a interesterificação de ácidos graxos, que se baseia na reação entre uma gordura saturada e um óleo insaturado. A gordura saturada pode ser de ocorrência natural (cebo ou gordura de dendê, por exemplo), um óleo que foi transformado em gordura por hidrogenação completa, ou ainda que passou pelo processo de cristalização fracionada. A reação acontece na presença do catalisador metóxido de sódio (NaOCH₃). Durante a reação ocorre a troca de graxos entre triacilglicerídeos e o grau de saturação da estrutura é definido pela mistura inicial de óleos e gorduras (PINHO; SUAREZ, 2013).

3.2 Substituição de gordura em alimentos como a solução para uma alimentação saudável

Nessa seção foi realizado um levantamento de trabalhos originais recentes que estudaram alternativas para a substituição de gorduras em alimentos e desenvolveram um produto alimentício. Para tal, apurou-se o tipo de substituto

utilizado, qual segmento da indústria esses produtos se encaixavam e determinou-se o Índice de Aceitabilidade (IA) desses produtos.

A “Análise de Conteúdo”, descrita por Bardin (2002) foi adotada para o desenvolvimento do estudo. A metodologia compreende quatro etapas principais: Pré-análise, Formulação de Hipóteses e Objetivos, Preparação do Material, e Exploração do Material.

Pré-análise:

Foi realizado uma apuração do conteúdo disponível para a acesso livre na plataforma “Periódicos Capes”. Na seção “busca avançada” foi utilizada a combinação de palavras “fat” e “replacer” grafados em inglês. Os termos foram associados à entrada “no assunto”. A data de publicação adotada foi “último ano”. O tipo de material selecionado foi “artigos”. Após completada a busca foi selecionado a opção “periódicos revisados por pares”.

Formulação de hipóteses e objetivos:

A partir do conteúdo retornado pelo filtro empregado ponderou-se a hipótese de que era possível categorizar os estudos com base no tipo de produto desenvolvido e seguimentos da indústria de alimentos, e ainda calcular o IA de estudos cujos produtos desenvolvidos foram analisados por análise sensorial de aceitação por escala hedônica.

Preparação do material:

Foi realizada uma seleção de títulos e resumos cujos estudos originais desenvolveram um novo produto ou buscaram introduzir um ingrediente substituto de gordura em alimentos convencionais.

Exploração do Material:

Foi realizada uma leitura exploratória dos artigos para identificar os seguintes dados qualitativos: substituto, lipídio substituído, segmento da indústria de alimentos, produto desenvolvido e diferenças em relação ao produto convencional. Também foi possível levantar dados quantitativos sobre esses estudos como por exemplo: formulação do substituto, fração da melhor substituição e média das notas de aceitação global dos produtos. Por fim, as informações foram confrontadas para gerar dados estatísticos sobre a frequência com que os dados qualitativos foram

observados e calcular o IA dos produtos pela Equação 1, descrita por Teixeira et al. (1987).

$$I.A = [(m\u00e9dia de aceita\u00e7\u00e3o global) \times 100] / (maior nota da escala hed\u00f4nica) \quad (1)$$

A preocupa\u00e7\u00e3o com a sa\u00fade \u00e9 um fen\u00f4meno social que vem ganhando for\u00e7a nos \u00faltimos anos e inclusive impulsionando a demanda por alimentos saud\u00e1veis (MINTEL, 2019). No estudo “The Top 10 Consumer Trends for 2017”, 79% dos participantes afirmaram substituir alimentos convencionais por alternativas mais nutritivas. O segmento de produtos saud\u00e1veis colocou o Brasil no quarto lugar do ranking global do faturamento de vendas do setor em 2017. N\u00e3o s\u00f3 mudan\u00e7as sociais, mas a\u00e7\u00f5es governamentais t\u00e3m direcionado aten\u00e7\u00e3o especial ao tipo de lip\u00eddios que a popula\u00e7\u00e3o tem consumido: em 2007 a Organiza\u00e7\u00e3o Pan-Americana da Sa\u00fade (OPAS), \u00f3rg\u00e3o da Organiza\u00e7\u00e3o Mundial de Sa\u00fade (OMS) declarou que a gorduras saturadas de origem animal ou hidrogenadas n\u00e3o deveriam ser adotadas como principal fonte de lip\u00eddios alimentares. Foi recomendado que os avan\u00e7os tecnol\u00f3gicos e os esfor\u00e7os de pesquisadores se voltassem para o desenvolvimento de novas alternativas.

“As gorduras trans produzidas industrialmente devem ser eliminadas dos alimentos dispon\u00edveis para consumo nas Am\u00e9ricas, devendo ser substituídas preferencialmente por gorduras insaturadas, incluindo \u00e1cidos graxos poliinsaturados do tipo n-3, por seu efeito protetor para o sistema cardiovascular. As gorduras saturadas s\u00f3 devem ser usadas como substitutas quando imprescind\u00edvel \u00e0s aplica\u00e7\u00f5es espec\u00edficas, o que deve acontecer raramente, considerado os avan\u00e7os na tecnologia de produ\u00e7\u00e3o alimentar” (PAHO; WHO, 2007).

Em 2019 a RDC 332/2019 limitou o uso de gordura parcialmente hidrogenada em alimentos at\u00e9 o banimento definitivo em 2023. Nesse per\u00edodo as ind\u00fastrias brasileiras deveriam adequar os seus produtos, procurando alternativas menos nocivas \u00e0 sa\u00fade para a substitui\u00e7\u00e3o de gorduras hidrogenadas.

Estudos anteriores indicaram que ainda n\u00e3o existe uma \u00fanica alternativa ideal para a substitui\u00e7\u00e3o de gorduras em sua totalidade, verificando-se a abordagem de diferentes solu\u00e7\u00f5es considerando o tipo de alimento ou segmento da ind\u00fastria, como

por exemplo, a utilização de carboidratos complexos, gomas, oleogéis, whey protein, complexos amilo-lipídios etc. em panificados; utilização de um complexo de fibras probióticas (inulina, β -glucana) para substituição de manteiga de cacau em chocolate, e a utilização de óleo de canola para substituição de gordura animal em emulsionados cárneos. Também são citadas matrizes alimentares de banana, amido resistente, fibra de milho dentre outros, que têm um certo potencial para substituição de gorduras e que misturados nas proporções certas podem replicar tecnologicamente e sensorialmente as propriedades de gorduras (COLLA; COSTANZO; GAMLATH, 2018; JONNALAGADDA; JONES; BLACK, 2005; LEE et al., 2020; REZENDE et al., 2015; RIOS, 2014; VIEIRA et al., 2019).

É importante ressaltar que esses produtos reformulados devem atender a critérios mandatórios de atributos sensoriais intrínsecos como aparência, aroma, sabor e textura para garantir-se uma boa aceitação (FERNQVIST; EKELUND, 2014; SYMMANK, 2019; TORRES-MORENO et al., 2012). Geralmente, a avaliação da aceitabilidade de um produto é um dado importante para inferir-se sobre o desempenho do produto no mercado (MOSCATTO et al., 2004). Segundo Teixeira et al. (1987) e Dutcosky (2013), um produto só é considerado aceitável, em termos de suas propriedades sensoriais, se o seu Índice de Aceitabilidade (IA) for no mínimo de 70%.

No Quadro 1 é apresentado um resumo das informações colhidas nos estudos selecionados. A redução no teor lipídico é um diferencial compartilhado por todos os produtos substituídos por ingredientes não oleosos. Além da redução lipídica, os produtos desenvolvidos diferem do seu padrão convencional em atributos sensoriais, desempenho das propriedades tecnológicas e valor nutricional.

A maioria dos substitutos desenvolvidos tem sua fórmula baseada em hidrocolóides de polissacarídeos e peptídeos proteicos (artigos 2, 4, 7, 8, 9,10) que, de acordo com SERDAROĞLU et al. (2016) aumentam a viscosidade, formam gel, melhoram a textura, e aumentam a capacidade de retenção de água em alimentos.

Também foi verificada a utilização de oleogéis para a substituição de gordura em alimentos (artigos 1, 5, 12, 13). Oleogel é um sistema de óleo estruturado produzido a partir da dispersão direta de um gelificante a base de lipídios, como por exemplo

ceras, ácidos graxos, monoglicerídeos, etc., em fase oleosa sob temperatura acima do ponto de fusão desse gelificante, seguido de um resfriamento. A morfologia de um oleogel proporciona alta capacidade de retenção de óleo em uma rede polimérica aumentando a plasticidade matrizes alimentares (PATEL, 2015).

A utilização de fibra dietética de fonte natural como casca de frutos e farinha de sementes também foi verificada para a substituição parcial de gordura em alimentos (artigos 6 e 14). Conforme salientado por Lin, Inglet e Lee (2010) e Dhingra et al, (2012), fibras alimentares solúveis e insolúveis tem um ótimo potencial para substituir gorduras em alimentos pois têm boa interação com a água e aumentam a viscosidade, além de reduzir o teor calórico e contribuir na prevenção de doenças crônicas.

A maior parte dos estudos levantados tiveram seus esforços focados na substituição de gorduras saturadas de diversas fontes: suína, bovina, láctea e vegetal hidrogenada. Essa constatação reitera a percepção da necessidade em substituir gordura saturada por alternativas mais saudáveis como ingredientes com um perfil lipídico que promova saúde, conforme apelo da OMS (PAHO; WHO, 2007)

Quando as substituições proporcionaram um perfil de textura semelhante ao convencional e, por vezes, melhorias tecnológicas e sensoriais nos alimentos cárneos, lácteos, panificados e molhos desenvolvidos; esses produtos obtiveram bom desempenho em testes de atributos de textura, atributos sensoriais e alto IA (artigos 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14). Portanto, substituições podem ser consideradas como consoantes às propriedades de gorduras nesses alimentos.

Para o hambúrguer substituído de sebo bovino desenvolvido no artigo 5, a substituição proporcionou melhorias tecnológicas e ainda assim foi avaliado com um péssimo IA. Nesse caso, não se pode descartar o fato de que o produto convencional elaborado para ser adotado como padrão também teve baixa aceitabilidade.

Obteve-se um perfil de textura semelhante ao produto convencional para o emulsionado cárneo maturado desenvolvido no artigo 1, mas a substituição de gordura suína por oleogel de cera de abelha e azeite de oliva levou a um alto

desenvolvimento de *off-flavor* proveniente da intensa oxidação de ácidos graxos poli-insaturados durante a maturação.

Para o queijo produzido no artigo 10, as propriedades sensoriais de aroma e sabor foram pouco desenvolvidas após a maturação, devido à redução de parte da gordura láctea.

De forma geral, todos os artigos levantados se propuseram ou obtiveram os melhores resultados para os testes realizados sobre **substituições parciais de gordura**, com exceção do artigo número 3, o qual obteve-se um alto IA de uma substituição integral de gordura láctea por uma fonte lipídica mais saudável e rica em compostos bioativos, numa bebida láctea fermentada tipo iogurte.

As alternativas para a substituição de gordura e as combinações possíveis são infinitas. Assim como proposto por Candiotti et al. (2014), a utilização de delineamentos experimentais associados à ferramenta estatística “otimização simultânea” seria uma ótima forma de se melhorar a aceitação e atributos de qualidade em produtos com ingredientes tão ricos em propriedades tecnológicas, saudabilidade e valor nutricional.

Quadro 1. Artigos científicos de desenvolvimento de produtos com substituição de gordura

Artigo	Número	Substituto	Formulação	Substituição	Fração	Segmento	Produto	Diferencial	IA
(PINTADO; COFRADES, 2020)	1	Oleogel de cera de abelha	Azeite 33%, óleo de chia 8%, Cera de abelha 5%, água 56%	Gordura suína	80%	Cárneos	Fuet	Mais PUFA; Menor dureza; Maior oxidação lipídica.	40%
(LEÓN et al., 2019)	2	Polvilho doce oxidado	Polvilho doce oxidado gelatinizado a 6,66%	Óleo de girassol	30%	Molhos	Maionese	Maior estabilidade de emulsão	98%
(MANTZOURIDOU et al., 2019)	3	Corpos oleosos do gérmen de milho	Corpos oleosos Do gérmen de milho 100%	Gordura láctea	100%	Lácteos	Iogurte	Mais bioativos; Mais PUFA; Mais MUFA	79%
(FAN; ZHOU; CAO, 2020)	4	Gel misto de β -glucano de aveia e peptídeos de colágeno marinho	B-glucano de aveia 10% colágeno marinho 90% gelatinizados a 12%	Gordura suína	50%	Cárneos	Salsicha	Maior consistência; Maior teor de água; Maior adsorção lipídica; Maior suculência; Melhor sabor	70%
(OH et al., 2019)	5	Oleogel de óleo de canola e hidroxipropilmetilcellulose	Óleo de canola 96%, hidroximetilcellulose 4%	Sebo bovino	50%	Cárneos	Hamburguer	Maior maciez; Menor perda por cozimento; Melhor perfil lipídico	56%
(PAULA et al., 2019)	6	Semente de chia	Semente de chia 100%	Gordura suína	8%	Cárneos	Hamburguer	Menos gordura; Mais fibra dietética; Maior consistência; Menor oxidação lipídica	84%

(BELORIO; SAHAGÚN; GÓMEZ, 2019)	7	Gel de <i>psyllium</i>	<i>Psyllium</i> gelatinizado a 10%	Óleo de girassol	25%	Panificados	Bolo	Redução de calorias	82%
(GLISIC et al., 2019)	8	Gel de inulina	Inulina gelificada a 16%	Gordura suína	64%	Cárneos	Salsicha maturada	Menor dureza; Maior adesividade	95%
(ATAIE; SHEKARABI; JALILI, 2021)	9	Gelatina de carpa cabeça-dura	gelatina 10g (concentração de água n.i), maltodextrina 2g, leite desnatado 2 mL	Óleo vegetal	40%	Molhos	Maionese	Redução de calorias; Maior consistência; Maior adesividade	82%
(NAZARI et al., 2020)	10	Maltodextrina	bebida láctea (com 25% de maltodextrina) 8%, leite padronizado (reduzido de 50% da gordura inicial) 92%	Gordura láctea	50%	Lácteos	Queijo feta	Redução de gordura;	67%
(GOSWAMI et al., 2019)	11	Goma guar	Goma guar 21%, água 79%	Gordura vegetal	40%	Panificados	Biscoito de carne de búfalo	Redução de calorias;	89%
(DA SILVA et al., 2019)	12	Oleogel de colágeno suíno e oleico de girassol	Colágeno suíno 1,5% água 97%, oleico de girassol 1,5%	Gordura suína	50%	Cárneos	Salsicha Bologna	Melhor perfil lipídico;	78%
(MARTINS et al., 2020)	13	Oleogel de cera de abelha e óleo de linhaça	n.i	Gordura suína	30%	Cárneos	Patê de carne	Mais PUFA	86%
(CHAPPALWAR et al., 2020)	14	Casca de manga em pó	Casca de manga em pó 50%, água 50%	Óleo vegetal	50%	Cárneos	Hamburguer de frango	Mas fibra dietética	87%

MUFA: ácidos graxos de cadeia monoinsaturada; PUFA: ácidos graxos de cadeia poli-insaturada; n.i: não informado.

3.3 Perspectivas para a tecnologia de sorvetes *plant-based*

Tradicionalmente, o leite é a principal base alimentícia fonte de gordura para a produção de sorvetes (ALVAREZ, 2008; EUROPEAN ICE CREAM ASSOCIATION, 2013; GOFF; HARTEL, 2013; SAWANO et al., 2021). Apesar das propriedades tecnológicas e benefícios dietéticos proporcionados pelo leite, existe aqueles que apresentam problemas de saúde como a alergia ao leite de vaca, que atinge cerca de 0,50% e 3,50% dos indivíduos (FLOM; SICHERER, 2019; SOLÉ et al., 2018; VANGA; RAGHAVAN, 2018). Estima-se que 65 a 75% dos indivíduos adultos desenvolvem intolerância à lactose, que é o principal açúcar no leite (BAKHSH, 2021; FLOM; SICHERER, 2019; MÄKINEN et al., 2016; MUNEKATA et al., 2020).

Além dos indivíduos que excluem produtos derivados do leite por restrições de saúde, também há aqueles que o fazem porque escolheram seguir uma dieta sem leite como os vegetarianos e veganos (CASTRO et al., 2021; FERREIRA; GUEDES; DE SOUSA, 2021; MENEGUCI et al., 2021). O desenvolvimento de alternativas alimentares análogas ao leite mas baseadas em plantas representa um cenário em ascensão no mercado consumidor (CASTRO et al., 2021; PAUL et al., 2020).

Segundo dados da Plant Based Food Association, em 2018 houve um aumento de 20% nas vendas na indústria *plant-based* comparado com 2017. Em 2019, este mercado foi avaliado em 11056 milhões de dólares, esperando-se que atinja o valor de 21351,9 até 2026 milhões de dólares (MARKET RESEARCH FUTURE, 2020). As perspectivas a partir de 2019, foram de crescimento na produção e venda devido à adoção de um estilo de vida mais saudável pela população global (PLANT BASED FOOD ASSOCIATION, 2019).

De acordo com dados IBOPE 2020, 39% dos brasileiros consomem alternativas vegetais para alimentos convencionais três vezes na semana e os brasileiros em geral têm consumido menos carne e substituindo produtos de origem animal por produtos de origem vegetal (PLANT-BASEDBR, 2021a).

No cenário nacional, alternativas para sorvetes tem surgido por iniciativa da marca de alimentos NotCo, combinando ingredientes como proteína de ervilha e óleo de coco através de um software que analisa as propriedades tecnológicas de cada ingrediente de origem vegetal para replicar as propriedades de ingredientes de origem animal; e a Yamo, uma microempresa do estado de Minas Gerais tem

desenvolvido sorvetes a base de inhame e de leites vegetais (PLANT-BASEDBR, 2021b).

Com relação ao mercado global, a Unilever em 2017, produziu e comercializou sorvetes Cornetto e Magnum Vegan, que foram elaborados com extrato de soja, chocolate vegano e biscoito isento de glúten (FOOD NAVIGATOR-ASIA, 2019). A Ben & Jerry's lançou sabores de sorvete produzidos a partir de extrato de amêndoa (BEN&JERRY'S, 2020), e a Haagen-Dazs lançou para o mercado sorvetes de soja (VEGNUTRI, 2017).

Fórmulas de origem vegetal apresentam composição que diferem do leite em relação à quantidade de macro e micronutrientes (MUNEKATA et al., 2020). Geralmente, extratos vegetais têm menor teor de proteínas e cálcio do que o leite de vaca, mas dependendo da fonte, extratos vegetais podem ser melhores do que o leite em relação à qualidade nutricional e compostos funcionais (FRUCTUOSO et al., 2021). O extrato de soja por exemplo, além de ser rico em proteínas também é fonte de isoflavonas e fitoesteróis; o extrato de amêndoa contém α -tocoferol e arabinose; e a bebida de aveia é rica em fibras prebiótica β -glucana (SETHI; TYAGI; ANURAG, 2016).

No Brasil, entre 1999 e 2005 o desenvolvimento de sorvetes deveria se fundamentar no Padrão Interno de Qualidade de Gelados Comestíveis (BRASIL, 1999). A antiga legislação referida diferenciava sorvetes de acordo com a principal base alimentícia e fonte de gorduras, como por exemplo: sorvetes de creme de leite, sorvetes de leite, sorvetes comuns (geralmente produzidos a partir de gordura vegetal) etc.

Sabe-se que as características de sorvetes variam ao redor do mundo, principalmente porque cada país tem sua regulamentação específica para o produto (GOFF; HARTEL, 2013). Na União Europeia sorvetes podem ser diferenciados de acordo com o ingrediente que caracteriza o produto, processo de produção, forma de apresentação, ou característica específica. Algumas definições de sorvetes utilizadas são Ice Cream e Gelato, correspondendo ao sorvete industrializado comum e ao sorvete artesanal italiano, respectivamente (EUROPEAN ICE CREAM ASSOCIATION, 2013).

A partir de 2005, a RDC nº 266 tornou a definição de sorvete mais abrangente, determinando que sorvetes são “produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar(es), podendo ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto” (BRASIL, 2005).

O preparo e formulação de sorvetes são variáveis que têm efeito direto ou indireto nas características do produto final. Basicamente, as etapas de produção do sorvete são: homogeneização da mistura líquida denominada calda, pasteurização, maturação, batimento sob temperatura negativa e congelamento (ALVAREZ, 2008; FERNANDINO et al., 2021; GOFF; HARTEL, 2013; SAWANO et al., 2021).

Na primeira etapa do processamento, que é a mistura e homogeneização, obtém-se uma calda líquida que virá a se tornar um sorvete. A etapa de pasteurização além de garantir a segurança alimentar promove a diluição da gordura e dispersão dos polímeros utilizados como agentes emulsionantes e estabilizantes, minimizando defeitos como a coalescência de glóbulos de gorduras e formação de cristais de gelos grandes o suficiente para serem percebidos sensorialmente, gerando uma sensação arenosa (GOFF; HARTEL, 2013).

A maturação da calda sob refrigeração compreende um período entre 2 e 16 horas em que ocorre a completa hidratação de proteínas e polissacarídeos, resultando em maior estabilidade e aumento da viscosidade da calda (BRASIL, 2005; GOFF; HARTEL, 2013).

Durante o batimento a calda é congelada e promove-se a aeração do sorvete. A indústria de sorvetes interpreta o ganho em volume (overrun) como um parâmetro de qualidade. Quanto maior o overrun menor a dureza do produto, tornando os sorvetes macios (FERNANDINO et al., 2021), sendo que cada país adota um valor mínimo de densidade de sorvetes (GOFF; HARTEL, 2013). No Brasil a densidade aparente mínima de sorvetes é 475g/L. Por fim, o congelamento é a etapa onde os atributos de textura são fixados e o produto é mantido congelado até o momento do consumo (GOFF; HARTEL, 2013).

Além da escolha de ingredientes, todas as etapas do processo de produção de sorvete configuram variáveis que influenciam nas características do produto final.

Contudo, Goff & Hartell (2013) descrevem um sorvete ideal como aquele que tem textura suave e macia, resistência moderada, baixa arenosidade e boa estabilidade.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As linhaças marrom e dourada foram compradas embaladas a vácuo de mercado online de um vendedor do estado do Rio Grande do Sul, e foram mantidas dessa forma até o momento da utilização. Os demais ingredientes foram adquiridos em mercado local. As análises físico-químicas foram realizadas nos Laboratório de Química, Análise de Alimentos e Pesquisa e Desenvolvimento de Novos Produtos do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Venda Nova do Imigrante.

As etapas de produção e desenvolvimento dos sorvetes foram realizadas no laboratório de Produção de Produtos de Origem Vegetal da mesma Instituição de Ensino. As análises de Infravermelho com Transformada de Fourier foram realizadas no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.

4.1 Obtenção do extrato hidrossolúvel de linhaça

Em estudos anteriores, a mucilagem de linhaça foi obtida a partir da formação da goma de linhaça. Foi relatado que o maior conteúdo de polissacarídeos e proteínas foi extraído de uma mistura de 100g de linhaça em 1L de água, mantidos numa faixa de temperatura de 70 a 80°C por uma hora, sem acarretar grandes mudanças na viscosidade da goma (CUI; MAZZA; BILIADERIS, 1994; HU, Yingxue; SHIM; REANEY, 2020).

Naquela ocasião a goma de linhaça foi separada do grão pela filtração em gaze de algodão. Para esse estudo, foi avaliado o rendimento de extração em diferentes proporções na relação linhaça/água. Para uma obtenção mais rápida da mucilagem e de componentes de alto valor nutricional que se encontram no interior do grão, optou-se por triturar a linhaça em liquidificador com água fria e em seguida realizar a extração manual do extrato hidrossolúvel em coador de tecido voil.

Hu; Shim & Reaney (2020) optaram por aplicar o tratamento térmico durante a extração, porém no presente estudo a etapa de pasteurização do extrato foi aplicada apenas quando a mesma já compunha a calda dos sorvetes. Além de garantir a segurança do manuseio do extrato durante a obtenção, também pode-se produzir uma grande quantidade de extrato vegetal em menor tempo hábil.

4.2 Avaliação do rendimento, densidade e viscosidade do extrato hidrossolúvel de linhaça

4.2.1 Determinação do rendimento da extração

Obteve-se o extrato de 4 diferentes proporções de grão de linhaça marrom e dourada, separadamente (67g/L, 100g/L, 200g/L e 300g/L). O rendimento em sólidos de linhaça em solução foi determinado em triplicata através da metodologia de determinação de umidade em alimentos líquidos (IAL, 2008). A porcentagem de sólidos de linhaça foi expressa em média \pm desvio padrão.

4.2.2 Determinação de densidade

A densidade das diferentes extrações foi determinada em triplicata pela metodologia de determinação de densidade por picnômetro (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.2.3 Análise de viscosidade

A análise de viscosidade foi realizada conforme especificações técnicas do manual de usuário do aparelho viscosímetro rotacional analógico série LV da *Brookfield*. (BROOKFIELD ENGINEERING, 2001). As amostras foram introduzidas em béqueres de 300 mL para medida de viscosidade cinemática em viscosímetro devidamente nivelado e acoplado com sonda (*spindle*) n° 3. A velocidade de rotação adotada foi 30 RPM. Após 15 segundos, contatos do início da rotação, o marcador foi travado, o motor rotacional foi desligado e fez-se a leitura de viscosidade indicada pelo ponteiro. Em seguida, ligou-se o motor do equipamento para leituras subsequentes. Foram feitas 5 leituras sucessivas de viscosidade para cada amostra. Ao término da análise, os valores de viscosidade colhidos em centipoise (cP) foram convertidos para milipascal segundo (mPa.s) multiplicando-se pelo fator de conversão indicado na tabela da gama de viscosidade fornecida pelo fabricante. Os dados de viscosidade (μ) foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.3 Avaliação da estabilidade pela suscetibilidade à sinérese

A estabilidade dos extratos hidrossolúveis de linhaça marrom e dourada foi avaliada a partir da obtenção na proporção 100g/L (linhaça/água). A suscetibilidade à sinérese foi avaliada pelo método de drenagem do produto (AMATAYAKUL; SHERKAT; SHAH, 2006). Quantificou-se a massa de água exsudada da amostra por sinérese através de papel filtro suspenso dentro de um funil de vidro sobre uma placa de Petri para coleta da água. A sinérese foi expressa em porcentagem de massa de água exsudada em relação à massa inicial do extrato hidrossolúvel. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.3.1 Avaliação da estabilidade após congelamento

A avaliação da suscetibilidade à sinérese por exsudação após um ciclo de congelamento e descongelamento foi conduzida conforme estudo de Aplevicz & Demiate (2007), que avaliou a exsudação de gomas de polvilho azedo e doce após aplicar o tratamento de congelamento e descongelamento à suas amostras. Após essa análise, optou-se por seguir os experimentos com a variedade de linhaça que apresentou maior estabilidade.

4.3.2 Avaliação da estabilidade em diferentes faixas de pH

Sabe-se que a estabilidade de gomas espessantes de origem vegetal tende a sofrer alterações em diferentes faixas de pH (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017). A estabilidade do extrato de linhaça foi avaliada perante modulação da acidez numa faixa de pH variando de 3 a 10. A modulação foi feita com solução de ácido sulfúrico 0,5N e solução de hidróxido de sódio 0,1N.

4.4 Espectroscopia na região do infravermelho (FT-IR)

Os espectros na região do infravermelho do extrato hidrossolúvel de linhaça marrom previamente seco e macerado, e também do grão moído foram obtidos em equipamento FT-IR NICOLET 6700 (*Thermo Scientific*), com acessório de reflectância total atenuada, utilizando 32 varreduras e resolução de 4 cm^{-1} , operando em amplitude de $4000\text{-}700\text{ cm}^{-1}$ (CHEN et al., 2021). As amostras foram dispostas diretamente sob o cristal do compartimento para amostras.

4.5 Determinação de cinzas

A determinação de cinzas foi feita em triplicata sobre amostra previamente seca, em mufla a 550°C conforme protocolo descrito por (IAL, 2008). O teor de cinzas foi expresso em média \pm desvio padrão.

4.6 Determinação de lipídios pelo método Bligh-Dyer

A quantificação de lipídios no grão de linhaça marrom e no seu extrato hidrossolúvel, obtido da proporção 100g/L (linhaça/água), foi realizada pelo método Bligh-Dyer (1959), modificado conforme protocolo descrito pelo FNH Teaching lab (2016). Realizou-se a secagem do clorofórmio em estufa a vácuo a 70°C com uma redução atmosférica de -0,75 atm, durante 60 minutos. As análises foram conduzidas em duplicata para o grão de linhaça e em triplicata para o extrato hidrossolúvel. Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.7 Determinação de açúcares totais pelo método DNS

A determinação de açúcares totais do extrato hidrossolúvel foi realizada conforme protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método DNS (EMBRAPA, 2013). Para o preparo da amostra cerca de 10g de extrato hidrossolúvel de linhaça com extrato seco previamente determinado foi dissolvido em 5 mL de solução HCL 1,5N e 95 mL de água destilada. Alíquotas de solução de glicose 0,01%, água destilada e um volume fixo do reagente de DNS foram adicionadas a tubos de ensaio enumerados de 1 a 6. Em seguida agitou-se os tubos em *vortex* por 10 segundos, e os mesmos foram levados a banho maria a 100°C por 5 minutos. Após isso, os tubos foram reservados em água gelada por mais 5 minutos antes da análise em espectrofotômetro de UV-visível. O mesmo foi feito com tubos contendo 1000 μ L da de extrato preparada. A calibração do espectrofotômetro para o valor da absorbância zero foi feita utilizando-se água destilada em cubeta de cobalto e o comprimento de onda adotado foi 540nm. Em seguida, transferiu-se o conteúdo do tubo nº 1 para a cubeta que foi introduzida no equipamento para registro da absorbância. Seguiu-se dessa forma para os demais tubos e para o ensaio com o extrato de linhaça diluído. A curva padrão com solução de glicose foi feita em duplicata

e a leitura de absorvância do extrato hidrossolúvel foi feita em triplicata. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.8 Dosagem de proteínas solúveis pelo método de Bradford

A quantificação de proteínas do extrato hidrossolúvel de linhaça foi feita seguindo-se o protocolo da metodologia de dosagem de proteínas solúveis descrito por Bradford (1976). Para o preparo da amostra dissolveu-se cerca de 10 g de extrato hidrossolúvel com extrato seco previamente determinado em 100 mL de água destilada. Foi adicionado a tubos de ensaio enumerados de 1 a 6 alíquotas de solução soroalbumina bovina (BSA) 0,01%, água destilada e um volume fixo do reagente de Bradford. Em seguida agitou-se os tubos em vórtex por 10 segundos, e os mesmos foram reservados em repouso por 5 minutos antes da análise em espectrofotômetro de UV-visível. A calibração do espectrofotômetro para o valor da absorvância zero deve foi feita utilizando-se água destilada em cubeta e o comprimento de onda adotado foi 595nm. Em seguida, transferiu-se o conteúdo do tubo nº 1 para a cubeta que foi introduzida no equipamento para registro da absorvância. Seguiu-se dessa forma para os demais tubos e para o ensaio com o extrato de linhaça diluído. A curva padrão com solução BSA foi feita em duplicata e a leitura de absorvância do extrato hidrossolúvel foi feita em triplicata sobre 1000 μ L da amostra diluída. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.9 Determinação de fibra alimentar

A determinação de fibra alimentar foi realizada sobre amostra previamente seca pelo método enzimático gravimétrico descrito por (IAL, 2008). A análise foi realizada em triplicata para a determinação de fibras totais e em triplicata para a determinação de fibra insolúvel. Para o cálculo de fibra alimentar subtraiu-se o valor de massa obtido do branco e o valor de massa correspondente a proteínas. A determinação de fibra alimentar solúvel foi determinada por diferença. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão.

4.10 Delineamento experimental

Foi desenvolvido um sorvete com extrato hidrossolúvel de linhaça (EL) em associação com polvilho doce (PD) e extrato de soja (ES) dentro do espaço amostral apresentado na Tabela 1, buscando ótimo desempenho em análises físicas.

Tabela 1. Limites de componentes de mistura

Componente	Variável	Quantidade (g)		Proporção (%)		Pseudocomponente	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
EL	A	0	61	0%	42%	0	1
PD	B	0	61	0%	42%	0	1
ES	C	84	145	58%	100%	0	1

Foi utilizado o extrato hidrossolúvel de linhaça *in-natura* obtido a partir de 200 g/L (EL 200) e para a obtenção de concentração em sólidos de linhaça dentro do delineamento experimental, combinou-se o extrato com água conforme determinado na Tabela 2, e na quantidade utilizada dessas misturas o conteúdo de água foi fixado em 1000 g.

Tabela 2. Balanço de massa do conteúdo de sólidos de linhaça e água

EL 200 (g)	Água (g)	Sólidos de linhaça (g)	Quantidade utilizada (g)
1000g	0	61	1061
500g	500	30,50	1030,50
333,30g	666,70	20,33	1020,33
666,70g	333,30	40,67	1040,67
166,70g	833,30	10,17	1010,17

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento de Mistura do tipo Centroide Simplex acrescido de 3 pontos interiores (Tabela 3). Realizou-se também uma Otimização Simultânea utilizando a Função Desejabilidade (CALADO, 2003; DERRINGER; SUICH, 1980). As variáveis resposta escolhidas para análise de dados foram os atributos de textura: dureza, trabalho, e arenosidade, além da viscosidade da calda. O software Estatística (*StatSoft*) foi utilizado para gerar o delineamento e para a análise estatística dos dados. A otimização simultânea foi realizada em planilha do Excel.

Tabela 3. Delineamento de misturas para o preparo de sorvete

Tratamento	A	B	C
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0,5	0,5	0
5	0,5	0	0,5
6	0	0,5	0,5
7	0,3333	0,3333	0,3333
8	0,6667	0,1667	0,1667
9	0,1667	0,6667	0,1667
10	0,1667	0,1667	0,6667

Os modelos ajustados foram usados para os cálculos das desejabilidades individuais, conforme Equação 2.

$$d_i = \begin{cases} 0, & \text{se } \hat{y}_i < L_i \\ \frac{\hat{y}_i - L_i}{T_i - L_i}, & \text{se } L_i \leq \hat{y}_i \leq T_i \\ \frac{U_i - \hat{y}_i}{U_i - T_i}, & \text{se } T_i < \hat{y}_i \leq U_i \\ 0, & \text{se } \hat{y}_i > U_i \end{cases} \quad (2)$$

Em que L_i , T_i e U_i são, respectivamente, os valores mínimo admissível, alvo e máximo admissível para a i -ésima variável resposta considerada na otimização. A partir das desejabilidades individuais, calculou-se a desejabilidade global, D , como sendo a média geométrica, dada pela Equação 3.

$$D = (\prod_{i=1}^N d_i)^{1/N} \quad (3)$$

Em que N é o número de variáveis respostas consideradas na otimização.

Os parâmetros L_i , T_i e U_i foram definidos a partir dos atributos de textura tidos como ideais em um mapeamento do perfil de textura de sorvetes comerciais.

4.11 Aquisição e produção de sorvetes

Os sorvetes comerciais de chocolate foram selecionados de forma a representar a diversidade de produtos encontrados no Brasil. O sorvete de chocolate **A**, que foi adotado como padrão convencional para o delineamento, foi reproduzido a partir do receituário fornecido por uma empresa/marca fabricante de ingredientes para sorvetes, e esse produto foi batido em sorveteira artesanal com potência de 50W. O produto foi mantido congelado em freezer a -14°C até o momento da análise.

O sorvete de chocolate **B** foi adquirido na loja de uma franquia de uma marca de sorvetes popular no Espírito Santo e na fábrica o sorvete foi batido em sorveteira semi-industrial com potência de 370W. O produto foi transportado da loja para o laboratório em caixa térmica de isopor com gelo e foi mantido congelado freezer a -14°C até o momento da análise.

Os sorvetes de chocolate **C** e **D**, pertenciam a duas marcas populares na região sudeste do Brasil e foram adquiridos em mercado local. Em pesquisa no site dos fabricantes e seus fornecedores de equipamentos, descobriu-se que essas amostras foram batidas em sorveteira industrial com potência superior a 7500W e dotadas de sistema de bombas pneumáticas para incorporação de ar. Da mesma forma, os produtos foram transportados da loja para o laboratório em caixa térmica de isopor com gelo e foram mantidos congelado freezer a -14°C até o momento da análise.

Para a produção de sorvetes no ensaio do delineamento experimental os ingredientes (Quadro 2) foram misturados em liquidificador por cerca de 60 segundos e quando necessário, a calda foi coada em saco voil para separação da fração insolúvel do extrato de soja.

Quadro 2. Formulação dos sorvetes e conteúdo de gordura

Formula convencional			Reformulação		
Ingrediente	Quantidade (g)	Gordura (%)	Ingrediente	Quantidade (g)	Gordura (%)
água	1000	-	água	1000	-
leite em pó	240	26	extrato de soja	84 a 145	48
gordura vegetal	30	100	extrato de linhaça	0 a 61	1,04
liga neutra*	10	-	polvilho doce	0 a 61	-
emulsificante	10	23	açúcar	250	-
açúcar	180	-	chocolate em pó	75	6
glicose em pó	70	-			
chocolate em pó	50	6			

*ingrediente fonte de aminoácidos de origem animal

As caldas coadas foram fervidas em micro-ondas por 4 minutos, em dois ciclos de 2 minutos com intervalo de 10 segundos para que as misturas não transbordassem. Os recipientes com as caldas foram reservados em refrigerador por 12 horas para a maturação. Os sorvetes foram batidos um a um em sorveteira artesanal de 50 W até que a sorveteira parasse, indicando o ponto de retirada. Os sorvetes foram envasados manualmente em potes de plástico com 150 mL de volume e reservados sob refrigeração a -26°C por 48h para fixação das características. Após esse tempo, os sorvetes foram retirados do freezer e realocados em congelador de geladeira a -14°C, onde permaneceram por 2 horas até o momento da análise de textura.

4.12 Análise do perfil de textura e atributos de qualidade de sorvetes

As análises de perfil de textura e atributos de qualidade em sorvetes comerciais foram realizada conforme método proposto por Lopes et al. (2021). Os atributos de qualidade em sorvetes descritos por Goff & Hartel (2013) foram traduzidos em atributos de textura (Quadro 3) que puderam ser quantificados através do texturômetro digital TA.XT Plus da *Stable Micro Systems*. As leituras sobre cada amostra de sorvete foram realizadas imediatamente após sua retirada do refrigerador. Foi utilizada a sonda de penetração de 2mm de diâmetro (*probe P/2*). A velocidade de deslocamento adotada foi 2mm/s e a distância da penetração foi 2cm a partir da superfície da amostra. Para cada amostra foram realizadas 15 penetrações partindo do ponto central em direção às extremidades. O período de exposição das amostras à temperatura ambiente (22°C ± 1) durante as 15 perfurações foi em média 7,5 minutos.

Variações em dureza e trabalho aplicado nesse período foram interpretadas como parâmetros de estabilidade. A viscosidade dos sorvetes após descongelamento (viscosidade das caldas) foi medida conforme subtítulo 4.2.2.

Quadro 3. Tradução dos atributos de qualidade em atributos de textura

Atributo	Parâmetro	Unidade de medida
Maciez	Dureza (D)	Newtons (N)
Resistência	Trabalho aplicado (T)	miliJoule (mJ)
Arenosidade	Picos de Força +	- -
Estabilidade	Variação de D e T	- -

A análise do perfil de textura e viscosidade dos sorvetes produzidos a partir do delineamento foi realizada em triplicata, logo foram analisados em cada tratamento 45 pontos de perfuração. Dentre os dados de dureza e trabalho foram descartados valores com desvio em relação à média maior que 5 e para arenosidade foram descartados os dados com desvio maior que 1.

Para validação da otimização simultânea, o menor número de amostra possibilitou uma análise mais detalhada do produto. Foi avaliada a variação dos atributos desse sorvete em diferentes faixas de temperatura, que foram aferidas antes e após a análise de textura, sendo elas: entre -14,0 e -8°C; entre -13,6 e -6,5°C; e entre -12,2 e -5,3°C. A viscosidade do sorvete derretido também foi analisada conforme metodologia citada no subtítulo 4.12.

4.13 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise estatística ANOVA. Para comparar fatores qualitativos, usou-se o teste de Tukey para verificar diferença entre as médias a uma significância de 5% ($p=0,05$). Para os fatores quantitativos, ajustou-se modelos por meio de análise de regressão. O software estatístico utilizado foi o Statistica (*StatSoft*).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento em sólidos de linhaça no extrato hidrossolúvel

A mucilagem da linhaça contém de 50 a 80% de carboidratos e de 4 a 20% de proteínas (GOH et al., 2006). A mucilagem da linhaça, comumente chamada de goma de linhaça, representa cerca de 3,5% a 10,2% do peso total da semente (NYBROE; ASTRUP; BJØRNVAD, 2016). O teor de sólidos da linhaça presente no extrato hidrossolúvel aumentou a medida em que foi utilizada uma maior quantidade de grão por litro de água (Tabela 4), mas encontrou-se um limite de extração manual a partir da proporção de 300g de grão por litro d'água para a linhaça marrom, e 200g de grão por litro d'água para a linhaça dourada. Esse fenômeno foi atribuído à hidratação do farelo e aumento do acúmulo de massa retida como borra dentro dos sacos voil. Warr et al. (2003) apontaram que o uso de mucilagem de linhaça é limitado, devido ao alto peso molecular ($1.7 \times 10^1 - 5.7 \times 10^3$ kDa) dos polissacarídeos que a compõem.

Tabela 4. Sólidos de linhaça em solução

Tratamento	Extrato seco (%)
67g/L	2,1589 $\pm 1,989 \times 10^{-05}$
100g/L	3,2597 $\pm 2,225 \times 10^{-03}$
200g/L	6,1067 $\pm 8,417 \times 10^{-05}$
300g/L	7,3844 $\pm 1,076 \times 10^{-03}$

5.2 Propriedades tecnológicas do extrato hidrossolúvel de Linhaça

5.2.1 Densidade e viscosidade

A Tabela 5 apresenta as médias e desvios padrão para a densidade e a viscosidade do extrato de linhaça marrom para diferentes proporções de massa de linhaça, em gramas, pelo volume de água, em L. A densidade manteve-se praticamente constante, apresentando uma ligeira queda apenas no tratamento de maior proporção, ou seja, o de 300 g de linhaça por L de água. Já a viscosidade apresentou um aumento exponencial em função da proporção linhaça/água. Comportamento semelhante foi obtido para o extrato de linhaça dourada, conforme pode ser observado na Tabela 6, sendo que nesse caso para o tratamento com maior proporção, 300g/L, não foi

possível a separação das fases devido à gelificação da mistura. Uma vez que os dados da viscosidade para os dois tipos de linhaça sugerem um aumento exponencial com a proporção massa de linhaça por volume de água, ajustou-se um modelo de crescimento exponencial para as duas matérias primas. Os modelos ajustados, bem como os coeficientes de determinação, são apresentados na Tabela 7. Os elevados valores de coeficientes de determinação e a proximidade das curvas ajustadas aos pontos experimentais, mostram que o modelo de crescimento exponencial (Figura 1) é adequado para estimar a viscosidade do extrato em função da proporção linhaça/água.

Tabela 5. Médias da densidade e viscosidade do extrato de linhaça marrom obtido de diferentes proporções de grão/água

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	Viscosidade (mPa.s)
67g/L	1,0198 ^a ±0,0369	6,6500 ±0,8216
100g/L	1,0233 ^a ±0,0400	8,2500 ±0,3536
200g/L	1,0298 ^a ±0,0458	65,6700 ±0,6847
300g/L	0,9230 ^b ±0,0392	1670 ±87,3212

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0, 05$)

Tabela 6. Médias da densidade e viscosidade do extrato de linhaça dourada obtido de diferentes proporções de grão/água

Tratamento	Densidade (g/cm ³)	Viscosidade (mPa.s)
67g/L	1,2383 ^a ±0,0337	23,7500 ±0,5000
100g/L	1,2389 ^a ±0,0375	152,5000 ±17,6777
200g/L	1,1611 ^a ±0,4310	934 ±73,3485
300g/L	--	--

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0, 05$)

Tabela 7. Modelos ajustados e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para a viscosidade dos extratos em função da proporção linhaça/água

Linhaça	Modelo ajustado	R^2
Marrom	$\hat{\mu} = 0,1045 e^{0,03226 x}$	0,9999
Dourada	$\hat{\mu} = 15,9853 e^{0,02034 x}$	0,9955

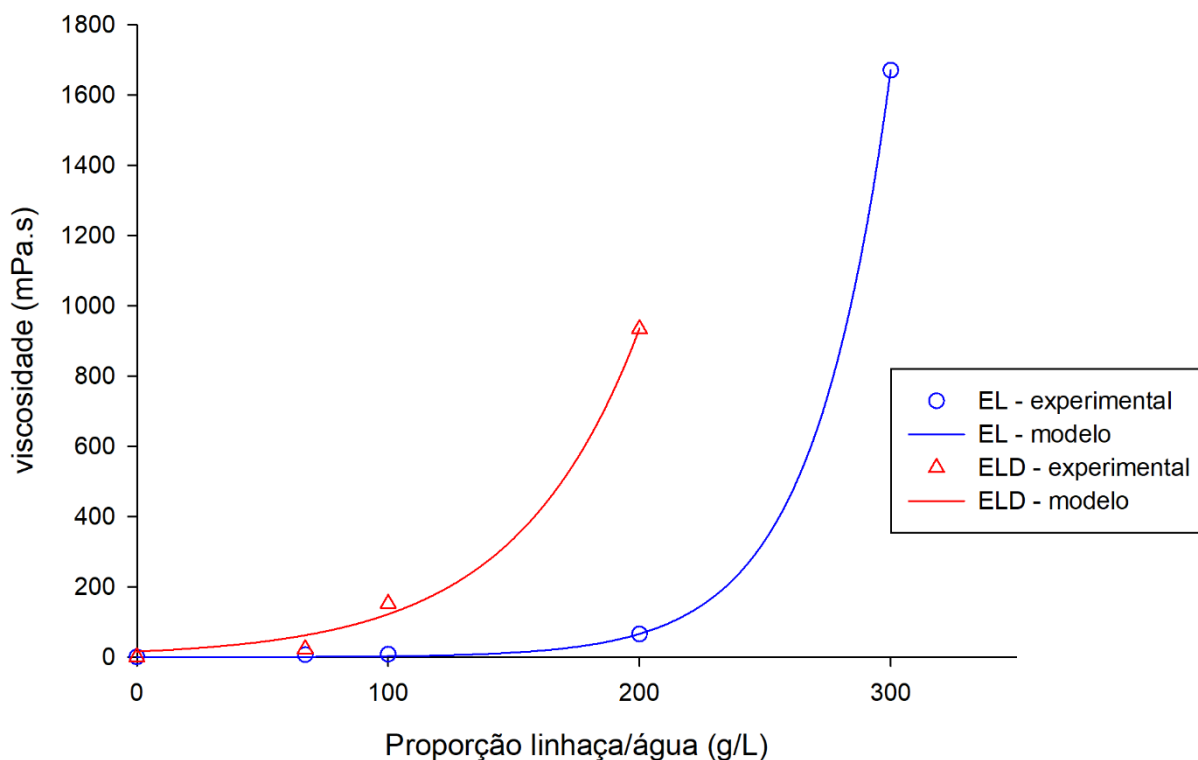


Figura 1: Viscosidade do extrato de linhaça em função da proporção linhaça/água.

EL: Extrato hidrossolúvel de Linhaça Marrom; ELD: Extrato hidrossolúvel de linhaça Dourada.

De acordo com a Figura 1, nota-se que os valores de viscosidade do extrato de linhaça dourada são mais elevados que do extrato de linhaça marrom. CAO et al. (2020) verificaram que o aumento na concentração de goma de linhaça em emulsões de proteína e gordura tem como efeito o aumento da viscosidade.

Liu et al. (2016) também verificaram o aumento da viscosidade em emulsões com o aumento da concentração de goma de linhaça, e nesse mesmo estudo foi verificado que a viscosidade da goma de linhaça aumenta com o acréscimo de sacarose enquanto a adição de sal e/ou aumento da temperatura tinham efeito contrário. O aumento da temperatura tende a reduzir a viscosidade.

Em estudo das propriedades reológicas de diferentes cultivares de linhaça, constatou-se que as propriedades reológicas de variedades de linhaça dourada geralmente são mais fortes do que de variedades de linhaça marrom, o que explica porque foi possível separar as fases na extração da linhaça marrom no tratamento com a maior proporção de linhaça, mas não possível a separação das fases na extração da linhaça dourada para o mesmo tratamento. Também foi relatado que

gomas com maior conteúdo de polissacarídeos neutros (arabinoxilose) exibiam comportamento de gel fraco, enquanto aquelas contendo um maior conteúdo de polissacarídeos ácidos (ramnose, ácido galacturônico) tinham propriedades reológicas mais brandas comportando-se como fluido viscoelástico (CUI; KENASCHUK; MAZZA, 1996). Nesse mesmo estudo, ao avaliar a frequência com que polissacarídeos ácidos e neutros eram encontrados em 12 variedades de linhaça (6 cultivares de linhaça dourada e 6 cultivares de linhaça marrom), constatou-se maior frequência de ocorrência de polissacarídeos neutros em linhaça dourada e maior frequência de ocorrência de polissacarídeos ácidos em linhaça marrom.

5.2.2 Estabilidade em diferentes tratamentos

Os dados de suscetibilidade à sinérese são apresentados na Tabela 8, e os mesmos foram representados graficamente na Figura 2. A sinérese do extrato de linhaça marrom foi menor que 1% na primeira hora após o início do gotejamento na faixa de pH entre 4 e 10, podendo-se então inferir que o extrato hidrossolúvel de linhaça marrom foi estável numa ampla faixa de pH.

A estabilidade da amostra descongelada foi prejudicada, promovendo separação de fases e exsudação de 7,75% da massa inicial da amostra. Como descrito por Goh et al. (2006), as propriedades e estabilidade da goma de linhaça podem ser aprimoradas com a combinação de diferentes biopolímeros. Esse fato foi corroborado por estudos que avaliaram as propriedades reológicas e estabilidade de emulsões de proteína, polissacarídeos e gel de caseína adicionados de diferentes concentrações de goma de linhaça (CAO et al., 2020; JIANG et al., 2019; LI et al., 2012).

Apesar do extrato de linhaça dourada ter promovido maior viscosidade em dispersão aquosa, sua estabilidade após descongelamento foi menor, com exsudação de 19,64% em relação à massa inicial, uma susceptibilidade à sinérese quase três vezes maior do que o extrato da linhaça marrom. Nesse quesito, a baixa estabilidade do extrato de linhaça dourada poderia potencializar a formação de grandes cristais de gelo que aumentam dureza do sorvete e geram arenosidade. Além disso, espera-se que o derretimento do sorvete seja uniforme e não apresente separação de fases (ALVAREZ, 2008; ALZAMORA PINAO, 2018; TIMM, 1989).

Tabela 8. Suscetibilidade à sinérese do extrato de linhaça

Tratamento	Sinérese (%)
EL100 pH 3	1,1999 ^c ±0,1212
EL100 pH 4	0,9867 ^{cd} ±0,1115
EL100 pH 5	0,5730 ^{de} ±0,2290
EL100 pH 6,35	0,2933 ^e ±0,1450
EL 100 pH 8	0,5033 ^{de} ±0,1079
EL 100 pH 9	0,7333 ^{cde} ±0,0603
EL 100 pH 10	0,7833 ^{cde} ±0,1002
EL100 descong.	7,7500 ^a ±0,4350
ELD 100 descong.	19,6365 ^b ±0,0478

EL: Extrato hidrossolúvel de Linhaça marrom; ELD: Extrato hidrossolúvel de Linhaça Dourada; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

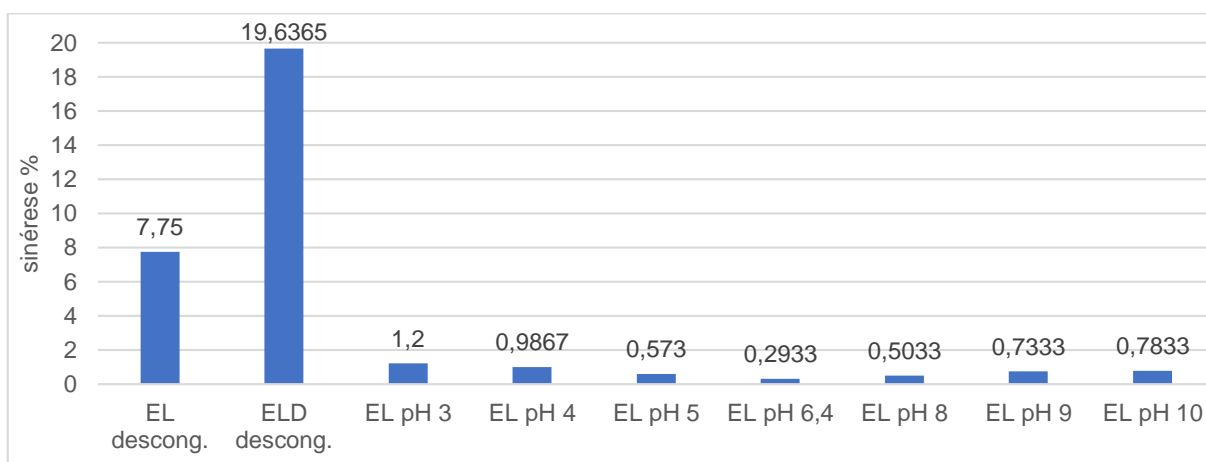


Figura 2: Suscetibilidade à sinérese do extrato de linhaça em diferentes tratamentos.

EL: Extrato hidrossolúvel de Linhaça Marrom; ELD: Extrato hidrossolúvel de linhaça Dourada.

Wang et al. (2017) verificaram que o aumento na faixa de pH de emulsões estabilizadas por goma de linhaça causava uma redução nas gotículas de água, verificadas em microscópio. Além disso, constataram que em valores de pH ácido essas emulsões eram menos estáveis, já que a fase aquosa de misturas com pH inferior a 5 eram facilmente separadas quando mantidas inertes durante 24h. Nesse estudo, foi verificado melhor estabilidade do extrato de linhaça marrom na faixa de pH próximo à normalidade (de pH 5 a 8), e maior estabilidade em pH de obtenção (pH 6,35).

5.3 Espectroscopia na região do infravermelho (FT-IR)

A espectroscopia no infravermelho (espectros apresentados na Figura 3) foi um método analítico versátil e robusto que apresentou informações qualitativas do extrato hidrossolúvel e da linhaça marrom. Essa análise permitiu verificar de forma rápida componentes presentes nessas amostras biológicas complexas (BEĆ; GRABSKA; HUCK, 2020).

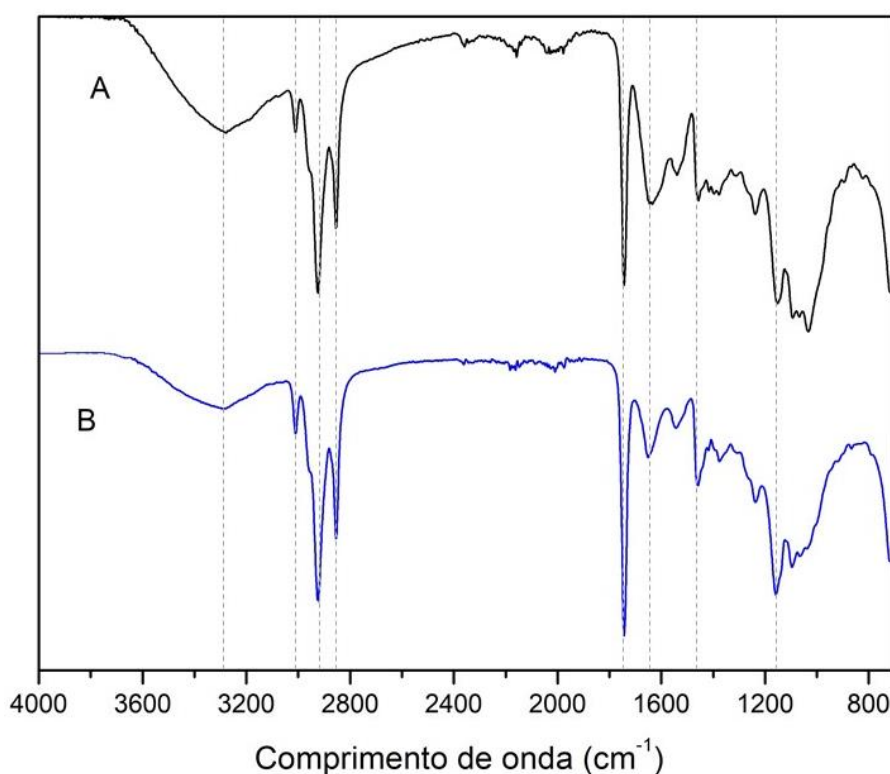


Figura 3: Espectros de ATR-FT-IR do extrato hidrossolúvel de linhaça (A) e da linhaça integral (B).

Assim como esperado, não houve diferença entre os espectros do extrato hidrossolúvel (A) e a linhaça integral (B), já que na obtenção desse extrato não houve aplicação de tratamento térmico que resultasse em hidrólise ou reação de caramelização dos açúcares que compunham os polissacarídeos.

As bandas próximas a 3300 cm^{-1} presente em ambos espectros, indicam a presença de vibração de alongamento do grupo hidroxila (OH) presente em ligações de hidrogênio intra e intermolecular das moléculas de proteína (SAFDAR et al., 2020),

essa mesma banda foi verificada no espectro de goma de linhaça apresentado por YANG et al. (2020).

As bandas em 3014, 2923 e 2888 cm^{-1} são características de ligação de C-H de cadeias acil insaturadas, estiramento assimétrico e simétrico de C-H e de grupos CH_2 e CH_3 que podem ser atribuídos aos heteropolissacarídeo da mucilagem de linhaça (ELZEY; POLLARD; FAKAYODE, 2016; MOHSENI; GOLLI, 2019). Todos os polissacarídeos identificados na goma de linhaça por Yang et al. (2020) através da análise FT-IR também estavam presentes no grão e no seu extrato hidrossolúvel.

Nesse estudo, pode-se verificar também a presença de bandas em 1743, 1643 e 1544 cm^{-1} que estão relacionadas com a dupla ligação de C=O de ácidos graxos. Em 1037 cm^{-1} o pico corresponde à vibração de estiramento de grupos éster de C-O-C comum em triacilglicerídeos (BARBOSA, 2007).

5.4 Composição centesimal do extrato hidrossolúvel de linhaça

A partir de 100g de linhaça em 1000 ml de água obteve-se uma massa de sólidos do grão de 32,6 g/L representando um rendimento em matéria seca de aproximadamente 32,6%, um valor que facilmente supera o valor máximo de 10,2% previsto por Nybroe, Astrup & Bjørnvad (2016) para a goma de linhaça. Esses valores indicam que no extrato hidrossolúvel de linhaça estavam presentes outros componentes do grão além da própria mucilagem (Tabela 9), o que não fora encontrado antes por outros autores ao determinar a composição da goma de linhaça (GOH et al., 2006; NYBROE; ASTRUP; BJØRNVAD, 2016; YANG et al., 2020).

A linhaça também pode ser utilizada como uma fonte de gordura natural, sua composição compreende 35% de lipídios ácido graxos poli-insaturados ômega 3 (57%) e ômega 6, 30% de proteínas e 35% de fibras, das quais 10% destas são solúveis, podendo variar em função do cultivar e geolocalização (GOH et al., 2006). Após análise do teor de lipídios do grão utilizado verificou-se que a concentração desse nutriente na linhaça era de 30%, valores semelhantes com os apresentados por Goh et al. (2006), OPAS (2017) e TACO (2017). O teor de lipídios verificado no extrato seco 19,45%, representando uma redução de 34,83% no teor de lipídios se comparado com o grão.

Parece que o alto peso molecular dos polissacarídeos de linhaça causaram uma retenção de macromoléculas formando uma borra dentro do tecido voil, enquanto a recuperação de compostos de baixo peso molecular como sais minerais foi facilitada. Isso fica ainda mais evidente ao observar a concentração de proteínas no extrato de linhaça, que foi de apenas 0,05%. Em contrapartida, a presença de cinzas no extrato (4,49%) superou o valor apresentado por TACO (2017) para o grão de linhaça (3,7%).

O teor de fibra alimentar para o extrato hidrossolúvel foi 68,84%, um valor que condiz com o verificado por Goh et al. (2006) que estava entre 50 e 80% para a goma de linhaça. No entanto, houve uma redução drástica no teor de proteínas do extrato (0,05%) quando comparado com o a goma de linhaça (4 a 20%).

De acordo com OPAS (2017) o teor açúcar total incluindo amido no grão de linhaça é 1,6%, nesse estudo encontrou-se apenas 0,02% de açúcares totais no extrato. O teor de carboidratos totais foi determinado por diferença, somando-se fibra alimentar e açúcar total. A concentração de carboidratos no extrato (76,01%) superou a composição do grão (43,3%) verificada por TACO (2017).

Tabela 9. Composição centesimal do extrato hidrossolúvel de linhaça comparada com goma de linhaça e grão integral

Componente	Extrato hidrossolúvel (%)	Goma de linhaça (%)	Grão de linhaça (%)
Cinzas	4,49%	-	3,7% ²
Lipídios	19,45%	-	30 a 35% ^{2,3}
Carboidratos	76,01%	50 a 80% ¹	43,3% ²
Fibra alimentar	68,84%	50 a 80% ¹	33,4% ²
Fibra solúvel	20,09%	10% ¹	
Fibra insolúvel	49,74%	90% ¹	
Açúcar total	0,02%		1,6% ³
Proteínas	0,05%	4 a 20% ¹	14,1% ²
Total	100%		

¹ dados obtidos de GOH et al. (2006); ² dados obtidos de TACO (2017); ³ dados obtidos de OPAS (2017).

O estudo de Rasmussen & Meyer (2010), mostrou que não é possível promover uma despolimerização da goma de linhaça utilizando apenas hidrólise ácida e a aplicação de hidrólise enzimática é limitada por causa da complexa e altamente ramificada estrutura do polissacarídeo de linhaça. Oligossacarídeos compostos de

arabinoxilanos puderam ser obtidos da mucilagem de linhaça por hidrólise enzimática (GUILLOUX et al., 2009) e também por oxidação induzida utilizando peróxido de hidrogênio (LIANG et al., 2017) após longas horas utilizando tratamento térmico e com baixo rendimento. Diante disso, a aplicação da hidrólise enzimática com ácido clorídrico como proposto pela metodologia da EMBRAPA (2013) não deve produzir oligossacarídeos que interfiram na quantificação de açúcar total.

A absorvância média de 1 mL de solução com 0,0016% de extrato de linhaça foi $0,108 \pm 0,0140$; o que refletia numa concentração de $0,03616\mu\text{g}$ de açúcar. Isso equivalia à 0,023% da massa inicial de extrato seco em solução ($159,6\mu\text{g}$). De acordo com OPAS (2017), o conteúdo de açúcares totais da linhaça é 1,6% incluindo amido.

Do mesmo modo, a absorvância média de 1 mL de solução com 0,0016% de extrato de linhaça foi $0,89545 \pm 0,0581$; o que refletia numa concentração de $0,0447\mu\text{g}$ de proteína. Isso equivalia à 0,0452% da massa inicial de extrato seco em solução ($159,6\mu\text{g}$). De acordo com OPAS (2017), o conteúdo de proteínas na linhaça é 18,3%. Verificou-se uma redução de significativa no teor de proteínas do extrato de linhaça, podendo-se deduzir que as propriedades tecnológicas têm influência direta dos polissacarídeos das fibras alimentares presentes.

5.5 Perfil de textura e atributos de qualidade de sorvetes comerciais

Os dados do mapeamento do perfil de textura dos sorvetes comerciais são apresentados na Tabela 10. De acordo com informações da embalagem, verificadas por pesagem, nenhum dos sorvetes analisados tinha densidade aparente menor que 475g/L, portanto estavam dentro do critério de qualidade estabelecido pela RDC 266 de 2005 publicada pela Anvisa.

Como pode ser verificado nos gráficos das Figuras 3 e 4, os maiores valores de dureza média e trabalho médio estatisticamente significativos foram verificados nas medições de textura do sorvete de chocolate da marca **B**, do qual também se obteve maiores variações na dureza e trabalho aplicado ao longo do período da análise. Uma alta variação no perfil de textura indicava baixa estabilidade da amostra congelada, resultando também em altos coeficientes de desvio padrão.

Foram verificadas durezas médias inferiores a 10N em todas as demais amostras. As amostras de sorvetes mais rígidas identificadas foram **B** e **F**, com valores de

trabalho médio aplicado estatisticamente significativos de 61,48 mJ e 31,83 mJ respectivamente. As amostras menos rígidas cujos sorvetes podem ser considerados mais macios foram as marcas **C** e **A**, não havendo diferença significativa entre ambos para os atributos dureza média e trabalho médio aplicado.

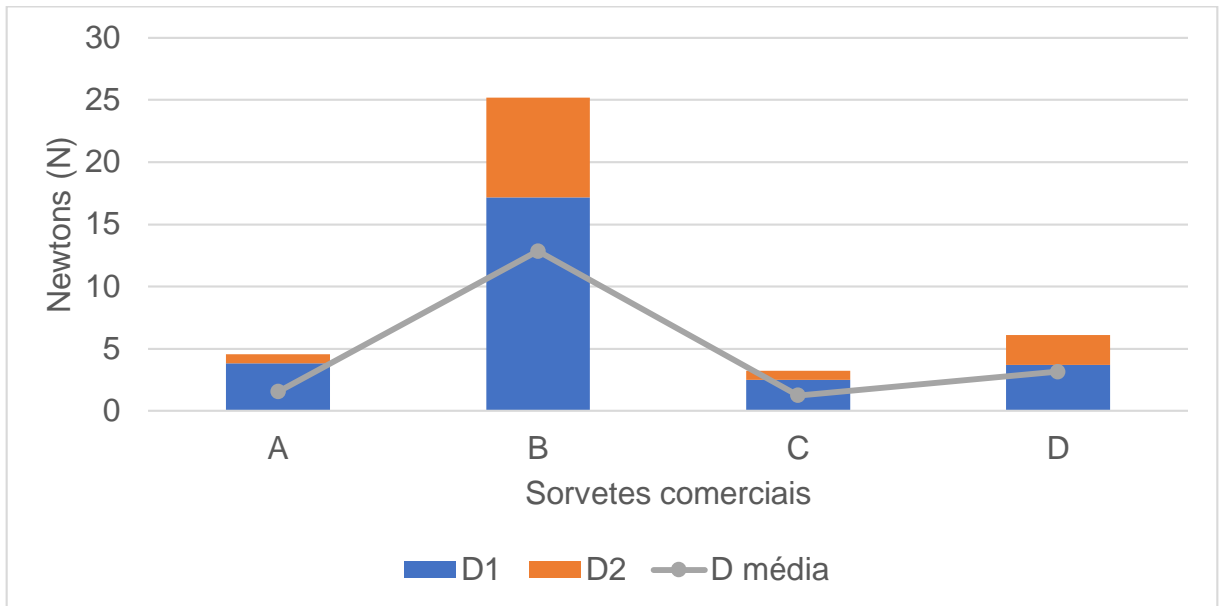


Figura 3: Dureza média dos sorvetes comerciais.

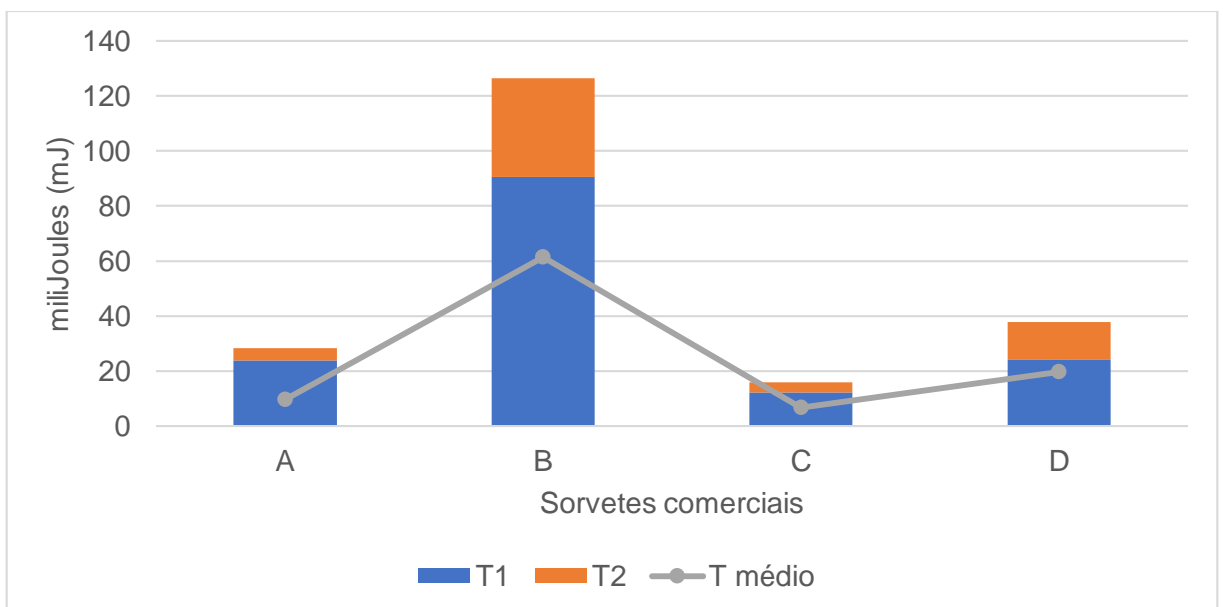


Figura 4: Resistência média ao trabalho aplicado nos sorvetes comerciais.

Uma baixa arenosidade foi verificada para todas as amostras (Figura 5). A amostra com textura mais suave foi o sorvete de chocolate da marca **C**, o único com

arenosidade zero em todos os 15 pontos de penetração. Apesar de terem sido processados por tecnologias diferentes, o sorvete artesanal A e industriais C e D puderam ser considerados semelhantes quanto aos atributos de textura maciez e resistência (expressos como dureza e trabalho aplicado).

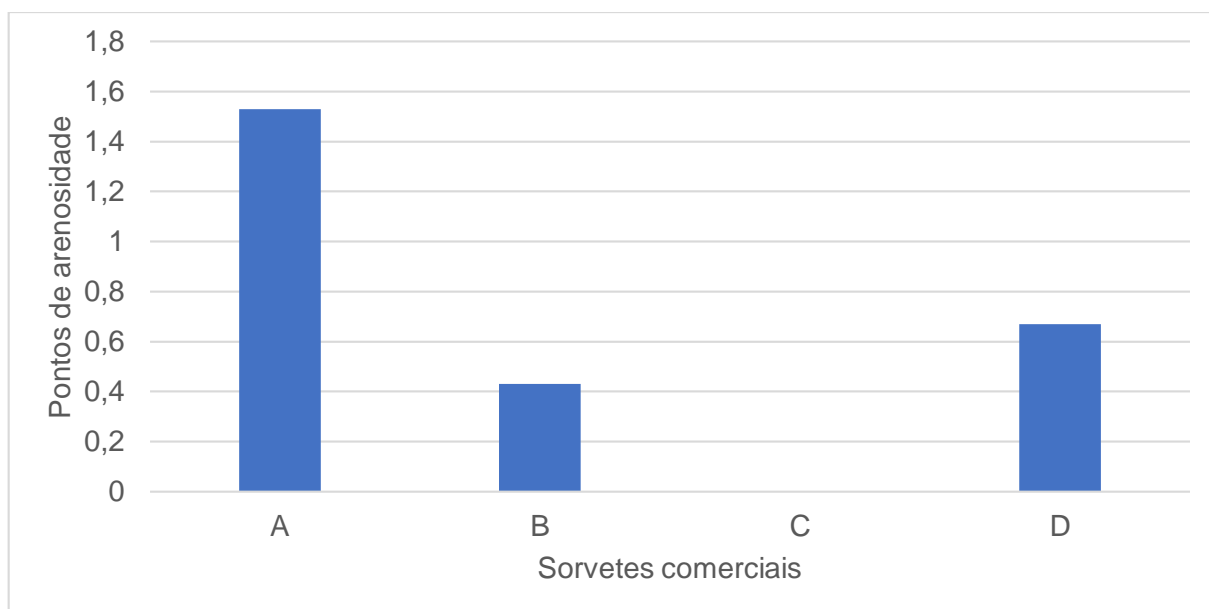


Figura 5: Ranque de arenosidade média dos sorvetes comerciais.

Após descongelamento das amostras descobriu-se que a viscosidade de todas as caldas diferia estatisticamente uma da outra (Figura 6). Isso evidenciou que as propriedades tecnológicas desenvolvidas pelos ingredientes têm forte influência no perfil de textura e qualidade de sorvetes, a ponto de se obter produtos com ótima qualidade de textura a partir de caldas com alta ou baixa viscosidade. Portanto, no estudo dos sorvetes comerciais a viscosidade da calda deixou de ser uma boa métrica de qualidade quando comparadas diferentes formulações.

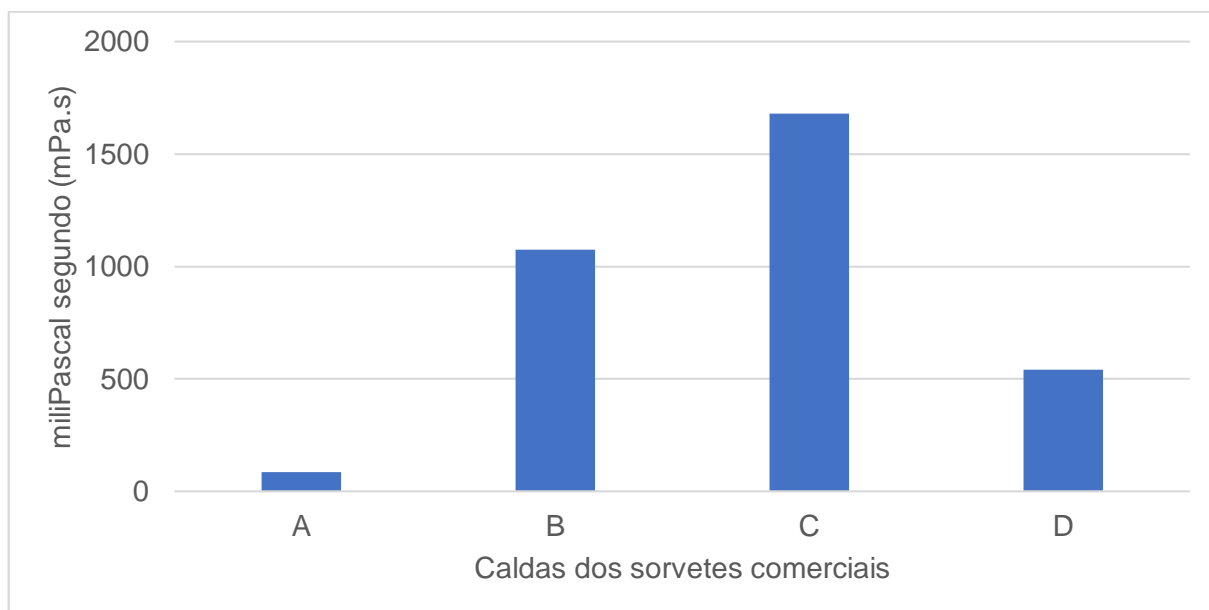


Figura 6: Viscosidade das caldas dos sorvetes comerciais.

Combinando os atributos de textura de todos esses sorvetes, tem-se o que seria o perfil de textura ideal para um sorvete brasileiro. Como proposto na literatura, um sorvete ideal deve ter textura suave e macia, com uma dureza média de 5,6N; resistência moderada, requerendo um trabalho médio de 28,5mJ para sua perfuração; baixa arenosidade, com uma arenosidade média de 0,79 pontos; e boa estabilidade, que pode ser lido como uma baixa variação na dureza e trabalho aplicado ao longo do tempo.

Tabela 10. Atributos de textura de sorvetes comerciais

Sorvete	D1	D2	ΔD	Dureza média (N)	T1	T2	ΔT	Trabalho médio (mJ)	Aareosidade média	Viscosidade (mPa.s)
A	3,83	0,71	3,12	1,55 ^{cd} $\pm 0,83$	23,97	4,31	19,66	9,70 ^{cd} $\pm 5,38$	1,53 ^a $\pm 1,25$	86,55 ^d $\pm 1,45$
B	17,17	8,00	9,18	12,85 ^a $\pm 2,98$	90,63	35,69	54,94	61,48 ^a $\pm 20,17$	0,43 ^b $\pm 0,54$	1075 ^b $\pm 16,96$
C	2,52	0,69	1,83	1,24 ^d $\pm 0,60$	12,20	3,74	8,46	6,78 ^d $\pm 2,94$	0,00 ^b ± 0	1680 ^a $\pm 104,20$
D	3,68	2,42	1,27	3,15 ^c $\pm 0,56$	24,28	13,56	10,72	19,81 ^c $\pm 4,45$	0,67 ^a ± 1	542 ^c $\pm 21,68$
Ideal			5,59N					28,49 mJ	0,79	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

5.6 Perfil de textura e atributos de qualidade do delineamento experimental

Não houve variação significativa na densidade dos sorvetes ensaio conduzido, mas de forma geral, obteve-se sorvetes com alta resistência ao trabalho aplicado (Tabela 11). A formulação menos resistente foi o tratamento 1 (69,48 mJ), obtido a partir de 61g de sólidos de extrato de linhaça (EL); 0g de polvilho doce (PD); e 84g de extrato de soja (ES).

A formulação cujo sorvete apresentou maior resistência foi o tratamento 7 (139,57 mJ), obtido da combinação 20,33g de EL; 20,33g de PD e 104,33g de ES. As formulações das quais obteve-se sorvetes que puderam ser consideradas menos estáveis foram os tratamentos 4 e 9 porque não apresentarem valores de resistência dentro do limite de desvio estabelecido ($DP \leq 5$).

O sorvete com menor dureza verificada foi obtido da formulação do tratamento 1, com a maior concentração de EL no delineamento e, o sorvete com menor arenosidade foi obtida a partir da formulação do ensaio 4, que tinha uma combinação intermediária de EL e PD na proporção 1/1. Por fim, foi verificada maior viscosidade da calda no ensaio 1, como resultado da alta concentração de EL. Para esse estudo quanto maior foi a viscosidade, promovida pela adição do EL na calda menor era a dureza e resistência do sorvete.

Tabela 11. Médias e desvios padrão para as variáveis respostas avaliadas no delineamento de misturas

Tratamento	Dureza média (N)	Trabalho médio (mJ)	Arenosidade média	Viscosidade (mPa.s)
1	9,5555 ±0,1651	69,478 ±1,1880	14,611 ±0,3470	1674 ±41,00
2	30,399 ±1,0008	223,53 ±4,4500	15,444 ±0,1920	62,7 ±0,447
3	17,967 ±0,5440	143,543 ±0,4330	17,667 ±0,5770	83 ±7,580
4	16,4119 ±0,0863	121,44 ±11,990	10,444 ±0,5090	83,4 ±0,418
5	15,455 ±1,5670	121,21 ±2,4800	18,5 ±0,1667	54,5 ±0
6	20,758 ±1,3540	160,42 ±4,7900	16,5 ±0,1667	16,5 ±0
7	18,7913 ±0,1637	140,9 ±2,8100	24,167 ±0,2890	13,9 ±0,418
8	14,236 ±0,3770	109,598 ±1,1030	19,417 ±0,3820	119,5 ±6,470
9	15,804 ±1,2220	130,35 ±7,8200	22,556 ±0,3850	27,5 ±0
10	16,49 ±1,3250	124,82 ±2,6400	17,5 ±0	37,5 ±0

O efeito produzido por cada ingrediente e a interação entre eles podem ser visualizados nas figuras de superfície de resposta (Figuras 5, 6, 7 e 8) geradas a partir dos modelos matemáticos (Tabela 12) que descreviam as variáveis respostas.

Tabela 12. Modelos ajustados em termos dos pseudocomponentes e coeficientes de determinação

Variável	Equação ajustada	R ²
Trabalho	$\hat{y} = 67,97 x_1 + 222,02 x_2 + 141,86 x_3 - 106,8 x_1 x_2 + 51,94 x_1 x_3 - 99,35 x_2 x_3 + 393,04 x_1 x_2 (x_1 - x_2)$	0,9637
Fmax	$\hat{y} = 9,28 x_1 + 30,1 x_2 + 17,7 x_3 - 15,1 x_1 x_2 + 5,9 x_1 x_3 - 14,6 x_2 x_3 + 73,8 x_1 x_2 (x_1 - x_2) - 18,9 x_1 x_3 (x_1 - x_3)$	0,9472
Arenos.	$\hat{y} = 14,6 x_1 + 15,4 x_2 + 17,7,4 x_3 - 18,3 x_1 x_2 + 9,5 x_1 x_3 + 250,4 x_1 x_2 x_3 - 72x_1 x_2 (x_1 - x_2) + 80,6x_1 x_3 (x_1 - x_3)$	0,9999
Viscosidade*	$\hat{y} = 3,22 x_1 + 1,8 x_2 + 1,96 x_3 - 2,35 x_1 x_2 - 3,24 x_1 x_3 - 2,46 x_2 x_3 - 3,68 x_1 x_2 x_3$	0,9752

*Para a variável viscosidade foi feita uma transformação dos dados ($y = \log(visc.)$) para atender aos pressupostos da análise de variância.

O máximo valor para o trabalho estimado pelo modelo é 222,02, o qual ocorre para a mistura formada pelo pseudocomponente 2 puro, que corresponde à mistura contendo 0% de EL, 42,07% de PD e 57,93% do ES (na formulação quantidades iguais a 0 para o primeiro componente, 61 para o segundo e 84 para o terceiro). Esse resultado indica que as misturas com maiores proporções do componente 2 tendem a ter um maior valor para a variável trabalho. O mínimo valor estimado para o trabalho é 67,97, o qual ocorre para a mistura formada pelo pseudocomponente 1 puro, que corresponde à mistura contendo 42,07% do EL, 0% de PD e 57,93% de ES (na formulação quantidades iguais a 61 para o primeiro componente, 0 para o segundo e 84 para o terceiro).

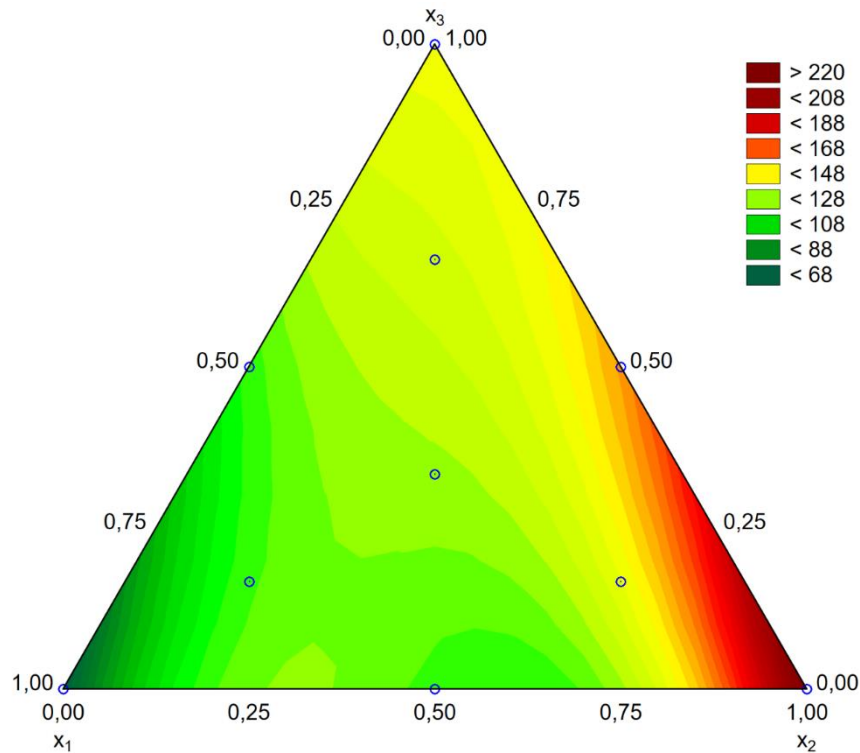


Figura 5: Gráfico de superfície de resposta da variável trabalho.

O máximo valor para F_{max} estimado pelo modelo é 30,13, o qual ocorre para a mistura formada pelo pseudocomponente 2 puro, que corresponde à mistura contendo 0% de, 42,07% de PD e 57,93% de (na formulação quantidades iguais a 0 para o primeiro componente, 61 para o segundo e 84 para o terceiro). Esse resultado indica que as misturas com maiores proporções do componente 2 tendem a ter um maior valor para a variável dureza. O mínimo valor estimado para F_{max} é 8,65, o qual ocorre para a mistura formada por 90% de EL e 10% de PD, que corresponde à mistura contendo 37,86% de EL, 4,21% de PD e 57,93% de ES (na formulação quantidades iguais a 54,9 para o primeiro componente, 6,1 para o segundo e 84 para o terceiro).

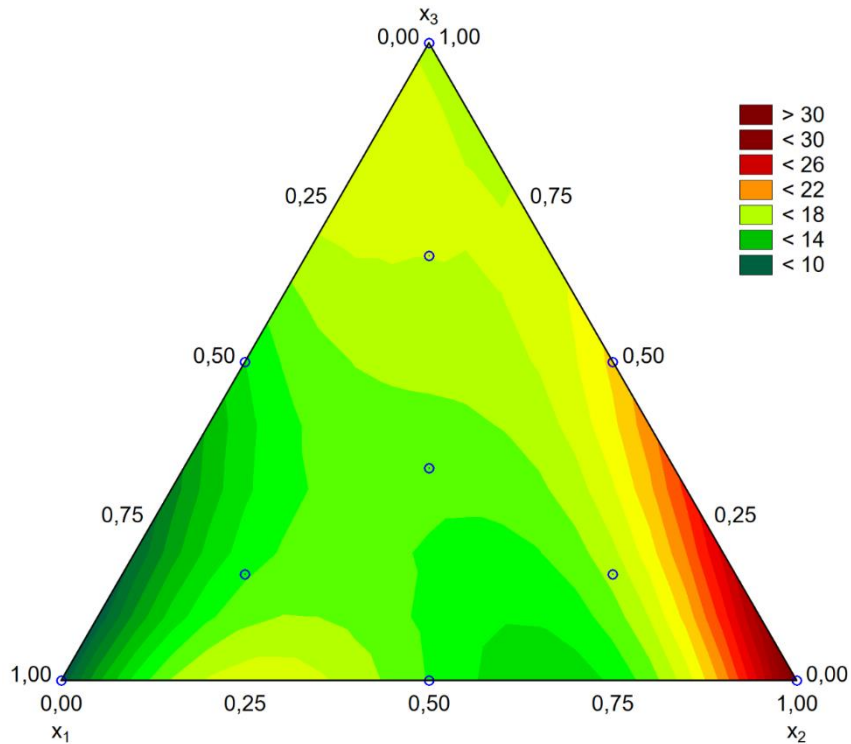


Figura 6: Gráfico de superfície de resposta da variável dureza (Fmax).

Pode-se verificar uma ótima interação entre o extrato de linhaça e extrato de soja para atenuar as propriedades de resistência e maciez. Yanet al. (2021) verificaram a propriedade do isolado proteico de soja em estabilizar os parâmetros microestruturais da matriz do sorvete durante o congelamento, promovendo assim a resistência ao derretimento e atributos de textura mais próximos aos convencionais com gordura.

O máximo valor para número de picos de força positiva estimado pelo modelo é 28,46, o qual ocorre para a mistura formada por 62% de EL, 15% de e 23% de ES, que corresponde à mistura contendo 26,08% do componente 1, 6,31% do componente 2 e 67,61% do componente 3 (na formulação quantidades iguais a 37,82 para o primeiro componente, 9,15 para o segundo e 98,03 para o terceiro). O mínimo valor estimado para número de picos de força positiva é 4,24, o qual ocorre para a mistura formada por 25% de EL e 75% de PD, que corresponde à mistura contendo 10,52% do primeiro componente, 31,55% do segundo componente e 57,93% do componente 3 (na formulação quantidades iguais a 15,25 para o primeiro componente, 45,75 para o segundo e 84 para o terceiro).

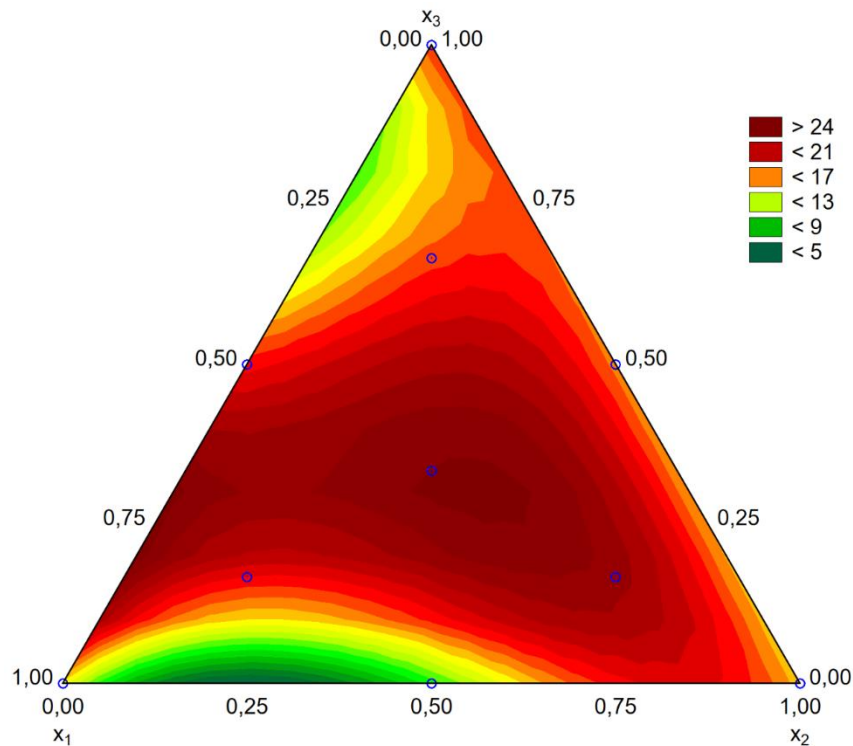


Figura 7: Gráfico de superfície de resposta da variável Arenosidade (Picos de F+)

O máximo valor do logaritmo da viscosidade estimado pelo modelo é 3,2249 (viscosidade igual a 1679, o qual ocorre para a mistura formada pelo pseudocomponente 1 puro, que corresponde à mistura contendo 12,07% EL, 0% de PD e 57,93% de ES (na formulação quantidades iguais a 61 para o primeiro componente, 0 para o segundo e 84 para o terceiro). O mínimo valor estimado para o logaritmo da viscosidade é 1,1845 (viscosidade igual 15,29), o qual ocorre para a mistura formada por 15% de EL, 43% de PD e 42% de ES, que corresponde à mistura contendo 6,31% do primeiro componente, 18,09% do segundo componente e 75,6% do componente 3 (na formulação quantidades iguais a 9,15 para o primeiro componente, 26,23 para o segundo e 109,62 para o terceiro).

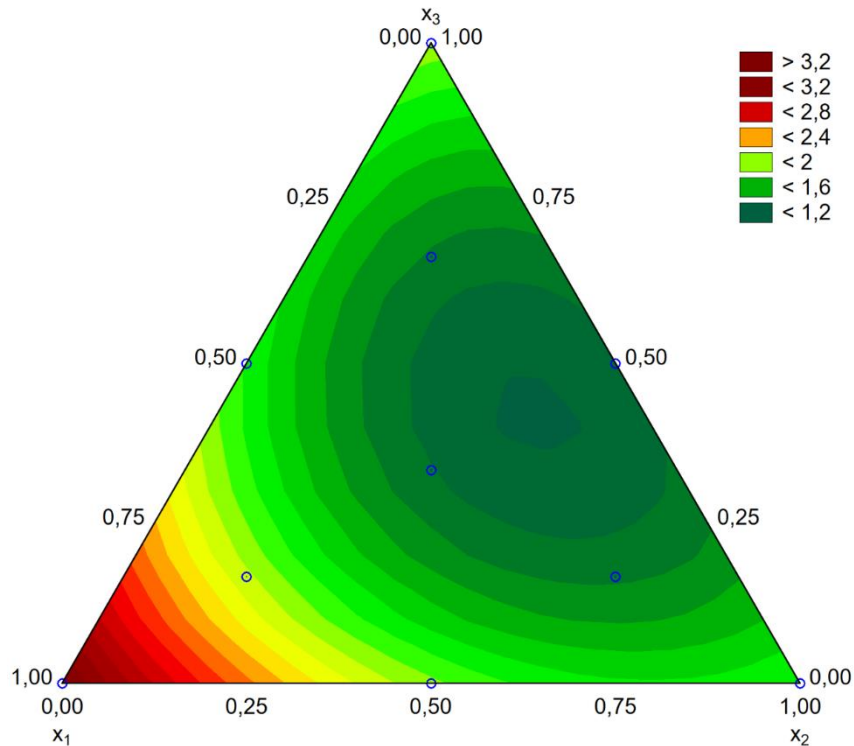


Figura 8: Gráfico de superfície de resposta da variável viscosidade ("log(viscosidade)")

5.7 Otimização da formulação

Com base nos dados colhidos de sorvetes comerciais brasileiros e apoiando-se em Goff & Hartel (2013) o perfil de textura de um padrão ideal foi elucidado. Tomando-se os valores supracitados como alvo da otimização simultânea, verificou-se através da análise de superfície de resposta (Figura 9) que o máximo valor para a desejabilidade global foi 0,6477, o qual ocorre para a mistura formada por 97% do pseudocomponente 1 e 3% do pseudocomponente 2, que corresponde à mistura contendo 40,81% do componente 1, 1,26% do componente 2 e 57,93% do componente 3 (na formulação quantidades iguais a 59,17 para o primeiro componente, 1,83 para o segundo e 84 para o terceiro).

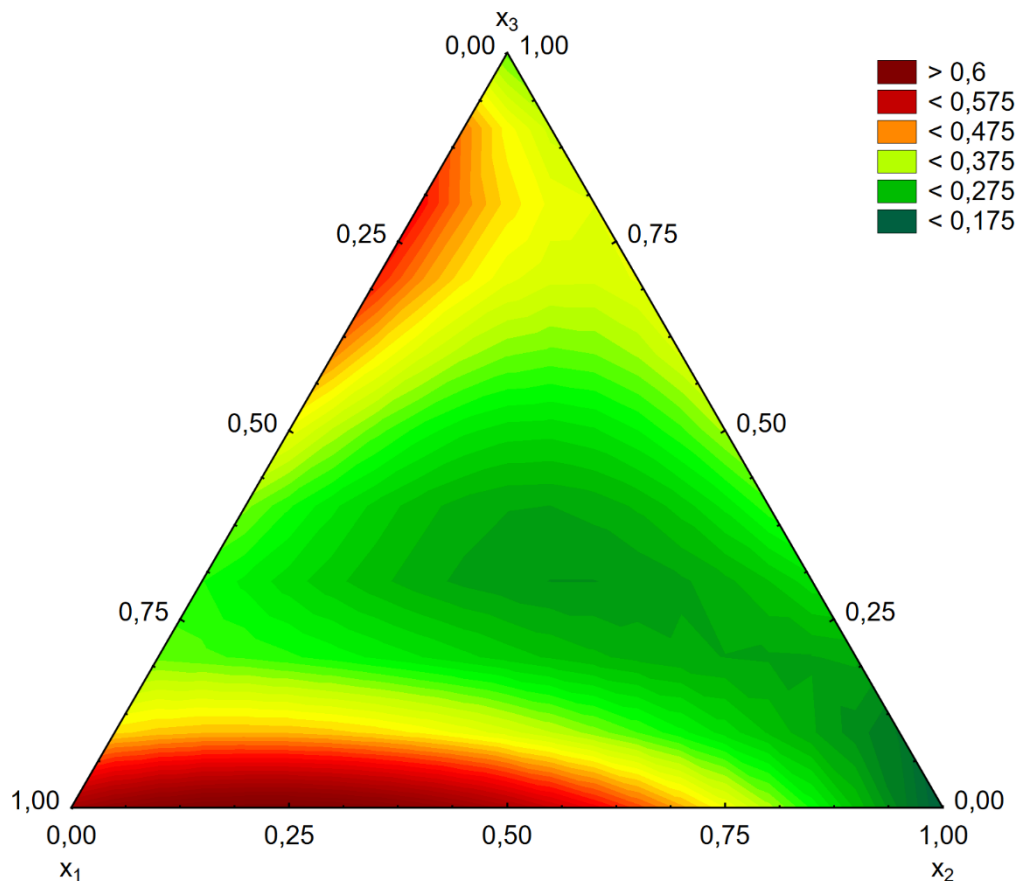


Figura 9: Gráfico de superfície de resposta da função desejabilidade.

5.8 Perfil de textura e atributos de qualidade do sorvete otimizado

O perfil de textura do sorvete otimizado foi avaliado a partir de três amostras, das quais foram colhidos dados de 15 pontos de perfuração em três momentos diferentes (Tabela 13). No primeiro momento a variação de temperatura da amostra foi de -14° a -8°C durante o período em que a mesma ficou exposta à temperatura ambiente (aproximadamente 7,5 minutos); no segundo momento a variação de temperatura da amostra foi de $-13,6^{\circ}$ a $-6,5^{\circ}\text{C}$ durante o mesmo período; e no momento 3^o a variação de temperatura da amostra foi de $-12,3^{\circ}$ a $-5,3^{\circ}\text{C}$.

Tabela 13. Atributos de textura do sorvete otimizado

Momento	D média (N)	T médio (mJ)	Arenosidade média
1 ^o	21,75 ^a ±11,18	150,6 ^a ±86	17,67 ^a ±6,09
2 ^o	20,06 ^a ±8,47	120,9 ^a ±57,8	15 ^a ±4,91
3 ^o	11,57 ^b ±5,25	65,13 ^b ±29,59	17,867 ^a ±3,796

A viscosidade média da calda do sorvete otimizada foi $608 \pm 28,7$ mPa.s. A resistência e dureza do sorvete decaíram com o passar do tempo de exposição, mas não se obteve os valores experimentais almejados a partir dessa mistura. Os valores de arenosidade também puderam ser considerados altos. Não houve separação de fases durante o derretimento da amostra, evidenciando a alta estabilidade da mistura para reter água em emulsão.

O sorvete otimizado, assim como todos os outros tratamentos do ensaio, apresentou uma alta arenosidade. A substituição de gordura pela combinação dos miméticos extratos de linhaça, extrato de soja e polvilho doce não foi eficiente em reduzir a coesão de gotas de água, propiciando o desenvolvimento de cristais de gelo grandes o suficiente para serem detectados pela sonda de perfuração utilizada.

6. CONCLUSÃO

A substituição integral de gorduras pela combinação de extrato de linhaça, extrato de soja e polvilho doce nesse estudo não foi eficaz para replicar os atributos de textura de sorvetes convencionais. Verificou-se altos valores de dureza, resistência ao trabalho aplicado e picos de força no perfil de textura do sorvete *plant based* otimizado, evidenciando que sem o desenvolvimento de uma interfase entre gotículas de água e glóbulos de gordura, os atributos de textura de sorvetes não podem ser replicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIS. **Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ)**. Disponível em: <<https://abis.com.br/padrao-de-identidade-e-qualidade-piq-2/#:~:text=Com a economia globalizada%2C o,de não sobreviverem no mercado.>>. Acesso em: 13 out. 2021.

ALLISON, D B et al. Trans fatty acids and coronary heart disease risk. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 3, 1995.

ALVAREZ, Valente B. Ice cream and related products. **Sens. Eval. dairy Prod.** [S.l.]: Springer, 2008. p. 271–331.

ALZAMORA PINAO, Norka Dionisia. La cristalización como defecto en los helados de crema. 2018.

AMATAYAKUL, Thanut; SHERKAT, Frank; SHAH, Nagendra P. Syneresis in set yogurt as affected by EPS starter cultures and levels of solids. **International Journal of Dairy Technology**, v. 59, n. 3, p. 216–221, 2006.

ANVISA. **Audiência Pública - Gorduras Trans.**

APLEVICZ, Krischina Singer; DEMIATE, Ivo Mottin. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 478–484, 2007.

ASCHERIO, Alberto; STAMPFER, Meir J; WILLETT, Walter C. Trans fatty acids and coronary heart disease. **New England Journal of Medicine**, v. 340, p. 1994–1998, 1999.

ATAIE, Mohamed Javad; SHEKARABI, Seyed Pezhman Hosseini; JALILI, Seyed Hassan. Gelatin from bones of bighead carp as a fat replacer on physicochemical and sensory properties of low-fat mayonnaise. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 2021, p. 979–983, 2021.

BAKHSH, Jomanah Abduljalil H. Lactose Intolerance. **Cases Med. Nutr. Ther. Gastrointest. Disord.** [S.l.]: IGI Global, 2021. p. 115–134.

BARBOSA, L. C. A. **Infrared spectroscopy: in the characterization of organic compounds**. First ed. ed. Viçosa - MG: UFV Publisher, 2007.

BEĆ, Krzysztof B.; GRABSKA, Justyna; HUCK, Christian W. Biomolecular and bioanalytical applications of infrared spectroscopy – A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 1133, p. 150–177, out. 2020.

BELORIO, Mayara; SAHAGÚN, Marta; GÓMEZ, Manuel. Psyllium as a Fat Replacer in Layer Cakes: Batter Characteristics and Cake Quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, n. 12, p. 2085–2092, 16 dez. 2019. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11947-019-02362-3>>.

BEN&JERRY'S. **Veganos em Potes NOVO!** Disponível em: <<https://www.benandjerry.com.br/sabores/veganos>>. Acesso em: 3 nov. 2021.

BLIGH, E Graham; DYER, W Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1959.

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, maio 1976.

BRASIL. **PL 478/2015**. . Brasil: [s.n.]. , 2015

_____. **PL 7681/2017**. . Brasil: [s.n.]. , 2017

BRASIL, Anvisa. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 332, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019**. . [S.l: s.n.]. , 2019

BRASIL, Ministério da Saúde. **PORTARIA Nº 379, DE 26 DE ABRIL DE 1999**. . Brasília: [s.n.]. , 1999

_____. **RESOLUÇÃO-RDC Nº 266, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005**. . Brasil: [s.n.]. , 2005

BRASIL, Ministério da Saúde. **SAÚDE, Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. . [S.l.]: Brasília. , 2005

BROOKFIELD ENGINEERING. **Brookfield Dial Viscometer: Operating Instructions**. Disponível em: <https://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametekbrookfield/manuals/obsolete_manuals/dial_m85-150-p700.pdf?la=en>. Acesso em: 4 nov. 2021.

CALADO, V. **Planejamento de Experimentos usando o Statistica**. [S.l.]: E-Papers Serviços Editoriais, 2003.

CAMPOS, Denise Carvalho Pereira et al. Molho cremoso à base de extrato de soja: estabilidade, propriedades reológicas, valor nutricional e aceitabilidade do consumidor. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 919–926, 2009.

CANDIOTI, Luciana Vera et al. Experimental design and multiple response optimization. Using the desirability function in analytical methods development.

Talanta, v. 124, p. 123–138, 2014.

CAO, Chuanai et al. Physical and rheological properties of mixed-component emulsion-based products: Influence of flaxseed gum concentration and pH on the aggregation of lipid droplets. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 597, p. 124818, jul. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0927775720304118>>.

CASTRO, Ana Beatriz Falcunier et al. UMA ABORDAGEM MERCADOLÓGICA SO ALIMENTAÇÃO VEGETARIANA E SUAS DERIVAÇÕES. **Anais do Simpósio Sul-Mato-Grossense de Administração**, v. 4, n. 4, p. 361–376, 2021.

CHAPPALWAR, Anita M et al. Development of functional chicken patties with incorporation of mango peel powder as fat replacer. **Nutrition & Food Science**, 2020.

CHEN, Xiangfei et al. Flow-Mediated Interaction between Graphene Oxide Nanosheets and Polycarbonate Chains. **The Journal of Physical Chemistry C**, v. 125, n. 7, p. 4146–4154, 2021.

COLLA, Kathryn; COSTANZO, Andrew; GAMLATH, Shirani. Fat Replacers in Baked Food Products. **Foods**, v. 7, n. 12, p. 192, nov. 2018.

Commerce Business Daily. 1999. , n. Nº 2463-2503.

COSTA, Alexsandra Valéria Sousa et al. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 209–226, 2013.

CUI, W.; KENASCHUK, E.; MAZZA, G. Influence of genotype on chemical composition and rheological properties of flaxseed gums. **Food Hydrocolloids**, v. 10, n. 2, p. 221–227, abr. 1996. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X96800385>>.

CUI, W.; MAZZA, G.; BILIADERIS, C. G. Chemical Structure, Molecular Size Distributions, and Rheological Properties of Flaxseed Gum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 9, p. 1891–1895, 1 set. 1994. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00045a012>>.

DA SILVA, Suelem Lima 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, 2019.

DERRINGER, George; SUICH, Ronald. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of quality technology**, v. 12, n. 4, p. 214–219, 1980.

DIAS, Flávia da Silva Lima et al. Were policies in Brazil effective to reducing trans fat from industrial origin in foods? **Revista de saude publica**, v. 52, p. 34, 2018.

DOWNS, Shauna M et al. The impact of policies to reduce trans fat consumption: A systematic review of the evidence. **Current developments in nutrition**, v. 1, n. 12, p. cdn-117, 2017.

ELZEY, Brianda; POLLARD, David; FAKAYODE, Sayo O. Determination of adulterated neem and flaxseed oil compositions by FTIR spectroscopy and multivariate regression analysis. **Food Control**, v. 68, p. 303–309, out. 2016.

EMBRAPA. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS.**

EUROPEAN ICE CREAM ASSOCIATION. **Code for Edible Ices.**

FAN, Rui; ZHOU, Dan; CAO, Xueli. Evaluation of oat β -glucan-marine collagen peptide mixed gel and its application as the fat replacer in the sausage products. **PLOS ONE**, v. 15, n. 5, p. e0233447, 22 maio 2020. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0233447>>.

FAO, W. WHO and FAO joint consultation: fats and oils in human nutrition. **Nutr Rev**, v. 53, p. 202–205, 1995.

FDA, US Food and Drug Administration. **Trans Fat.**

_____. **Trans Fat Measuring.** Disponível em: <<https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/deh/fhd/food/pdf/2018fdatransfatupdate.pdf>>.

FERNANDINO, Cláudia Maciel et al. Propriedades físico-químicas da polpa de tamarillo (*Solanum betaceum*) e sua aplicabilidade na elaboração de sorvetes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

FERNQVIST, Fredrik; EKELUND, Lena. Credence and the effect on consumer liking of food—A review. **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 340–353, 2014.

FERREIRA, Ramon Dias; GUEDES, Mycarla Jaiane da Silva Faustino; DE SOUSA, Debora Gomes. MÍDIA E VEGETARIANISMO: UMA REVISÃO

BIBLIOGRÁFICA. **AVALIADORES DE TRABALHOS**, p. 30, 2021.

FLOM, Julie D.; SICHERER, Scott H. Epidemiology of Cow's Milk Allergy. **Nutrients**, v. 11, n. 5, p. 1051, 10 maio 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6643/11/5/1051>>.

FNH TEACHING LAB. **Lipid Extraction by Bligh & Dyer Method**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pGIPcvwHJcU>>. Acesso em: 4 nov. 2021.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê Espessantes**. Disponível em: <https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201703/2017030190080001489666223.pdf>. Acesso em: 23 out. 2021.

FOOD NAVIGATOR-ASIA. **Vegan ice cream: Unilever to launch first dairy-free Magnum in New Zealand**. Disponível em: <<https://www.foodnavigator-asia.com/Article/2019/02/05/Vegan-ice-cream-Unilever-to-launch-first-dairy-free-Magnum-in-New-Zealand>>. Acesso em: 3 nov. 2021.

FRUCTUOSO, Isabel et al. An overview on nutritional aspects of plant-based beverages used as substitutes for cow's milk. **Nutrients**, v. 13, n. 8, p. 2650, 2021.

G1. **Você já ouviu falar em plant-based? Conheça o conceito que vem ganhando cada vez mais adeptos**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/angeloni/mais-tempo-para-viver-bem/noticia/2020/03/03/voce-ja-ouviu-falar-em-plant-based-conheca-o-conceito-que-vem-ganhando-cada-vez-mais-adeptos.ghtml>>. Acesso em: 22 out. 2021.

GHOUSH, Mahmoud Abu et al. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum–protein emulsifier in a model mayonnaise system. **Journal of Food Engineering**, v. 84, n. 2, p. 348–357, 2008.

GLISIC, Marija et al. Inulin-based emulsion-filled gel as a fat replacer in prebiotic-and PUFA-enriched dry fermented sausages. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 3, p. 787–797, 2019.

GOFF, H D; HARTEL, R W. **Ice Cream**. [S.l.]: Springer US, 2013. (SpringerLink : Bücher).

GOH, Kelvin K T et al. Rheological and light scattering properties of flaxseed

polysaccharide aqueous solutions. **Biomacromolecules**, v. 7, n. 11, p. 3098–3103, 2006.

GOSWAMI, Meena et al. Quality evaluation of functional carabeef cookies incorporated with guar gum (*Cyamopsis tetragonoloba*) as fat replacer. **Nutrition & Food Science**, 2019.

GUILLOUX, Karine et al. Production of Arabinoxylan-oligosaccharides from Flaxseed (*Linum usitatissimum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 23, p. 11308–11313, 9 dez. 2009. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf902212z>>.

HU, Chaoquan et al. Catalytic hydrogenation of C [double bond, length as m-dash] C and C [double bond, length as m-dash] O in unsaturated fatty acid methyl esters. **Catalysis Science & Technology**, v. 4, n. 8, p. 2427–2444, 2014.

HU, Yingxue; SHIM, Youn Young; REANEY, Martin J.T. Flaxseed Gum Solution Functional Properties. **Foods**, v. 9, n. 5, p. 681, 25 maio 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/681>>.

IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz São Paulo, 2008.

JIANG, Youyou et al. Hydrocolloidal properties of flaxseed gum/konjac glucomannan compound gel. **International journal of biological macromolecules**, v. 133, p. 1156–1163, 2019.

JONNALAGADDA, S. S.; JONES, J. M.; BLACK, J. D. Position of the American Dietetic Association: Fat Replacers. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 105, n. 2, p. 266–275, fev. 2005.

KATAN, MartijnB. Exit trans fatty acids [invited commentary]. 1995.

L'ABBÉ, Mary R et al. Approaches to removing trans fats from the food supply in industrialized and developing countries. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. S2, p. S50, 2009.

LEE, Hee-Seon et al. Amylose-Lipid Complex as a Fat Replacement in the Preparation of Low-Fat White Pan Bread. **Foods**, v. 9, n. 2, p. 194, fev. 2020.

LEÓN, Orietta et al. Fat-Replacer Properties of Oxidized Cassava Starch Using Hydrogen Peroxide/Sodium Bicarbonate Redox System in Mayonnaise Formulation and Its Stability. **Starch - Stärke**, v. 71, n. 9–10, p. 1900112, 29 set. 2019. Disponível em:

<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/star.201900112>>.

LI, Xin-yu et al. The effect of addition of flaxseed gum on the rheological behavior of mixed flaxseed gum–casein gels. **Carbohydrate polymers**, v. 88, n. 4, p. 1214–1220, 2012.

LIANG, Shan et al. H₂O₂ oxidative preparation, characterization and antiradical activity of a novel oligosaccharide derived from flaxseed gum. **Food chemistry**, v. 230, p. 135–144, 2017.

LIU, Jun et al. Variation of composition and functional properties of gum from six Canadian flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 51, n. 10, p. 2313–2326, out. 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.13200>>.

LOPES, Matheus de Paula et al. **Análise De Textura E Atributos De Qualidade Em Sorvetes: Metodologia E Parâmetros De Referência**. . Alegre: I SEALI - Semana da Engenharia de Alimentos UFU - Campus Patos de Minas, 2021

M. EL-SAID, Marwa; M. EL-MESS, Tamer; H. SALAMA, Heba. Functional Properties and in vitro Bio-Accessibility Attributes of Light Ice Cream Incorporated with Purple Rice Bran. **International Journal of Dairy Science**, v. 16, n. 1, p. 1–10, 15 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.scialert.net/abstract/?doi=ijds.2021.1.10>>.

MÄKINEN, Outi Elina et al. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 339–349, 17 fev. 2016. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2012.761950>>.

MANTZOURIDOU, Fani Th. et al. Oil bodies from dry maize germ as an effective replacer of cow milk fat globules in yogurt-like product formulation. **LWT**, v. 105, p. 48–56, maio 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819300799>>.

MARKET RESEARCH FUTURE. **Global Plant-Based Food Ingredients Market: Information By Source (Soy, Pea, Rice, Almond, Cashew, Oats, Coconut and Others), Category (Organic, Conventional), Application (Plant-Based Milk & Derivatives, {Plant-Based Milk, Plant-Based Cheese, Plant-Based**. Disponível em: <<https://www.marketresearchfuture.com/reports/plant->

based-food-ingredients-market-10365>. Acesso em: 3 nov. 2021.

MARTINS, Artur J et al. Characterization of enriched meat-based pâté manufactured with oleogels as fat substitutes. **Gels**, v. 6, n. 2, p. 17, 2020.

MENEGUCI, Rhullian et al. CONHECIMENTO SOBRE OS ASPECTOS NUTRICIONAIS QUE ENVOLVEM A DIETA VEGETARIANA. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 9, p. e29719–e29719, 2021.

MICHA, Renata; MOZAFFARIAN, Dariush. Trans fatty acids: effects on metabolic syndrome, heart disease and diabetes. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 5, n. 6, p. 335, 2009.

MINTEL. **Global Food and Drink Trends**. . [S.I.]: Miltel Group LTD. , 2019

MOHSENI, Farzaneh; GOLI, Sayed Amir Hossein. Encapsulation of flaxseed oil in the tertiary conjugate of oxidized tannic acid-gelatin and flaxseed (*Linum usitatissimum*) mucilage. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 140, p. 959–964, nov. 2019.

MONEGO, Magda Aita. **Goma da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) para uso como hidrocoloide na indústria alimentícia**. 2009. 87 f. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

MUNEKATA, Paulo E. S. et al. Effect of Innovative Food Processing Technologies on the Physicochemical and Nutritional Properties and Quality of Non-Dairy Plant-Based Beverages. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 288, 4 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/3/288>>.

NAZARI, Seyyed Moein et al. Proteolysis and textural properties of low-fat ultrafiltered Feta cheese as influenced by maltodextrin. **International Journal of Dairy Technology**, v. 73, n. 1, p. 244–254, 2020.

NYBROE, S; ASTRUP, A; BJØRNVAD, C R. Dietary supplementation with flaxseed mucilage alone or in combination with calcium in dogs: effects on apparent digestibility of fat and energy and fecal characteristics. **International Journal of Obesity**, v. 40, n. 12, p. 1884–1890, 2016.

OH, Imkyung et al. Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties. **Food Research International**, v. 122, p. 566–572, ago. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996919300122>>.

OPAS. **Os Benefícios da Linhaça para a Saúde.**

ORGANIZATION, World Health. **Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation.** [S.l.]: World Health Organization, 2003. v. 916.

_____. Global strategy on diet, physical activity and health. 2004.

ORGANIZATION, World Health; ORGANIZATION, Pan American Health. **AMÉRICAS LIVRES DE GORDURAS TRANS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.** . Washington D. C.: [s.n.], 2007.

PAHO; WHO. **AMÉRICAS LIVRES DE GORDURAS TRANS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.** . Washington D. C.: [s.n.], 2007.

PAUL, Anna Aleena et al. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 18, p. 3005–3023, 10 out. 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2019.1674243>>.

PAULA, Marielle Maria de Oliveira et al. Technological and sensory characteristics of hamburgers added with chia seed as fat replacer. **Ciência Rural**, v. 49, n. 8, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782019000800752&tIng=en>.

PEREZ, Adrián A. et al. Biopolymer nanoparticles designed for polyunsaturated fatty acid vehiculization: Protein–polysaccharide ratio study. **Food Chemistry**, v. 188, p. 543–550, dez. 2015.

PINHO, David M M; SUAREZ, Paulo A Z. A hidrogenação de óleos e gorduras e suas aplicações industriais. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 47–62, 2013.

PINTADO, Tatiana; COFRADES, Susana. 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. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/6/830>>.

PLANT-BASEDBR. **Cenário Plant-Based.** Disponível em: <<https://plantbasedbr.com/midia-kit/midia-kit-portugues.pdf>>. Acesso em: 22 out.

2021a.

_____. **Sorvetes.** Disponível em: <<https://plantbasedbr.com/noticias/sorvetes>>. Acesso em: 22 out. 2021b.

PLANT BASED FOOD ASSOCIATION. **Consumer Insights.** Disponível em: <<https://www.plantbasedfoods.org/marketplace/consumer-insights/>>. Acesso em: 3 nov. 2021.

RASMUSSEN, Louise E; MEYER, Anne S. Endogeneous β -d-xylosidase and α -l-arabinofuranosidase activity in flax seed mucilage. **Biotechnology letters**, v. 32, n. 12, p. 1883–1891, 2010.

REZENDE, Natália V. et al. Mixture design applied for the partial replacement of fat with fibre in sucrose-free chocolates. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 598–604, jun. 2015.

RIOS, Raquel Vallerio. **Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos.** 2014. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SAFDAR, Bushra et al. Optimising deproteinisation methods and effect of deproteinisation on structural and functional characteristics of flaxseed gum. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 6, p. 2481–2491, jun. 2020.

SAWANO, Momoko et al. Melting Characteristics of Ice Cream Prepared with Various Agitation Speeds in Batch Freezer. **Chemical Engineering Transactions**, v. 87, p. 337–342, 2021.

SETHI, Swati; TYAGI, S. K.; ANURAG, Rahul K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 9, p. 3408–3423, 2 set. 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s13197-016-2328-3>>.

SHENANA, M E. Improving the Quality of Low-Fat Ice Cream Using Some Fat Replacers. **Annals of Agricultural Science, Moshtohor**, v. 59, n. 2, p. 463–472, 2021.

SOLÉ, Dirceu et al. Consenso Brasileiro sobre Alergia Alimentar: 2018-Parte 1-Etiopatogenia, clínica e diagnóstico. Documento conjunto elaborado pela Sociedade Brasileira de Pediatria e Associação Brasileira de Alergia e Imunologia. **Arquivos de Asma, Alergia e Imunologia**, v. 2, n. 1, p. 7–38, 2018.

SOUKOULIS, Christos; GAIANI, Claire; HOFFMANN, Lucien. Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. **Current Opinion in Food Science**, v. 22, p. 28–42, 2018.

SYMMANK, Claudia. Extrinsic and intrinsic food product attributes in consumer and sensory research: literature review and quantification of the findings. **Management Review Quarterly**, v. 69, n. 1, p. 39–74, 2019.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Disponível em: <https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 24 out. 2017.

TIMM, F. **Fabricacion de helados**. 1994. ed. [S.l.]: Acribia, 1989.

TORRES-MORENO, Míriam et al. Influence of label information on dark chocolate acceptability. **Appetite**, v. 58, n. 2, p. 665–671, 2012.

UAUY, R et al. WHO Scientific Update on trans fatty acids: summary and conclusions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. S2, p. S68, 2009.

VANGA, Sai Kranthi; RAGHAVAN, Vijaya. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 10–20, 2 jan. 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s13197-017-2915-y>>.

VEGNUTRI. **Häagen-Dazs lança quatro sabores de sorvetes veganos nos EUA**. Disponível em: <<http://vegnutri.com.br/haagen-dazs-lanca-quatro-sabores-de-sorvetes-veganos/>>. Acesso em: 3 nov. 2021.

VIEIRA, ASP et al. Replacement of Animal Fat by Canola Oil in Chicken Meatball. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 3, 2019.

WANG, Meng et al. Effects of flaxseed gum concentrations and pH values on the stability of oil-in-water emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 67, p. 54–62, jun. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X17300103>>.

WARR, J et al. Large-scale purification of water-soluble polysaccharides from flaxseed mucilage, and isolation of a new anionic polymer. **Chromatographia**, v. 58, n. 5, p. 331–335, 2003.

WILCZEK, Mateusz M; OLSZEWSKI, Robert; KRUPIENICZ, Andrzej. Trans-fatty acids and cardiovascular disease: urgent need for legislation. **Cardiology**,

v. 138, n. 4, p. 254–258, 2017.

YAN, Lei et al. Microstructure and meltdown properties of low-fat ice cream: Effects of microparticulated soy protein hydrolysate/xanthan gum (MSPH/XG) ratio and freezing time. **Journal of Food Engineering**, v. 291, p. 110291, fev. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877420303794>>.

YANG, Chen et al. Optimization for preparation of oligosaccharides from flaxseed gum and evaluation of antioxidant and antitumor activities in vitro. **International journal of biological macromolecules**, v. 153, p. 1107–1116, 2020.

ZHANG, Zipei; DECKER, Eric Andrew; MCCLEMENTS, David Julian. Encapsulation, protection, and release of polyunsaturated lipids using biopolymer-based hydrogel particles. **Food Research International**, v. 64, p. 520–526, out. 2014.

ZUPANIČ, Nina et al. Limiting trans fats in foods: Use of partially hydrogenated vegetable oils in prepacked foods in Slovenia. **Nutrients**, v. 10, n. 3, p. 355, 2018.