

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Guilherme da Cruz Rodrigues

DESENVOLVIMENTO DE RECHEIOS DE BISCOITO COM REDUÇÃO DE
TEOR DE GORDURA SATURADA E APLICAÇÃO FUNCIONAL

Buri

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Guilherme da Cruz Rodrigues

DESENVOLVIMENTO DE RECHEIOS DE BISCOITO COM REDUÇÃO DE TEOR DE
GORDURA SATURADA E APLICAÇÃO FUNCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para a obtenção do grau
de grau de Bacharel em Engenharia de alimentos
na Universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof. Dra. Thais Jordânia Silva

Financiamento: Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Buri

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Rodrigues, Guilherme da Cruz

DESENVOLVIMENTO DE RECHEIOS DE BISCOITO
COM REDUÇÃO DE TEOR DE GORDURA SATURADA E
APLICAÇÃO FUNCIONAL / Guilherme da Cruz
Rodrigues -- 2025.
41f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus Lagoa do Sino, Buri
Orientador (a): Thaís Jordânia Silva
Banca Examinadora: Gustavo das Graças Pereira,
Guilherme de Figueiredo Furtado
Bibliografia

1. Biscoito recheado. 2. Organogéis. 3. Gordura Vegetal.
I. Rodrigues, Guilherme da Cruz. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539


FOLHA DE APROVAÇÃO

GUILHERME DA CRUZ RODRIGUES

DESENVOLVIMENTO DE RECHEIOS DE BISCOITO COM REDUÇÃO DE TEOR DE GORDURA SATURADA E APLICAÇÃO FUNCIONAL


Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Alimentos na
Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em 08/12/2025

Documento assinado digitalmente
 **THAIS JORDANIA SILVA**
Data: 12/12/2025 09:05:13-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof.^a Dr.^a Thaís Jordânia Silva

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO DAS GRACAS PEREIRA**
Data: 10/12/2025 14:35:58-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo das Graças Pereira

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

Documento assinado digitalmente
 **GUILHERME DE FIGUEIREDO FURTADO**
Data: 10/12/2025 15:04:54-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Guilherme de Figueiredo Furtado

Universidade Federal de São Carlos – Campus Lagoa do Sino

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais José Sebastião e Maria Elizete, por todo amor e apoio, sempre me permitindo buscar meus sonhos e tornando possível eu me tornar quem sou hoje. Aos meus irmãos Maicon e Romualdo por sempre terem me apoiado e aconselhado, estando presentes em meus momentos mais felizes.

Os meus mais sinceros agradecimentos às Profas. Dras. Thaís Jordânia e Isabelle Oliveira, que desde sempre me estenderam a mão, me ensinaram, estiveram presentes, mostraram para mim que tudo é possível com dedicação e extraíram de mim meu melhor.

A aqueles que eu pude chamar de segunda família República CabôCaqui: João Vitor, Fernando Piccoli, Maria Fernanda, Gabriel Barbosa, Ruben Prado e Murilo Piccoli, agradeço por todo apoio, ensinamento e acolhimento durante minha graduação.

Agradeço à parceira mais incrível que poderia ter, Stefani Alves, que esteve comigo durante todo o processo, sempre me ajudando e estando ali quando precisei.

Agradeço à Marina Magossi, que sempre esteve ao meu lado e juntos desenvolvemos projetos incríveis e vencemos inúmeros desafios.

Agradeço ao Renato Lima, por sempre ter cuidado de mim e sempre presente nos meus momentos mais caóticos, sendo uma das melhores pessoas que poderia conhecer nesta jornada.

Agradeço ao Matheus Goés, por toda boa energia, por ser alguém alegre e nunca me deixou abaixar a cabeça.

Agradeço ao José Eduardo e ao Eduardo Souza, que me mostraram que potenciais se multiplicam quando se somam.

Agradeço a Yovana Barrera e ao Gustavo da Mata, que além de serem meus professores, tornaram-se amigos queridos.

Agradeço à Célia Oliveira, Raphael Almeida, Anrry Petrán, Aline Tesser, Luísa Ferreira, Dimas Goulart, Victória Santos, por terem sido amigos incríveis e presentes em toda minha jornada.

Agradeço à banca Guilherme Furtado e Gustavo Pereira, por se disporem à avaliar meu mais importante projeto da graduação.

Agradeço à UFSCar por ceder a estrutura para o desenvolvimento do projeto e a CNPQ pelo financiamento.

RESUMO

RODRIGUES, Guilherme da Cruz. **Desenvolvimento de recheios para biscoitos com redução no teor de gordura saturada e aplicação funcional**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.

Biscoitos recheados apresentam elevados teores de gordura saturada, cuja ingestão excessiva tem sido associada a impactos adversos à saúde. Este estudo objetivou desenvolver recheios com substituição parcial ou total de gordura saturada por um organogel à base de cera de candelilla e adicionado fitoesterol, que confere potencial funcional. Foram formulados cinco sistemas lipídicos contendo diferentes proporções de gordura vegetal e organogel (RC: 100:0; R1: 75:25; R2: 50:50; R3: 25:75; R4: 0:100; % m/m). As frações lipídicas foram caracterizadas quanto à ciclização térmica, capacidade de ligação de óleo e propriedades reológicas, enquanto os recheios em relação à atividade de água, parâmetros de cor, capacidade de retenção de óleo, estabilidade térmica, aderência ao biscoito e propriedades mecânicas. As frações lipídicas se mantiveram estáveis e demonstraram comportamento pseudoplástico ($\eta < 1$), ajustando-se ao modelo de Herschel–Bulkley ($R^2 > 0,99$), com tensão de escoamento variando de 66,667 – 1,505 Pa e índice de consistência entre 0,5303 – 0,749. O módulo elástico (G') foi superior na gordura vegetal pura, embora as misturas com organogel tenham apresentado maior diferença entre G' e G'' , indicando maior caráter sólido dependente da frequência. Nos recheios observou-se escurecimento (redução de luminosidade de 30,28 para 11,05), afirmando que o aumento da concentração de organogel geram recheios mais escuros. Já a capacidade de retenção de óleo se mostrou estável após 15 dias, com maior perda de óleo em R4 (8,07%). Embora a migração lipídica não tenha comprometido a aderência, foram observadas manchas de óleo nos biscoitos em todas as amostras. Após sete semanas, R3 apresentou-se como o sistema mais resistente à deformação, sendo o menos espalhável (68,68 N·s), mais adesivo (14,76 N·s) e mais pegajoso (3,47 N). Em contraste, RC mostrou menor dureza (3,51 N), maior espalhabilidade (20,25 N) e menor pegajosidade (1,45 N). Portanto, a incorporação de organogéis permite reduzir substancialmente a gordura saturada em recheios de biscoitos sem comprometer as propriedades físico-químicas e mecânicas essenciais, configurando uma estratégia tecnologicamente viável e alinhada às demandas por maior saudabilidade.

Palavra-chave: Biscoito recheado, Organogéis, Gordura vegetal.

ABSTRACT

RODRIGUES, Guilherme da Cruz. **Development of cookie fillings with reduced saturated fat content and functional application.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.

Filled cookies present high levels of saturated fat, whose excessive intake has been associated with adverse health effects. This study aimed to develop cookie fillings with partial or total replacement of saturated fat by an organogel based on candelilla wax and supplemented with phytosterols, conferring functional potential. Five lipid systems were formulated with different proportions of vegetable fat and organogel (RC: 100:0; R1: 75:25; R2: 50:50; R3: 25:75; R4: 0:100; % w/w). The lipid fractions were characterized in terms of thermal cycling, oil binding capacity, and rheological properties, while the fillings were evaluated for water activity, color parameters, oil retention capacity, thermal stability, adhesion to the cookie, and mechanical properties. The lipid fractions remained stable and exhibited pseudoplastic behavior ($\eta < 1$), fitting the Herschel–Bulkley model ($R^2 > 0.99$), with yield stress ranging from 66.667 to 1.505 Pa and consistency index between 0.5303 and 0.749. The elastic modulus (G') was higher in pure vegetable fat; however, organogel-containing blends showed a greater difference between G' and G'' , indicating a more pronounced solid-like behavior dependent on frequency. In the fillings, a darkening effect was observed, with luminosity decreasing from 30.28 to 11.05 as organogel concentration increased. Oil retention capacity remained stable after 15 days, with the highest oil loss observed in R4 (8.07%). Although lipid migration did not compromise adhesion, oil staining on the cookies was observed in all samples. After seven weeks, R3 exhibited the greatest resistance to deformation, being the least spreadable (68.68 N·s), the most adhesive (14.76 N·s), and the stickiest (3.47 N), whereas RC showed lower hardness (3.51 N), higher spreadability (20.25 N), and lower stickiness (1.45 N). Therefore, the incorporation of organogels enables a substantial reduction in saturated fat content in cookie fillings without compromising essential physicochemical and mechanical properties, representing a technologically feasible strategy aligned with current demands for healthier food products.

Keywords: Filled cookies; Organogels; Phytosterol; Vegetable fat.

SUMÁRIO

<u>RESUMO</u>	1
<u>ABSTRACT</u>	2
<u>1. INTRODUÇÃO GERAL</u>	1
<u>2. ARTIGO EXPERIMENTAL</u>	2
<u>2.1. INTRODUÇÃO</u>	2
<u>2.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</u>	4
<u>2.3. MATERIAL E MÉTODOS</u>	6
<u>2.3.1. Material</u>	6
<u>2.3.2. Planejamento experimental</u>	6
<u>2.3.3. Estabilidade do organogel</u>	7
<u>2.3.4. Capacidade de ligação de óleo do organogel</u>	8
<u>2.3.5. Caracterização reológica da fração lipídica</u>	8
<u>2.3.6. Propriedades dos recheios</u>	9
<u>2.3.7. Análise estatística</u>	10
<u>2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	10
<u>2.4.1. Estabilidade do organogel</u>	10
<u>2.4.2. Reologia da fração lipídica</u>	11
<u>2.4.3. Caracterização dos recheios</u>	16
<u>2.5. CONCLUSÃO</u>	24
<u>2.6. REFERÊNCIAS</u>	24
<u>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	30
<u>4. REFERÊNCIAS</u>	30

1. INTRODUÇÃO GERAL

A hidrogenação é um processo de modificação lipídica realizada em óleos vegetais para que alcancem maior ponto de fusão e estabilidade oxidativa, a partir de um catalisador que fornece hidrogênio às cadeias de ácidos graxos insaturados, e tornar o ácido graxo saturado, podendo ser parcial ou total. Quando há o processo de hidrogenação parcial, que proporciona gorduras com propriedades plásticas desejáveis para aplicação em alimentos, ocorre a formação de ácidos graxos trans, componente que foi motivo de preocupação para a OMS e de intensa discussão científica (Martin *et al.*, 2007; Talbot, 2015; Caballero; Finglas; Toldrá, 2016).

A interesterificação surgiu como uma alternativa amplamente utilizada para a substituição da hidrogenação parcial e produção de gorduras sem ácidos graxos *trans*, baseada na reconfiguração dos ácidos graxos presentes nas moléculas dos triacilgliceróis, onde os ácidos graxos sofrem uma mudança de posição por processos químicos ou enzimáticos, gerando gorduras com diferentes pontos de fusão (Kodali, 2014). Entretanto, a gordura interesterificada também tem controvérsias. Lavrador *et al.* (2019) e Menta *et al.* (2021) ressaltam que há um impacto significativo na metabolização de gorduras interesterificadas, devido à troca de posições dos ácidos graxos e verificaram impactos negativos como resposta inflamatória e estresse oxidativo no intestino de estudos com animais. Savva e Kafatos (2016) reforçam ainda que a alimentação de ratos com gordura interesterificada ocasiona o aumento dos riscos de doenças cardiovasculares (DCV's) na fase adulta do animal, o que ocorre de forma diferente em indivíduos obesos e não obesos. O grande problema associado às gorduras interesterificadas está principalmente no processo químico, uma vez que a redistribuição dos ácidos graxos não promove a formação de isômeros posicionais de triacilglicerol com ácidos graxos saturados na posição sn-2 do glicerol (Lima, 2015).

Diante da crescente preocupação dos órgãos reguladores da saúde com o estilo de vida da população mundial, legislações têm sido implementadas em diversos países para reduzir o consumo de gordura saturada. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da Instrução Normativa nº 75 de 08 de outubro de 2020, decretou que a informação nutricional deve ser clara e simplificada para a população. Conforme essa normativa, alimentos sólidos devem indicar alto teor de gordura saturada quando esses superarem 6 g/100 g (Brasil, 2020). Essa legislação é conhecida pelas indústrias de alimentos como Lei FOP (*Font-of-pack*), que desempenha um papel fundamental na promoção da

conscientização sobre a qualidade nutricional dos produtos, incentivando escolhas mais equilibradas e contribuindo para a promoção da saúde pública.

Diante disso, novas tecnologias são necessárias, sendo os organogéis (ou oleogels) uma opção desenvolvida para a eliminação de gorduras *trans* e redução de ácidos graxos saturados. Esse sistema é formado por uma fase apolar líquida, sendo um solvente orgânico (óleo vegetal), que é imobilizada e estruturada a partir de um gelificante, capaz de reter a fase líquida em uma estrutura tridimensional (Co; Marangoni, 2012; Manzoor *et al.*, 2022). Sua elaboração pode se dar pelo aquecimento da fase líquida acima de seu ponto de fusão, para que haja a mistura com o agente estruturante, seguido de um resfriamento para que se forme um sistema sólido ou semi-sólido (Guo; Cui; Meng, 2022). Vários estudos vêm sendo realizados com o intuito de aplicar os organogéis em alimentos como sistema de estruturação para substituição das gorduras interesterificadas e hidrogenadas. Produtos como recheio, margarina, biscoitos, massa folhada, chocolate e produtos cárneos já foram desenvolvidos com organogéis (Chaves *et al.*, 2018; Demirce *et al.*, 2020).

2. ARTIGO EXPERIMENTAL

2.1. INTRODUÇÃO

Doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como obesidade e doenças cardiovasculares, são motivo de grande preocupação da Organização Mundial da Saúde (OMS). Globalmente, 17,9 milhões de pessoas morrem de doenças cardiovasculares a cada ano, representando cerca de 32% de todas as mortes. Além disso, estima-se que, em 2025, quatro bilhões de pessoas serão afetadas pelo sobrepeso ou obesidade (Pineda *et al.*, 2024). Diante do cenário global, a OMS recentemente atualizou as diretrizes sobre a ingestão de açúcar, sódio e gordura saturada, a fim de promover uma alimentação saudável à população e reduzir riscos de doenças associadas à dieta (World Health Organization, 2023).

A ingestão de gorduras se tornou alvo de questionamentos em relação à saúde, devido à gordura *trans*, que é capaz de alterar o equilíbrio entre LDL (Lipoproteína de baixa densidade) e HDL (Lipoproteína de alta densidade) no organismo humano. O aumento de LDL e a diminuição do HDL, ocasionado pelas gorduras *trans*, está associada ao risco de doenças cardiovasculares (DCV) (Dhaka, 2011). Em 2018, a Organização Mundial da Saúde lançou o plano “*Replace*”, com diretrizes para substituir as gorduras *trans*, com o objetivo de alcançar sua eliminação até 2023 (World Health Organization, 2018).

Por outro lado, as gorduras *trans* desempenharam um papel importante na tecnologia de alimentos, por fornecer propriedades de estruturação ideais devido ao seu ponto de fusão elevado (Kodali, 2014). Como consequência o banimento das gorduras *trans*, resulta no aumento significativo do teor de ácidos graxos saturados. O aumento de ácidos graxos saturados foi a solução encontrada para manutenção das propriedades tecnológicas nos alimentos. Como exemplo, margarinas comerciais do Brasil foram caracterizadas quanto ao perfil de ácidos graxo e identificou-se que a eliminação e/ou redução de ácidos graxos *trans* implica no aumento de ácidos graxos saturados no produto, visto a necessidade tecnológica da produção requerer uma gordura de propriedades similares (Silva *et al.*, 2021). Um dos principais problemas relacionados ao consumo elevado de ácidos graxos saturados é o aumento do LDL no sangue. O acúmulo de colesterol nas artérias pode levar à formação de placas ateroscleróticas, reduzindo o fluxo sanguíneo e aumentando o risco de DCV.

Diante da crescente preocupação dos órgãos regulamentadores da saúde com o estilo de vida da população mundial, legislações têm sido implementadas em cada país para reduzir o consumo de gordura saturada. As novas legislações juntamente com a busca por um estilo de vida mais saudável vêm promovendo a reformulação de diversos alimentos. Dentre esses alimentos, os biscoitos recheados são um dos produtos que mais possuem rotulagem nutricional com indicativos de altos teores de gordura saturada e açúcares adicionados (cerca de 20 a 30% dos produtos em mercado) e são um dos principais produtos consumidos pelo público jovem (4,0 g/dia para homens e 2,9 g/dia para mulheres) (Senda *et al.*, 2024; Palla; Wasinger; Carrín, 2021; IBGE, 2020). Crianças e adolescentes são particularmente vulneráveis devido à sua suscetibilidade ao *marketing* de produtos com alto teor de gordura e açúcar. Entretanto, a gordura vegetal é essencial, pois confere ao produto características fundamentais, como textura, estabilidade e sabor (O'Sullivan, 2020).

Diante do exposto, pesquisas vêm sendo realizadas com intuito de melhorar o perfil nutricional dos alimentos. Nessa vertente, a reformulação dos recheios de biscoito representa um grande desafio, pois reduzir o teor de gordura impacta diretamente no sabor, textura, estabilidade, estrutura, aeração e palatabilidade (Arepally *et al.*, 2020). Os organogéis surgem como uma solução promissora, estruturando óleos vegetais que permitem a obtenção de uma gordura reduzida de ácidos graxos saturados e isentas de ácidos graxos *trans*. Pesquisas recentes têm explorado o uso de diferentes estruturantes lipídicos em combinação para superar esses desafios tecnológicos e sensoriais. Além disso, há um potencial de incorporar compostos com propriedades funcionais, como os fitosteróis que auxiliam na redução do

colesterol, devido a sua capacidade de atuar como estruturante em óleos vegetais, melhorando as propriedades do produto.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver recheios de biscoitos sabor chocolate com redução do teor de ácidos graxos saturados utilizando a tecnologia de organogéis, agregando potencial funcional com fitosterol.

2.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As gorduras são componentes essenciais na formulação de alimentos, desempenhando papéis cruciais na textura, sabor, e estabilidade dos produtos. No entanto, a qualidade nutricional das gorduras utilizadas tem um impacto significativo na saúde dos consumidores. Destaca-se as gorduras parcialmente hidrogenadas que contribuem para crocância em biscoitos, aeração em recheio, textura e estabilidade de produtos cárneos e estabilidade das margarinas, como uma das principais fontes lipídicas utilizadas pelas indústrias (Kadhum; Shamma, 2017). Entretanto, essas gorduras são associadas à DCNT devido a presença de ácidos graxos *trans* em grandes proporções. Como alternativa surgiu a interesterificação, uma das principais estratégias da indústria para a produção de gorduras tecnologicamente semelhantes às gorduras parcialmente hidrogenadas (Kodali, 2014). Entretanto, o uso das gorduras interesterificadas ocasionaram um aumento significativo no teor de ácidos graxos saturados dos alimentos (Silva *et al.*, 2021). O consumo de gordura saturada está relacionado ao aumento de colesterol no sangue, o que leva ao aumento de LDL no organismo e isso favorece a ocorrência de DCV's (Nicolantonio; Lucan; O'Keefe, 2016; Reynolds *et al.*, 2023).

A tecnologia dos organogéis surge como uma alternativa para eliminar as gorduras parcialmente hidrogenadas e interesterificadas. Essa tecnologia permite a produção de bases lipídicas mais saudáveis, sem necessidade de modificação química ou estrutural nas moléculas de triacilgliceróis. Os organogéis são formados a partir do aquecimento de um óleo vegetal, para destruição do seu histórico cristalino, seguido da adição de estruturante capaz de reter a fase líquida em uma estrutura tridimensional, que ao ser resfriado resulta em uma matriz sólida ou semissólida (Silva *et al.*, 2021). Diversos agentes estruturantes têm sido amplamente estudados para obtenção de diferentes organogéis, impactando diretamente nas propriedades finais do organogel. Exemplos incluem ceras, monoacilglicerol, fitoesteróis, monoestearato de sorbitana, etilcelulose, entre outros (Hashemi *et al.*, 2024). Os organogéis apresentam uma ampla gama de aplicações potenciais na indústria alimentícia, graças às suas notáveis propriedades tecnológicas. Entre elas, destacam-se a capacidade de restringir a mobilidade e

migração de óleos, substituir gorduras saturadas e *trans*, estabilizar emulsões e liberação de compostos funcionais (Hughes *et al.*, 2009).

As ceras vegetais representam uma opção estruturante com alta viabilidade para aplicação em alimentos devido a sua alta capacidade de ligação de óleo, propriedade gelificante e viabilidade econômica (Parmar *et al.*, 2022). A cera de candelilla destaca-se por sua capacidade de formar organogéis a baixas concentrações (1,5%) devido sua estrutura cristalina ser heterogênea, além de baixo custo para aquisição quando comparada a outros estruturantes. Estudos vem avaliando sinergia de cera de candelilla com outros estruturantes, a fim de minimizar seu gosto perceptível em alimentos (Ledesma *et al.*, 2022; Silva; Arellano; Martini, 2018).

Há evidências crescentes da utilização de compostos bioativos no tratamento e prevenção de DCV's, que são compostos presentes de forma natural ou adicionada em alimentos, que possuem a capacidade de atuar de formas diferentes no organismo, trazendo benefícios à saúde (Ortega; Campos, 2019; Huerta *et al.*, 2015). Os fitoesteróis são compostos bioativos que também têm sido avaliados quanto à sua aplicação em organogéis. Geralmente, são utilizados em combinação com outros agentes estruturantes, com o objetivo de obter géis mais firmes e melhorar sua biodisponibilidade (Jia *et al.*, 2023). Os fitosteróis representam uma classe de substâncias lipofílicas semelhantes ao colesterol e devido a isso conseguem reduzir os efeitos do colesterol e, assim, diminuir os níveis de LDL. Isso ocorre porque há uma competição entre o fitosterol e o colesterol no intestino, resultando em uma maior quantidade de colesterol não solubilizado, o que reduz sua absorção pelo organismo (Wang *et al.*, 2024).

Jia *et al.* (2023) avaliaram a estruturação de organogéis com fitosteróis combinados com compostos fenólicos naturais, obtendo resultados satisfatórios, onde a estrutura para a gelificação do óleo foi aprimorada pela sinergia entre as ligações formadas entre os compostos presentes no fitosteróis e os ácidos fenólicos. Pang *et al.* (2024) verificaram a combinação de fitosteról com cera de abelha, na tentativa de reduzir a quantidade de cera necessária para a estruturação de organogéis já que concentrações altas levam ao aspecto sensorial arenoso. A combinação de cera de abelha com éster de esteról vegetal mostrou a melhor capacidade de estruturação, com um gel forte e com parâmetros de dureza maiores do que a combinação cera de abelha com sitoesteról e β -sitosterol, mesmo com baixas concentrações.

Diferentes tipos de alimentos têm sido estudados para a aplicação de organogéis, como bolos, chocolates, *cream cheese*, margarina, produtos cárneos, recheios e pastas (Marangoni *et al.*, 2020). No entanto, ainda existem desafios neste campo quando abordamos as aplicações

em alimentos. Por exemplo, os biscoitos recheados, que podem ser classificados como dois biscoitos unidos por uma camada de recheio entre eles, como se fossem um sanduíche, representam um caso em que a aplicação de organogéis pode ser complexa (Palla; Wasinger; Carrín, 2021; Zandoná, 2021).

Os biscoitos são produzidos principalmente por farinha, gordura ou óleo, açúcar, água e fermento químico (Arepally *et al.*, 2020), enquanto o recheio pela mistura de gordura e açúcar, com adição de saborizantes e aromatizantes (Zandoná, 2021). O mercado de biscoitos está em rápido crescimento na América do Sul, onde os consumidores estão cada vez mais interessados em opções mais saudáveis e alternativas. No Brasil, o setor de biscoitos cresceu 9,6% em 2023 comparado a 2022, sendo os biscoitos recheados o maior colaborador para isso, com um consumo de 1,5 milhões de toneladas, onde 22,95% deste volume consumido vem de biscoitos recheados (Mordor Intelligence, 2024).

Zandoná (2021) utilizou emulsões com organogéis de colágeno para substituição total da gordura vegetal em recheios de biscoito, observando que a substituição foi eficiente, uma vez que parâmetros de textura foram semelhantes ao recheio controle, acrescido de redução do teor de ácidos graxos saturados no produto. Entretanto, os recheios desenvolvidos apresentaram uma alta atividade de água. Silva (2018) também desenvolveu recheios com redução de ácidos graxos saturados, substituindo a gordura por organogéis com diferentes combinações de cera de candelilla, monoacilglicerídeos e óleo totalmente hidrogenado. Os recheios desenvolvidos apresentaram cremosidade, adesividade e perfil de fusão semelhante ao controle. Silva (2018) ressalta que alguns pontos têm de ser melhorados, como perda de óleo e a dureza do produto, a fim de ver seu impacto no produto, além de testes sensoriais e estabilidade oxidativa. Palla, Wasinger e Carrín (2021) desenvolveram recheios de biscoitos com organogéis de óleo de soja estruturados com monoacilglicerídeos sendo que os recheios com organogel mais macios, com melhor adesão no biscoito e pouca migração de óleo do recheio para os biscoitos quando montados.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. Material

O óleo de girassol, gordura interesterificada comercial (Primor), leite em pó desnatado (Piracanjuba), glaçúcar (União), sal (Lebre), lecitina de soja (Comelx Comercial), essência de chocolate (Arcolor) e o biscoito comercial (Passatempo) foram adquiridos em mercados nas cidades de Campina do Monte Alegre e Sorocaba (São Paulo, Brasil), o mix de fitosterol

(composição do mix: β -sitosterol (>65%), β -sitostanol (>15%), campesterol (>5%) e campestanol (>1%)), foi gentilmente doado pela DSC™ (Gaspar, Santa Catarina, Brasil). A cera de candelila foi adquirida da empresa Look Chemicals (São Paulo, São Paulo, Brasil).

2.3.2. Planejamento experimental

O organogel escolhido para utilização foi experimentalmente testado previamente afim de determinar as concentrações de estruturantes. O organogel foi elaborado por meio do aquecimento do óleo vegetal até 80 °C, temperatura escolhida com base no ponto de fusão da cera de candelila, de modo a assegurar a completa fusão dos agentes estruturantes e a eliminação do histórico cristalino do sistema, sob agitação. Posteriormente, a cera de candelila e o fitoesterol foram adicionados, mantendo-se agitação constante por 3 minutos (Rocha *et al.*, 2013). A gordura vegetal também foi submetida à processo de aquecimento a 80 °C e agitação por 3 minutos. Posteriormente, foram elaborados os *blends* de gordura/organogel (Tabela 1) e então submetidos à gelificação estática por 24 h à 5 °C.

O processo de produção dos recheios se deu após 24 horas de elaboração da fração lipídica. A fabricação dos recheios foi realizada em batedeira planetária, onde todos os ingredientes foram previamente pesados e misturados por 3 minutos sob alta velocidade, e em seguida, mantidos a 5 °C para cristalização. Os biscoitos recheados foram elaborados de forma que o recheio representasse cerca de 28 a 31% da massa total do produto. A bolacha ao final continha cerca de 10 g em biscoitos e 5 g em recheio. Após a montagem, foram armazenados sob refrigeração a 5 °C.

Tabela 1 – Formulação dos recheios de biscoitos com gordura vegetal e organogel

Ingrediente	RC (%)	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	R4 (%)
Fase lipídica (G:O)	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Gordura vegetal	30	21	15	9	0
Organogel	0	9	15	21	30
SO	-	94,5	94,5	94,5	94,5
CW	-	2,5	2,5	2,5	2,5
PHY	-	3	3	3	3
Lecitina de soja	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Leite em pó	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Açúcar refinado	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8
Chocolate em pó	8	8	8	8	8
Aroma de chocolate	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sal	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

G:O – Proporção de gordura:organogel na fração lipídica; *RC*: Recheio Controle 100:0 (G:O); *R1*: Recheio 1 75:25 (G:O); *R2*: Recheio 2: 50:50 (G:O); *R3*: Recheio 3 25:75 (G:O); *R4*: Recheio 4 0:100 (G:O). *CW*: Cera de candelila; *SO*: Óleo de girassol; *PHY*: Fitoesteróis.

2.3.3. Estabilidade do organogel

A estabilidade dos organogéis foi avaliada conforme a metodologia proposta por Godoi *et al.* (2019). Cerca de 40 mL da amostra foram colocadas em um béquer. A avaliação foi realizada em 5 ciclos diferentes de temperatura/tempo sendo 5 °C/48 h, 35 °C/ 24h, 5 °C/24 h, 35 °C /48 h e por fim 5 °C/72 h. Os géis foram classificados em 1 – Totalmente líquido, 2 – Fraco, 3 – Médio, 4 – Forte e 5- Muito forte, conforme as observações visuais ao final de cada ciclo, acompanhadas de registros fotográficos (Godoi *et al.*, 2019).

2.3.4. Capacidade de ligação de óleo do organogel

As amostras de organogéis foram fundidas em banho-maria e, em seguida, 1 g de cada amostra foi transferido para tubos *Eppendorf* previamente pesados (). Os tubos foram mantidos a 25 °C por 24 h e posteriormente novamente pesados (. Após esse período, as amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm por 15 min à temperatura ambiente, e o óleo líquido liberado foi drenado. Os tubos drenados foram então pesados () para determinação do óleo livre (Equação 1) e da capacidade de ligação de óleo (Equação 2) (Yang *et al.*, 2017).

2.3.5. Caracterização reológica da fração lipídica

2.3.5.1. Curva de escoamento

As propriedades reológicas foram realizadas utilizando um reômetro de tensão controlada (Physical MCR 101, Anton Paar, Alemanha). Foi utilizado geometria placas paralelas de aço inoxidável, com diâmetro de 35 mm e superfície rugosa, com gap de 0,7 mm. A viscosidade foi avaliada em função da taxa de deformação, a 25 °C, variando de 0 a 300 s⁻¹, com três rampas sequenciais: ciclos crescente-decrescente-crescente, com o objetivo de eliminar a tixotropia. As determinações foram realizadas em triplicata, e os dados da terceira curva de fluxo foram ajustados aos modelos de Herschel-Bulkley e Lei da Potência (Okuro; Gomes; Cunha, 2020).

2.3.5.2. Varredura de frequência

Parâmetros reológicos, como módulos elástico (G') e viscoso (G''), foram medidos usando o reômetro de tensão controlada Physical MCR101 (Anton Par, Alemanha) acoplado a um sensor de geometria placa paralela de aço inoxidável, com 35 mm de diâmetro e superfície

rugosa. O gap utilizado foi de 0,7 mm em temperatura controlada de 25 °C. O valor de tensão de cisalhamento (Pa) contido na faixa de viscoelasticidade linear foi utilizado no teste oscilatório de varredura de frequência, que variou de 0,01 Hz a 10 Hz. (Mert; Demirkesen, 2016).

2.3.6. Propriedades dos recheios

2.3.6.1. Atividade de água

A atividade de água dos recheios fora analisada em um higrômetro digital (MeterFood, Aqualab 4TE, Brasil), com temperatura controlada a 25 °C. As análises foram realizadas em triplicata (Zandoná, 2021).

2.3.6.2. Cor

Os recheios foram avaliados quanto à cor pelos parâmetros L* (luminosidade), a* (coordenada do eixo vermelho-verde) e b* (coordenada do eixo azul-amarelo) em calorímetro (Konica Minolta, Japão), sendo realizadas três leituras para cada amostra.

2.3.6.3. Capacidade de retenção de óleo

Os recheios foram armazenados a 25 °C por 24 h e, em seguida, 3 g foi moldada em forma de bola (m_a). Os recheios moldados foram adicionados em papel filtro e acondicionados em placas de Petri a 25 °C por 60 dias. O papel de filtro foi pesado antes de adicionar os recheios (m_i) e, posteriormente (m_f), ao remover a bola de recheio para pesagem nos intervalos de 24 h, 7, 15, 30 e 60 dias. O cálculo da perda de óleo do recheio foi realizado conforme a Equação 3. (Silva *et al.*, 2021).

2.3.6.4. Estabilidade térmica por ciclização

As amostras de recheios foram armazenadas em estufa B.O.D, com controle de temperatura, com o objetivo de verificar a existência ou não de separação de fases (exsudação de óleo). As amostras foram avaliadas visualmente a 25 °C por 48 h e a 40 °C por 120 h (Gandra, 2011).

2.3.6.5. Aderência do recheio ao biscoito

Os recheios (3 g) foram aplicados nos biscoitos comerciais e, em seguida, armazenados em freezer (-10 °C/10 min). Decorrido esse tempo, os biscoitos foram avaliados

visualmente quanto à facilidade de desprendimento do recheio ao serem forçados com as mãos em sentidos opostos. Imagens fotográficas foram registradas.

2.3.6.6. *Propriedades mecânicas do recheio e influência no biscoito recheado*

As amostras foram adicionadas em béqueres de 50 mL e armazenadas em B.O.D. por 24 h. As análises foram realizadas em triplicata em um texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Reino Unido) com *probe* de compressão P/25 para os recheios e a Knife Edge para os biscoitos recheados. Os parâmetros da análise foram: velocidade pré-teste, teste e pós-teste de 1,5 mm/s; distância de 20 mm; cédula de carga 25 kg; sensibilidade (*Trigger Force*): 0,05 N; força em dupla compressão (Akamine *et al.*, 2018). Foram avaliados os parâmetros de dureza, adesividade, espalhabilidade e pegajosidade para os recheios e dureza para os biscoitos recheados.

2.3.7. **Análise estatística**

Foi utilizado uma Análise de variância (ANOVA) seguido por comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de significância, através do *Software* Sisvar, a fim de avaliar o efeito da substituição da gordura vegetal interesterificada por organogéis em recheios para biscoito.

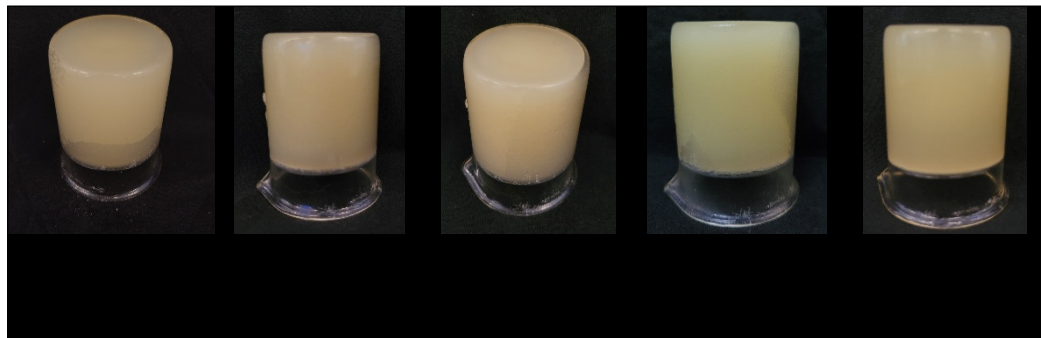
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. **Estabilidade do organogel**

O organogel atua no recheio como ingrediente, sendo fundamental compreender seu comportamento estrutural. O organogel se apresentou sólido mesmo nas variações de temperatura, sem liberação aparente de óleo e podendo ser vertido sem demonstrar comportamento viscoso (Figura 1). Dessa forma, o organogel foi classificado como um gel forte (5) durante toda ciclicização, e apresentou 100% de retenção de óleo. Buitimea-Cantúa *et al.* (2021) investigaram a ciclicização térmica de organogéis formulados com diferentes agentes estruturantes em variadas concentrações e observaram comportamentos semelhantes quando as concentrações utilizadas foram superiores a 4% (Buitimea-Cantúa *et al.*, 2021; Buitimea-Cantúa *et al.*, 2022). Já Godoi *et al.* (2020), que também desenvolveram organogéis com cera de candelila, isoladamente e em combinação com outros estruturantes, demonstraram estabilidade térmica semelhante à observada no presente estudo, mesmo utilizando uma concentração de 6% de agente estruturante (Godoi *et al.*, 2020). Neste estudo foram utilizados 5,5% de estruturantes corroborando com outros trabalhos. A definição dessa concentração foi

realizada através de testes preliminares visando selecionar concentrações que tivessem maior retenção de óleo.

Figura 1 – Avaliação visual do organogel



A rede estrutural formada pelos estruturantes também influenciou sua capacidade de retenção de óleo. Quanto maior a concentração de estruturantes, mais densa e eficaz se torna a rede em aprisionar a fração líquida do organogel (Zhang *et al.*, 2023). Lee *et al.* (2025) avaliaram organogéis formulados com cera de candelila e quercetina quanto à capacidade de retenção de óleo e observaram que a quercetina não exerceu influência significativa na formulação, sendo a cera de candelila o principal agente responsável pela estabilidade. Já Zhang *et al.* (2023) investigaram organogéis estruturados com diferentes monoacilglicerídeos e identificaram capacidades de retenção inferiores a 80% com 4% de estruturante e superiores a 98% com 10% de estruturantes.

O organogel de cera de candelilla apresenta boa estabilidade mesmo em concentrações reduzidas de cera (2,5%), o que pode estar relacionado ao efeito sinérgico com o mix de fitosteróis utilizado. Embora os fitosteróis tenham sido empregados em concentrações mínimas para promover a geleificação, sua combinação com a cera resultou em um organogel com propriedades superiores ao que se é esperado, além de conferir potencial de funcionalidade bioativa (Wang *et al.*, 2024).

2.4.2. Reologia da fração lipídica

2.4.2.1. Curva de escoamento

A análise reológica do alimento facilita sua aplicação ao prever seu comportamento em diferentes processos. As bases lipídicas apresentaram melhor ajuste aos modelos de Lei da Potência e Herschel-Bulkley. Esses modelos se mostraram adequados para descrever tanto a

consistência quanto a eventual presença de tensão inicial de escoamento das formulações, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comportamento reológico dos *blends* gordura e organogel

Amostra	Modelo	τ_0 (Pa)	K (Pa·s ⁿ)	η	Pr > t	R ²	Root MSE
RC	Lei da Potência	-	46,155±6,688	0,221±0,023	< 0,0001	0,9481	5,902
	Herschel-Bulkley	66,677±10,446	4,984±1,282	0,5303±0,032	< 0,0001	0,9961	1,6387
R1	Lei da Potência	-	13,612±2,717	0,347±0,030	< 0,0001	0,9534	4,2827
	Herschel-Bulkley	31,354±3,558	1,2945±0,113	0,704±0,016	< 0,0001	0,9979	0,9207
R2	Lei da Potência	-	2,348±0,003	0,559±0,001	< 0,0001	0,9941	1,0969
	Herschel-Bulkley	6,455±0,012	0,912±0,009	0,707±0,000	< 0,0001	0,9999	0,103
R3	Lei da Potência	-	2,425±0,085	0,553±0,005	< 0,0001	0,9947	1,0336
	Herschel-Bulkley	6,152±0,161	1,010±0,024	0,690±0,003	< 0,0001	0,9999	0,1019
R4	Lei da Potência	-	0,814±0,397	0,698±0,072	< 0,0001	0,9988	0,4214
	Herschel-Bulkley	1,505±0,271	0,592±0,368	0,749±0,093	< 0,0001	0,9994	0,2983

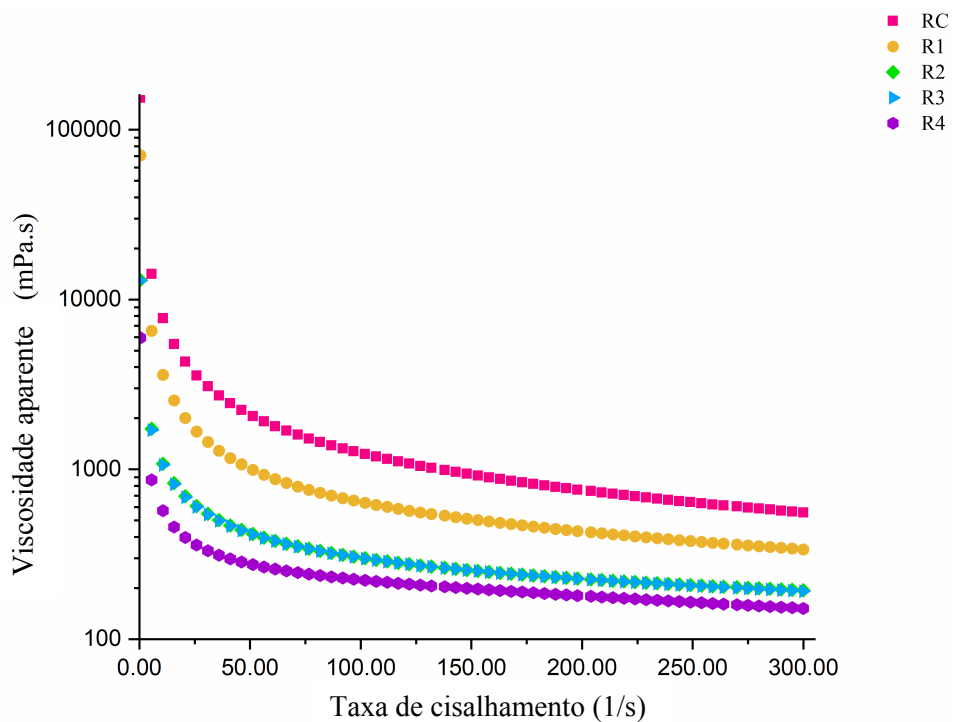
τ_0 : tensão de escoamento; k : índice de consistência; η : índice de comportamento. R^2 : Coeficiente de determinação; Root MSE: raiz quadrada do erro médio. G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (G:O); R1: Recheio 1 75:25 (G:O); R2: Recheio 2: 50:50 (G:O); R3: Recheio 3 25:75 (G:O); R4: Recheio 4 0:100 (G:O).

Considerando a natureza de géis, o modelo de Herschel-Bulkley descreveu melhor o comportamento das amostras, pois leva em conta a tensão de escoamento (τ_0), que representa a força inicial necessária para o rompimento da estrutura. Observa-se uma queda acentuada dessa tensão conforme diminui o teor de gordura nas formulações, com valores variando de 66,667 Pa na amostra RC para 1,505 Pa em R4. É interessante notar que as tensões iniciais das amostras R2 e R3 são próximas, mesmo com R3 apresentando proporção de organogel superior à de R2.

O índice de comportamento (n) variou entre 0,5303 (RC) e 0,749 (R4), enquanto os *blends* tiveram valores intermediários. Embora todas as formulações apresentem comportamento pseudoplástico, a gordura vegetal demonstrou maior grau de pseudoplasticidade em comparação aos organogéis (Rocha et al., 2013).

Na Figura 2, o comportamento pseudoplástico torna-se mais evidente, com a viscosidade diminuindo à medida que a taxa de cisalhamento aumenta. A diferença entre as estruturas é mais perceptível em baixos níveis de cisalhamento, mas tende a diminuir conforme o cisalhamento se eleva, com as viscosidades das amostras se aproximando. Essa diferença pode estar relacionada a uma rede estrutural interna mais densa nas formulações com gordura, em comparação aos organogéis (Rocha et al., 2013). Dessa forma, espera-se que recheios com maior teor de gordura apresentem melhor estruturação e resistência ao cisalhamento, enquanto aqueles com maior proporção de organogel tendem a ser menos estruturados e mais espalháveis, por serem mais sensíveis à deformação.

Figura 2 - Viscosidade aparente dos *blends* gordura e organogel

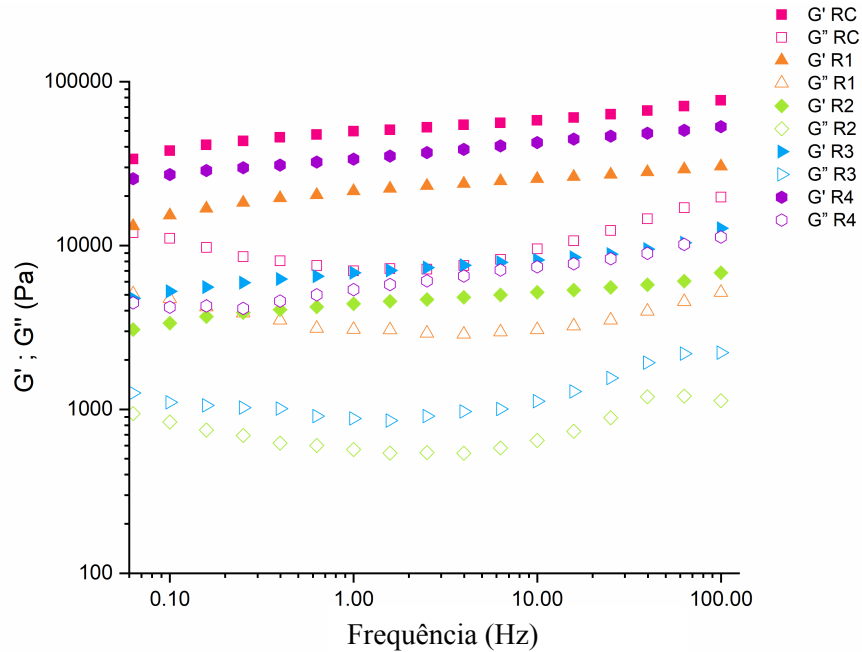


G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (*G:O*); R1: Recheio 1 75:25 (*G:O*); R2: Recheio 2: 50:50 (*G:O*); R3: Recheio 3 25:75 (*G:O*); R4: Recheio 4 0:100 (*G:O*).

2.4.2.2. Varredura de Frequência

A compreensão da resposta dos géis à sua deformação é essencial para analisar seu comportamento estrutural. Na Figura 3, é apresentado o gráfico comparativo dos módulos elástico (G') e viscoso (G'') das diferentes amostras frente às variações de frequência, sendo a análise conduzida na região linear de viscoelasticidade.

Figura 3 - Varredura de frequência dos *blends* gordura e organogel



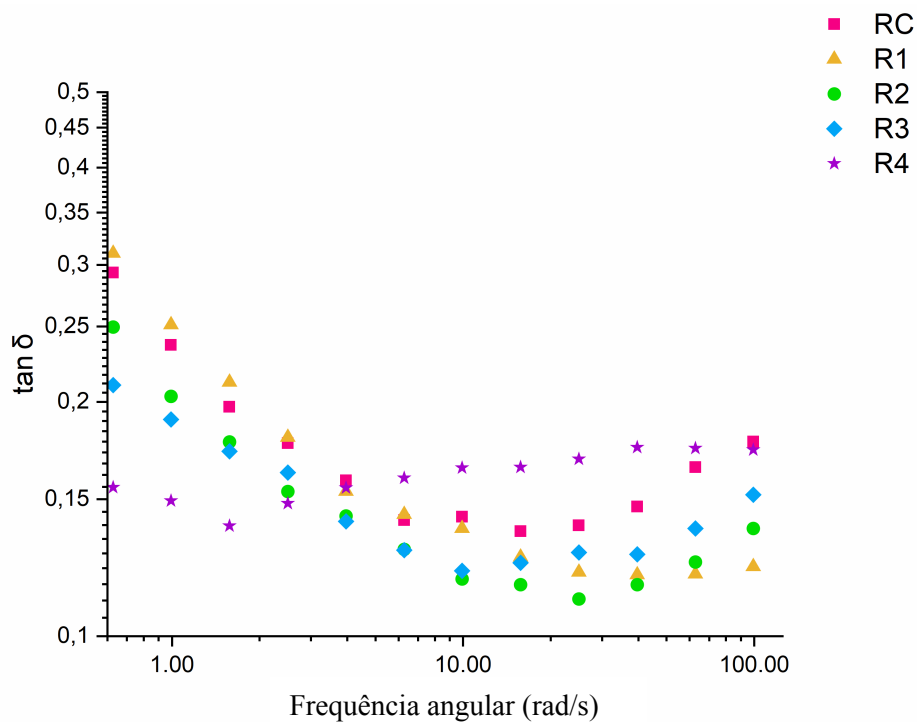
Ícones preenchidos representam módulo de armazenamento (G'), ícones vazados representam módulo viscoso (G''). $G:O$ – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 ($G:O$); R1: Recheio 1 75:25 ($G:O$); R2: Recheio 2: 50:50 ($G:O$); R3: Recheio 3 25:75 ($G:O$); R4: Recheio 4 0:100 ($G:O$).

As amostras RC e R4, que representam unicamente gordura vegetal e organogel respectivamente, apresentaram os maiores valores de G' com o aumento da variação da frequência. Por outro lado, as amostras R1, R2 e R3 que representam as combinações entre gordura vegetal/organogel obtiveram valores de G' inferiores. Entretanto, todas as amostras apresentaram comportamento característico de gel, onde $G' > G''$ se manteve com o aumento da frequência mantendo sua integridade estrutural. Este resultado difere dos reportados por Alvarez-Ramirez *et al.* (2020), que notaram um decréscimo linear de G' conforme o aumento da frequência, de acordo com maior teor de organogel na substituição da manteiga na fração lipídica da amostra (Alvarez-Ramirez *et al.*, 2020). Essa comparação sugere que neste estudo a interação molecular da gordura vegetal/organogel causou impacto significativo na estruturação.

Quanto ao fator de perda, $\tan \delta$, apresentando na Figura 4, é possível notar que a amostra R4 possui um comportamento mais independente da frequência que as demais formulações. Em contraste, tanto a amostra controle quanto os *blends* gordura vegetal/organogel exibem maior dependência da variação de frequência. Quanto maior a diferença entre G' e G'' , menor será o valor de $\tan \delta$, implicando em maior predominância de propriedades elásticas (Mezger, 2014). A amostra contendo apenas organogel (R4) apresentou valores mais elevados de $\tan \delta$, com o aumento da frequência, indicando maior proximidade

entre G' e G'' em comparação com as demais amostras. Esse comportamento pode ser atribuído à elevada fração de óleo líquido presente no organogel ($\approx 90\%$), a qual contribui de forma significativa para o aumento do módulo viscoso (Li et al., 2022). Inesperadamente, foi notado um efeito sinérgico entre os *blends* de gordura vegetal/organogel. Seus valores de $\tan \delta$ permaneceram mais próximos de 0,1 nos *blends* do que na amostra controle (100% gordura vegetal). Esse efeito pode ser associado ao processo de geleificação promovido pela cera de candelila na matriz lipídica, resultando em maior organização estrutural e predominância elástica.

Figura 4 – Fator de perda dos *blends* gordura e organogel



G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; *RC*: Recheio Controle 100:0 (*G:O*); *R1*: Recheio 1 75:25 (*G:O*); *R2*: Recheio 2: 50:50 (*G:O*); *R3*: Recheio 3 25:75 (*G:O*); *R4*: Recheio 4 0:100 (*G:O*).

É possível notar que em baixas frequências, o módulo G'' aparenta ser maior uma vez que $\tan \delta$ é maior em baixas frequências como mostrado na Figura 4. Porém isso não caracteriza a estrutura como gel fraco, uma vez que G'' não é superior à G' e a resposta elástica é mais predominante em altas frequências (Torres et al., 2006) (Antonio Torres, 2001).

2.4.3. Caracterização dos recheios

2.4.3.1. Atividade de água

A atividade de água é um parâmetro crítico quanto a estabilidade microbiológica e de reações químicas e enzimáticas. Índices inferiores a 0,75 podem garantir a inibição de diversos microorganismos, além de desacelerar reações deteriorantes (Shaw, 2025). A Tabela 4 apresenta os valores de atividade de água dos recheios durante 60 dias de armazenamento a 25 °C, notando-se que todos os recheios apresentaram atividade de água inferior à 0,61 indicando estabilidade microbiológica.

Tabela 4 - Atividade de água ao decorrer do tempo de armazenamento a 25 °C

Tempo	Amostras				
	RC	R1	R2	R3	R4
24 h	0,49±0,01 ^{bAB}	0,48±0,013 ^{cdB}	0,52±0,032 ^{a^{AB}}	0,50±0,005 ^{abAB}	0,55±0,04 ^{aA}
Sem. 1	0,61±0,02 ^{aA}	0,52±0,012 ^{abc}	0,47±0,013 ^{abcC}	0,53±0,041 ^{abC}	0,54±0,028 ^{abB}
Sem. 2	0,45±0,014 ^{deB}	0,48±0,007 ^{bcB}	0,47±0,01 ^{abcB}	0,49±0,037 ^{abcAB}	0,55±0,041 ^{aA}
Sem.3	0,48±0,004 ^{bcB}	0,47±0,007 ^{cdB}	0,46±0,023 ^{bcB}	0,48±0,018 ^{abcB}	0,50±0,015 ^{abA}
Sem. 4	0,51±0,001 ^{bA}	0,51±0,024 ^{abA}	0,49±0,02 ^{abA}	0,51±0,003 ^{abA}	0,51±0,01 ^{abA}
Sem. 5	0,45±0,007 ^{cdB}	0,45±0,005 ^{deB}	0,46±0,027 ^{bcB}	0,44±0,017 ^{bcdB}	0,512±0,015 ^{abA}
Sem. 6	0,42±0,007 ^{eB}	0,42±0,006 ^{efB}	0,43±0,005 ^{cdB}	0,44±0,017 ^{cdB}	0,47±0,016 ^{bA}
Sem. 7	0,42±0,016 ^{deB}	0,41±0,003 ^{fB}	0,40±0,003 ^{dB}	0,40±0,007 ^{dB}	0,47±0,016 ^{bA}

Sem: Semana; G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (G:O); R1: Recheio 1 75:25 (G:O); R2: Recheio 2: 50:50 (G:O); R3: Recheio 3 25:75 (G:O); R4: Recheio 4 0:100 (G:O). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas ao longo do tempo dentro de uma mesma amostra ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras em um mesmo tempo de armazenamento ($p < 0,05$).



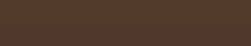

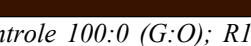
Todas as amostras apresentaram um decréscimo significativo ($p < 0,05$) e semelhante da atividade de água, com uma faixa inicial de 0,48 – 0,55 e apresentando faixa de atividade de água entre 0,40 – 0,47 ao final das 7 semanas. Quando comparadas entre si, observam-se poucas ou nenhuma diferença significativa ($p > 0,05$), indicando que a substituição da gordura por organogel não alterou de forma incisiva parâmetros intrínsecos nos recheios.

A amostra R4 foi a única a demonstrar diferença significativa ($p < 0,05$) das demais amostras, com menor redução na atividade de água. A redução da atividade de água ao longo do tempo pode estar relacionada à elevada proporção de açúcar e outros sólidos, como cacau em pó e leite em pó, que favorecem a cristalização durante o armazenamento (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2020) Shaw, 2025). Os valores encontrados neste estudo também são inferiores ao encontrados por Akamine *et al.* (2018) que analisou a atividade de água em recheios de biscoitos comerciais e encontrou valores na faixa de 0,47 – 0,51.

2.4.3.2. Cor

A cor de um produto pode ser um fator decisivo para o consumidor decidir se adquire ou não o produto. Na Tabela 5 está disposto os valores de L*, a* e b* que correspondem respectivamente à luminosidade (clareza), à coordenada no eixo vermelho-verde e à coordenada no eixo amarelo-azul do espaço de cor CIELAB.

Tabela 5 – Variação de cor nos recheios

Amostra	L*	a*	b*	Cor hexadecimal
RC	30,28±0,16 ^a	15,26±0,31 ^b	21,15±0,79 ^a	
R1	30,61±0,98 ^a	9,09±0,18 ^c	14,96±0,68 ^c	
R2	26,71±0,85 ^b	9,03±0,41 ^c	14,68±0,55 ^c	
R3	25,51±0,36 ^b	8,79±0,08 ^c	11,72±0,59 ^d	
R4	11,05±0,27 ^c	16,34±0,16 ^a	17,7±0,93 ^b	

G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (G:O); R1: Recheio 1 75:25 (G:O); R2: Recheio 2: 50:50 (G:O); R3: Recheio 3 25:75 (G:O); R4: Recheio 4 0:100 (G:O). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para o mesmo parâmetro de cor (L*, a* ou b*), de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

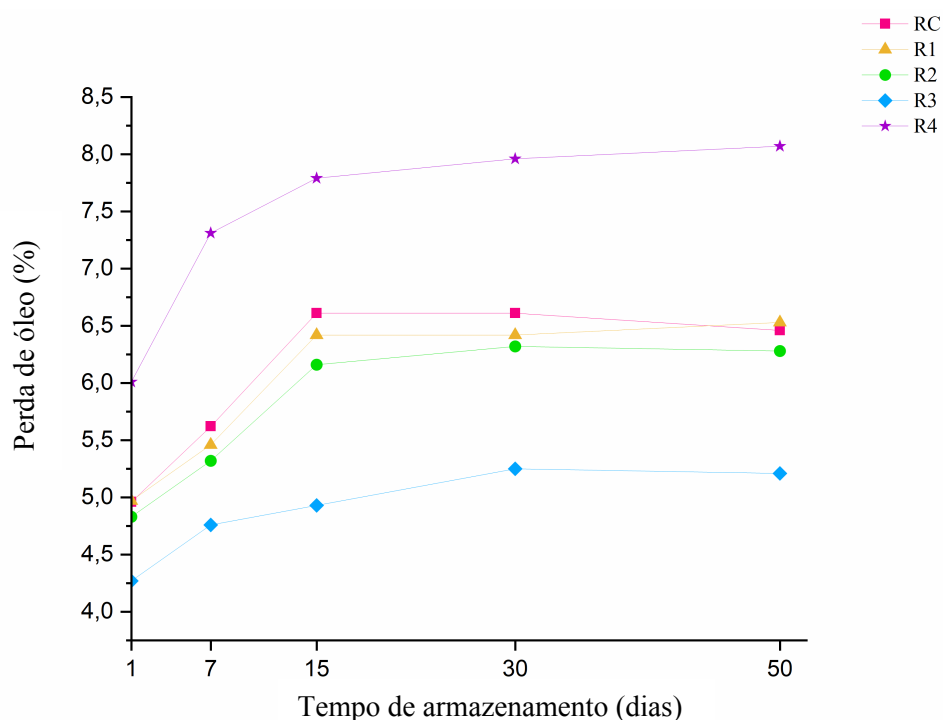
A luminosidade da amostra controle foi significativamente ($p < 0,05$) maior que a amostra 100% organogel, enquanto se mostrou sem diferenças com a R1. Observou-se que, quanto menor a proporção de organogel, mais claro se apresentou o recheio, mesmo na presença de cacau em pó, que contribui para a tonalidade escura. Esse comportamento pode ser explicado pelas características intrínsecas dos lipídios utilizados: o organogel possui coloração amarelada devido ao óleo e à cera de candelila, enquanto a gordura vegetal apresenta coloração branca. Com exceção das amostras R2 e R3, a luminosidade diferiu significativamente entre as formulações. Em contraste, os parâmetros a* e b* não apresentaram variações tão expressivas, embora tenha sido observado um decréscimo em ambos nos blends gordura vegetal/organogel.

Resultados semelhantes foram encontrados por Barbut *et al.* (2021), ao substituir gordura de porco, que possui coloração branca, por organogéis estruturados com etilcelulose, observando um decréscimo de L* e aumento de a* e b* com o aumento do teor de organogel (Barbut *et al.*, 2021). Entretanto este acréscimo de a* e b* não foram observados neste estudo. Já Alejandro *et al.* (2019) e Alvarez-Ramirez *et al.* (2020) utilizaram diferentes organogéis também com tonalidade amarelada na substituição de gordura em produtos, mas descreveram não encontrar mudanças significativas na cor dos produtos (Alejandro *et al.*, 2019; Alvarez-Ramirez *et al.*, 2020).

2.4.3.3. Capacidade de retenção de óleo

Espera-se que recheios sejam uma mistura homogênea base açúcar e gordura, onde a ocorrência de liberação de óleo é definitivamente um problema tecnológico a ser evitado (Miele *et al.*, 2015). A Figura 5 mostra o comportamento de liberação de óleos dos recheios durante o período de armazenamento de 50 dias.

Figura 5 - Perda de óleo dos recheios durante 50 dias a 25 °C



G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (G:O); R1: Recheio 1 75:25 (G:O); R2: Recheio 2: 50:50 (G:O); R3: Recheio 3 25:75 (G:O); R4: Recheio 4 0:100 (G:O).






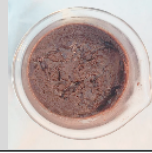



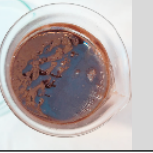
As amostras R4 e R3 foram as com maior diferença na perda de óleo, sendo R3 a que conseguiu reter maior quantidade de óleo, e a R4 a com maior liberação. As amostras com maiores concentrações de gordura (RC, R1 e R2), obtiveram um comportamento semelhante, conforme a Figura 5. A partir de 15 dias é possível notar uma estabilidade na liberação de óleo nas amostras. Barbut *et al.* (2021) observaram que patês de fígado com maior proporção de gordura suína do que organogéis apresentaram menor perda de óleo a 4 °C, devido à maior retenção proporcionada pela gordura em estado sólido nessa temperatura. Palla *et al.* (2021) analisaram a retenção de óleo em recheios e constataram melhor desempenho nas amostras formuladas com organogéis. No entanto, os autores ressaltam que a amostra controle pode não ter expressado plenamente suas propriedades, uma vez que foi adquirida comercialmente e não havia sido recém-produzida.

O recheio R3 apresentou a maior capacidade de retenção indicando sinergia entre a gordura e organogel. Alguns fatores que podem explicar esse fato é a propriedade emulsificante do fitosterol, lecitina e alguns constituintes do leite em pó, que facilitaríamos a adesão do óleo ao açúcar presente no recheio (Palla *et al.*, 2021). Enquanto a maior liberação de óleo pelo recheio R4 pode ser justificada pela não reestruturação da fase líquida do óleo pelos estruturantes, facilitando a exsudação para fora da matriz (Si *et al.*, 2016).

1.1.1.1. Estabilidade térmica e aderência dos recheios

A avaliação visual dos recheios quanto a liberação de óleo após ciclos de temperatura pode ser observada na Tabela 6. Após 48h a 25 °C todos os recheios se demonstraram estáveis sem liberação de óleo aparente, sendo possível vertê-los. Já após 120h à 40 °C os recheios R1 e R2 mostraram baixa liberação de óleo em sua superfície, o recheio R4 mostrou alta liberação de óleo e comportamento fluido. Já os recheios com melhor estabilidade foram o RC e o R3. Esses resultados sugerem que, embora o organogel apresente boa estabilidade frente a variações de temperatura e elevada capacidade de ligação de óleo, sua aplicação em matrizes complexas, nas quais ocorre interação com outros ingredientes, pode comprometer suas propriedades estruturais.

Tabela 6 – Visual dos recheios após ciclização térmica




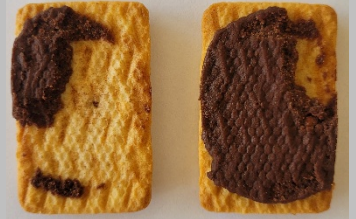

Ciclo	RC	R1	R2	R3	R4
25 °C / 48 h					
40 °C / 120 h					

G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; *RC*: Recheio Controle 100:0 (*G:O*); *R1*: Recheio 1 75:25 (*G:O*); *R2*: Recheio 2: 50:50 (*G:O*); *R3*: Recheio 3 25:75 (*G:O*); *R4*: Recheio 4 0:100 (*G:O*).

A liberação de óleo no biscoito foi analisada de forma visual (Tabela 7), observando-se diferenças entre as formulações ao longo do armazenamento. A amostra composta apenas por gordura vegetal (*RC*), apresentou baixa aderência desde as primeiras 24 h, com grande parte do recheio permanecendo grudado no biscoito oposto. Entretanto, não se observa a presença de manchas de óleo no biscoito. Já os recheios *R2*, *R3* e *R4* apresentaram manchas de óleo e brilho aparentes no biscoito quando separados as duas camadas, indicando que a

estruturção do óleo pela rede estruturante não foi suficiente, podendo resultar em amolecimento do biscoito.

Tabela 7 - Avaliação visual da aderência do recheio ao biscoito

Amostr a	24 h	30 dias	50 dias
RC			
R1			
R2			
R3			



G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (G:O); R1: Recheio 1 75:25 (G:O); R2: Recheio 2: 50:50 (G:O); R3: Recheio 3 25:75 (G:O); R4: Recheio 4 0:100 (G:O).

Fonte: Autoria própria, 2025.

2.4.3.4. Propriedades mecânicas do recheio e influência no biscoito recheado

As propriedades mecânicas obtidas dos recheios quanto a sua dureza, pegajosidade, espalhabilidade e adesividade durante o período de 7 semanas estão dispostas na Tabela 8. Todas as propriedades analisadas tiveram um aumento significativo ($P < 0,05$) de seus parâmetros ao decorrer das 7 semanas de armazenamento. No geral, a substituição da gordura se mostrou mais impactante ao decorrer das semanas, mas ainda sim houve pouca diferença significativa entre as amostras.

Tabela 9 – Propriedades mecânicas dos recheios

Amostra	Dureza (N)	Pegajosidade (N)	Espalhabilidade (N.s)	Adesividade (N.s)	
24 horas	RC	1,042 ± 0,065 ^{dB}	0,420 ± 0,024 ^{bBC}	5,608 ± 0,418 ^{dB}	2,584 ± 0,247 ^{bA}
	R1	0,856 ± 0,057 ^{dB}	0,330 ± 0,023 ^{cC}	4,531 ± 0,516 ^{dB}	1,587 ± 0,439 ^{bB}
	R2	1,325 ± 0,082 ^{dA}	0,517 ± 0,048 ^{dAB}	7,306 ± 0,634 ^{dA}	2,523 ± 0,326 ^{bA}
	R3	1,494 ± 0,091 ^{bA}	0,597 ± 0,049 ^{bA}	7,557 ± 0,635 ^{bA}	2,733 ± 0,457 ^{bA}
	R4	1,361 ± 0,083 ^{bA}	0,489 ± 0,030 ^{bB}	6,163 ± 0,812 ^{bAB}	2,356 ± 0,145 ^{aAB}
Semana 1	RC	2,399 ± 0,124 ^{cB}	0,995 ± 0,042 ^{bB}	12,620 ± 0,870 ^{cB}	4,391 ± 0,367 ^{abA}
	R1	2,350 ± 0,264 ^{cB}	1,070 ± 0,171 ^{bB}	13,082 ± 2,067 ^{cB}	4,760 ± 0,540 ^{abA}
	R2	3,701 ± 0,281 ^{cB}	1,400 ± 0,013 ^{cB}	19,742 ± 0,316 ^{cB}	5,517 ± 0,856 ^{abA}
	R3	14,719 ± 2,356 ^{aA}	3,191 ± 0,596 ^{aA}	72,900 ± 9,138 ^{aA}	8,643 ± 3,872 ^{abA}
	R4	4,603 ± 2,084 ^{bB}	1,136 ± 0,236 ^{abB}	15,821 ± 4,979 ^{bB}	4,499 ± 0,990 ^{aA}
Semana 2	RC	2,890 ± 0,576 ^{abcC}	5,127 ± 1,364 ^{aA}	13,798 ± 1,227 ^{cD}	4,342 ± 1,798 ^{abB}
	R1	3,069 ± 0,300 ^{bcC}	1,230 ± 0,120 ^{abC}	17,020 ± 1,820 ^{bcCD}	4,316 ± 0,350 ^{abB}
	R2	4,512 ± 0,208 ^{bcBC}	1,719 ± 0,113 ^{bcBC}	24,415 ± 0,547 ^{bcBC}	6,806 ± 1,087 ^{abB}
	R3	13,265 ± 1,167 ^{aA}	3,402 ± 0,036 ^{aAB}	64,495 ± 5,017 ^{aA}	11,838 ± 0,682 ^{aA}
	R4	7,048 ± 2,458 ^{abB}	1,370 ± 0,793 ^{abC}	27,696 ± 6,155 ^{abB}	4,198 ± 3,535 ^{abB}
Semana 3	RC	2,760 ± 0,163 ^{bcB}	1,118 ± 0,071 ^{bB}	14,975 ± 1,584 ^{bcB}	5,034 ± 1,257 ^{abC}
	R1	3,298 ± 0,387 ^{bB}	1,358 ± 0,091 ^{abB}	17,799 ± 1,806 ^{abcB}	5,844 ± 0,373 ^{abC}
	R2	4,995 ± 0,062 ^{bcB}	1,899 ± 0,067 ^{abcB}	27,221 ± 0,621 ^{bcB}	8,808 ± 0,144 ^{aAB}
	R3	12,910 ± 0,959 ^{aA}	3,374 ± 0,445 ^{aA}	70,844 ± 8,236 ^{aA}	10,933 ± 0,259 ^{aA}
	R4	9,590 ± 5,683 ^{abAB}	1,819 ± 0,571 ^{aB}	35,489 ± 18,257 ^{abB}	6,094 ± 2,667 ^{abC}
Se	RC	2,804 ± 0,138 ^{bcC}	1,165 ± 0,071 ^{bB}	15,330 ± 1,825 ^{bcB}	5,751 ± 1,037 ^{abA}

	R1	3,476 ± 0,164 ^{abC}	1,310 ± 0,158 ^{abB}	19,265 ± 0,431 ^{abB}	5,102 ± 2,167 ^{abA}
	R2	5,831 ± 1,281 ^{abBC}	2,032 ± 0,230 ^{abAB}	31,360 ± 6,097 ^{bAB}	8,345 ± 2,027 ^{aA}
	R3	13,119 ± 0,902 ^{aA}	2,818 ± 0,996 ^{aA}	53,586 ± 16,825 ^{aA}	10,503 ± 3,474 ^{aA}
	R4	7,714 ± 2,749 ^{abB}	1,466 ± 0,246 ^{abB}	26,364 ± 5,187 ^{abB}	5,996 ± 0,724 ^{aA}
Semana 5	RC	3,164 ± 0,149 ^{abB}	1,267 ± 0,051 ^{bC}	17,798 ± 0,740 ^{abB}	6,042 ± 0,466 ^{abB}
	R1	3,548 ± 0,181 ^{abB}	1,370 ± 0,182 ^{abBC}	20,213 ± 1,209 ^{abB}	4,886 ± 2,194 ^{abB}
	R2	5,478 ± 0,193 ^{bcB}	2,046 ± 0,140 ^{abB}	30,628 ± 1,240 ^{bB}	8,031 ± 0,881 ^{abB}
	R3	12,132 ± 2,985 ^{aA}	3,194 ± 0,353 ^{aA}	60,536 ± 12,803 ^{aA}	13,175 ± 0,216 ^{aA}
	R4	5,808 ± 3,312 ^{abB}	1,595 ± 0,460 ^{abBC}	22,077 ± 8,335 ^{abB}	6,236 ± 2,368 ^{abB}
Semana 6	RC	3,310 ± 0,057 ^{abC}	1,388 ± 0,169 ^{bB}	18,676 ± 1,121 ^{aC}	6,482 ± 1,006 ^{aAB}
	R1	3,614 ± 0,046 ^{abBC}	1,479 ± 0,130 ^{abB}	20,023 ± 0,807 ^{abC}	5,742 ± 1,517 ^{abB}
	R2	5,879 ± 0,366 ^{abB}	2,030 ± 0,214 ^{abB}	32,448 ± 1,583 ^{abB}	8,291 ± 0,446 ^{aAB}
	R3	11,051 ± 1,684 ^{aA}	3,056 ± 0,619 ^{aA}	53,163 ± 7,854 ^{aA}	11,459 ± 4,057 ^{aA}
	R4	12,313 ± 1,221 ^{abA}	2,026 ± 0,202 ^{abB}	39,664 ± 4,606 ^{abB}	7,674 ± 0,655 ^{aAB}
Semana 7	RC	3,514 ± 0,101 ^{abB}	1,445 ± 0,148 ^{bB}	20,249 ± 0,927 ^{abB}	4,710 ± 1,989 ^{abB}
	R1	4,224 ± 0,501 ^{abB}	1,517 ± 0,178 ^{abB}	22,218 ± 3,956 ^{aB}	4,340 ± 0,354 ^{abB}
	R2	7,477 ± 1,379 ^{aAB}	2,373 ± 0,351 ^{aAB}	41,185 ± 6,731 ^{aAB}	9,422 ± 3,892 ^{aAB}
	R3	12,851 ± 1,632 ^{aAB}	3,468 ± 0,409 ^{aA}	68,678 ± 10,371 ^{aA}	14,756 ± 1,396 ^{aA}
	R4	17,153 ± 9,259 ^{aA}	2,288 ± 0,604 ^{abB}	54,861 ± 27,221 ^{aAB}	6,306 ± 0,322 ^{abB}

G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; RC: Recheio Controle 100:0 (*G:O*); R1: Recheio 1 75:25 (*G:O*); R2: Recheio 2: 50:50 (*G:O*); R3: Recheio 3 25:75 (*G:O*); R4: Recheio 4 0:100 (*G:O*). Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas ao longo do tempo dentro de uma mesma amostra ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras em um mesmo tempo de armazenamento ($p < 0,05$).

É possível observar que o aumento foi gradual nas amostras com maiores concentrações de organogéis predominante na formulação. É interessante notar que, embora a amostra R3 ainda contenha 25 % de gordura vegetal em sua formulação, ela apresentou maior picos de dureza do que a amostra R4, na primeira semana. No entanto, após 7 semanas de armazenamento, a dureza de R3 (12,85 N) tornou-se inferior à da R4 (17,15 N). Além disso, a R3 revelou-se o recheio menos espalhável após esse período (68,68 N.s), assim como o mais adesivo (14,76 N.s) e o mais pegajoso (3,47 N). Por outro lado, a amostra RC apresentou as características opostas sendo a menos dura (3,51 N), mais espalhável (20,25 N), além de menos pegajosa (1,45 N) e menos adesiva (4,71 N.s). Kim *et al.* (2022) e Palla *et al.* (2021) obtiveram recheios com organogéis com menor dureza que os comerciais, caracterizando como recheios mais macios, que podem ser mais agradáveis sensorialmente.

Tais propriedades observadas na amostra RC podem ser atribuídas às características da gordura utilizada, que contribui para uma textura mais macia, mas ainda com estrutura firme. A gordura também favorece a incorporação de ar, o que é esperado em recheios por influenciar positivamente na maciez. Kim *et al.* (2022) relataram recheios mais aerados em formulações com 100% de organogel o que pode justificar a dureza inferior encontrada nos recheios com organogel comparado aos comerciais. A diferença para este estudo pode estar relacionada à combinação de diferentes estruturantes, que ditam como o organogel vai

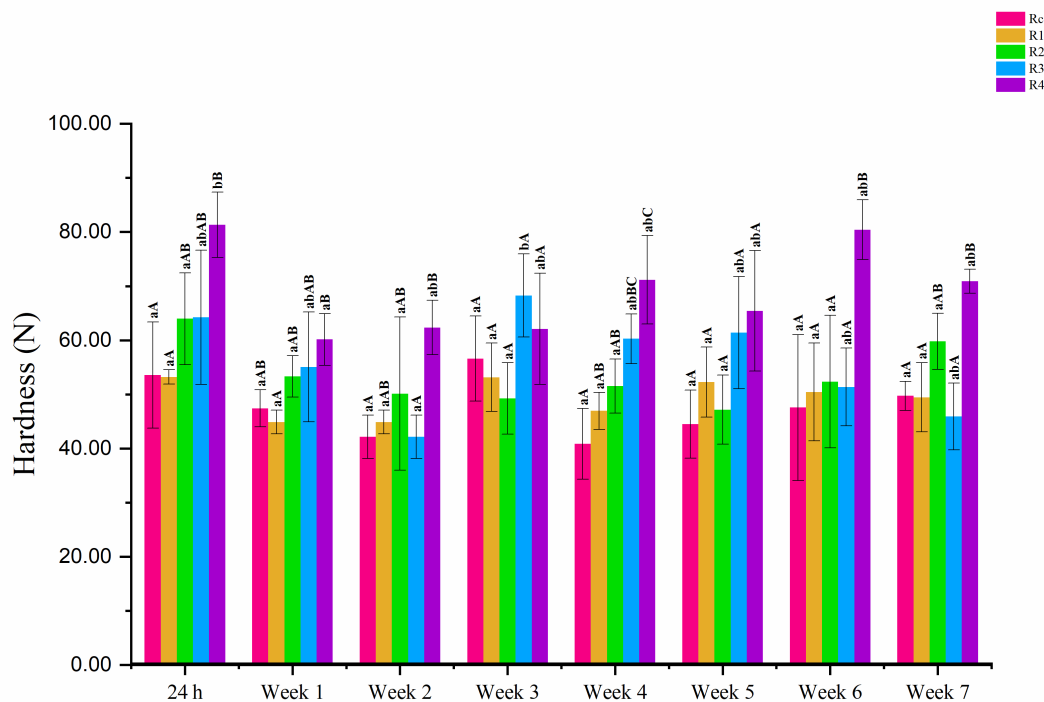
impactar nas propriedades mecânicas somado à fração orgânica escolhida. O óleo de girassol possui mais ácidos graxos insaturados, essa predominância de ácidos graxos dificultam a formação de uma estrutura capaz de aerar (Kim *et al.*, 2022).

Quanto a adesividade dos recheios, apesar da menor de diferença significativa durante as semanas, ainda sim é possível observar um padrão de valores maiores nos recheios com organogel. A adesividade é uma propriedade de valor para recheios aplicados a biscoitos recheados, seu aumento nos recheios com organogel representam que uma maior fração de açúcar foi lubrificada devido ao óleo líquido, o que gera esse aumento de adesão (Palla *et al.*, 2021). É possível notar também que a aplicação dos recheios nos biscoitos, como observado anteriormente, não foi significativamente ($p > 0,05$) afetada pelo tipo de formulação. Todas as amostras, em algum momento do armazenamento, apresentaram separação sem que o recheio permanecesse totalmente aderido a apenas um dos lados do biscoito, o que indica uma forte adesão entre o recheio e as superfícies do biscoito.

Quanto a aplicação do recheio na elaboração dos biscoitos recheados, foi analisado a propriedade de dureza durante as 7 semanas (Figura 6). É possível notar uma pequena diferença significativa na dureza dos biscoitos recheados, entretanto ainda sim é notável um comportamento limitante entre a RC e a R4 nas durezas dos biscoitos recheados, resultado esperado uma vez que o recheio RC se mostrou mais macio enquanto o R4 mais duro, já os recheios R1, R2 e R3, apresentaram resultados intermediários.

Figura 6 - Dureza dos biscoitos recheados

Dureza (N)



G:O – Proporção de gordura vegetal:organogel na fração lipídica; *RC*: Recheio Controle 100:0 (*G:O*); *R1*: Recheio 1 75:25 (*G:O*); *R2*: Recheio 2: 50:50 (*G:O*); *R3*: Recheio 3 25:75 (*G:O*); *R4*: Recheio 4 0:100 (*G:O*). Letras minúsculas indicam diferenças estatisticamente significativas ao longo do tempo dentro de uma mesma amostra ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras em um mesmo tempo de armazenamento ($p < 0,05$).

Os resultados sugerem que a substituição de gordura por organogel não são tão incisivos nas propriedades de dureza dos biscoitos recheados, mostrando que o produto não sofre com uma alteração de uma de suas principais propriedades. O que reforça essa discussão é o fato da migração de óleo anteriormente observada para o biscoito, deveria haver uma tendencia de amolecimento do biscoito e redução da dureza, entretanto a amostra R4, com maior liberação de óleo, demonstrou maior dureza, comportamento não esperado.

2.5. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que os organogéis enriquecidos com fitoesterol são alternativas viáveis para reduzir o teor de ácidos graxos saturados em recheios de biscoito, mantendo propriedades tecnológicas adequadas. As combinações de gordura vegetal e organogel apresentaram resultados satisfatórios quando aplicados em recheios. No entanto, a presença da gordura vegetal trouxe melhor resultados de estabilidade e estrutura ao sistema. Ainda assim, observou-se que os *blends* gordura vegetal/organogel exibiram comportamento

viscoelástico mais pronunciado, indicando que a interação entre as duas matrizes lipídicas favorece a formação de uma rede estrutural mais elástica do que aquela formada pelos componentes individuais. Quando aplicados em recheios, propriedades como atividade de água não foram afetadas pela redução da gordura vegetal, atendendo aos quesitos tecnológicos de estabilidade. No entanto, observou-se uma ligeira alteração na cor, caracterizada por escurecimento progressivo com o aumento da fração de organogel, sem prejuízo significativo às propriedades sensoriais. O recheio 100% organogel apresentou uma estrutura mais frágil, impactando sensorialmente com a aparição de manchas de óleo, além de alta liberação de óleo ser um sinônimo de mistura heterogênea, o que não é esperado em recheios. O recheio com 75% organogel e 25% gordura vegetal, apresentou resultados superiores de retenção de óleo em comparação ao recheio 100% gordura vegetal, observando-se um efeito sinérgico. Quanto as propriedades mecânicas a amostra R3 teve comportamento peculiar e com propriedades opostas aos do RC ao decorrer de 7 semanas. Na aplicação dos recheios aos biscoitos verificou-se que a dureza não foi influenciada pelos diferentes recheios, sendo está uma propriedade mais dependente dos biscoitos. Esse resultado é positivo do ponto de vista sensorial, pois sugere que a percepção de firmeza do produto permanece consistente independentemente da substituição lipídica, favorecendo sua aceitação pelo consumidor. Para futuros estudos é necessária uma melhor compreensão da reestruturação do organogel em matrizes complexas, o quanto outros componentes da matriz favorecem ou prejudicam os estruturantes a captar a fração lipídica, ainda é pouco claro essas interações.

2.6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Instrução Normativa n.º 75, de 08 out. 2020.** Dispõe sobre padrões de identidade e qualidade de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282565579>. Acesso em: 16 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020.** Dispõe sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 out. 2020. Seção 1, p. 75-83.

- AKAMINE, E. H.; ALVIM, I. D.; MIGUEL, A. M. R. O.; et al. Lipid composition and the physical and sensory characteristics of strawberry biscuit fillings. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, e2016120, 2018. doi:10.1590/19816723.12016
- ALEJANDRE, M.; ASTIASARÁN, I.; ANSORENA, D.; BARBUT, S. Using canola oil hydrogels and organogels to reduce saturated animal fat in meat batters. *Food Research International*, v. 122, p. 129–136, 2019. doi:10.1016/j.foodres.2019.03.056
- AREPALLY, D.; REDDY, R. S.; GOSWAMI, T. K. Biscuit baking: a review. *LWT – Food Science and Technology*, v. 131, 109726, 2020. doi:10.1016/j.lwt.2020.109726
- BARBOSACÁNOVAS, G. V.; FONTANA, A. J. Jr.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. (eds.). **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Wiley–Blackwell, Hoboken, 2020. doi:10.1002/9781118765982
- BARBUT, S.; TIENSA, B. E.; MARANGONI, A. G. Partial fat replacement in liver pâté using canola oil organogel. *LWT – Food Science and Technology*, v. 139, e110428, 2021. doi:10.1016/j.lwt.2020.110428
- BARROSO, N. G.; et al. Tailoring properties of mixed-component oleogels: wax and monoglyceride interactions towards flaxseed oil structuring. *Gels*, v. 6, n. 1, 5, 2020. doi:10.3390/gels6010005
- BRASIL. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 20172018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 2020. 135 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- BUITIMEACANTÚA, G. V.; SERNASALDÍVAR, S. O.; PÉREZCARRILLO, E.; et al. Effect of quality of carnauba wax (*Copernicia cerifera*) on microstructure, textural, and rheological properties of soybean oilbased organogels. *LWT – Food Science and Technology*, v. 136, Pt 1, e110267, 2021. doi:10.1016/j.lwt.2020.110267
- BUITIMEACANTÚA, N. E.; SERNASALDÍVAR, S. O.; PÉREZCARRILLO, E.; et al. Textural and rheological properties of soybean oil organogels structured with polyglycerol and propylene glycol esters during storage. *Grasas y Aceites*, v. 73, n. 1, e443, 2022. doi:10.3989/gya.1001202
- DIEL, M. I.; LÚCIO, A. D.; SCHMIDT, D.; et al. Relations between fruit chemical components of biquinho pepper cultivars in different crop seasons. *Food Research International*, v. 137, e109701, 2020. doi:10.1016/j.foodres.2020.109701

FAO. **Food energy - methods of analysis and conversion factors**. FAO Food and Nutrition Paper 77. Rome: FAO, 2003. ISBN 92-5-105014-7.

GANDRA, K. M. **Formulação de gorduras zero trans para recheio de biscoitos utilizando redes neurais**. 2011. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2011.784607>. Acesso em: 30 jun. 2024.

GODÓI, K. R.; BASSO, R. C.; MING, C. C. H.; et al. Physicochemical and rheological properties of soybean organogels: interactions between different structuring agents. *Food Research International*, v. 124, 108475, 2019. doi:10.1016/j.foodres.2019.05.023

GODÓI, K. R.; BASSO, R. C.; MING, C. C. H.; et al. Crystallization, microstructure and polymorphic properties of soybean oil organogels in a hybrid structuring system. *Food Research International*, v. 137, e109460, 2020. doi:10.1016/j.foodres.2020.109460

HASHEMI, B.; et al. Natural oleogelators for the formulation of oleogels by considering their rheological and textural perspective; a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 259, 129246, 2024. doi:10.1016/j.ijbiomac.2024.129246

HUGHES, N. E.; et al. Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, v. 20, n. 10, p. 470-480, 2009. doi:10.1016/j.tifs.2009.06.002

JIA, Y.; et al. Towards the development of novel bicomponent phytosterol-based oleogels with natural phenolics. *Food Chemistry*, v. 429, 136895, 2023. doi:10.1016/j.foodchem.2023.136895

KADHUM, A. A. H; SHAMMA, M. N. Edible lipids modification processes: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 57, n. 1, p. 48-58, 2017. doi:10.1080/10408398.2013.848834

KODALI, D. R. (ed.). **Trans fats replacement solutions**. AOCS Press, Urbana, 2014. doi:10.1016/C2015-0-02394-2

LEDESMA, N. E. A.; et al. Candelilla wax: Prospective suitable applications within the food field. *LWT – Food Science and Technology*, v. 159, 113170, 2022. doi:10.1016/j.lwt.2022.113170

LEE, H. J. et al. Quercetinloaded candelilla wax/sunflower oil oleogels: Structural, sensory, and storage properties, and application as fat replacer in emulsion-type sausage. *Food Chemistry*, v. 479, 1 Jul. 2025, 143847. doi:10.1016/j.foodchem.2025.143847

- MERT, B.; DEMIRKESEN, I. Evaluation of highly unsaturated oleogels as shortening replacer in a short dough product. *LWT*, v. 68, p. 477–484, 2016. doi:10.1016/j.lwt.2015.12.063
- MEZGER, T. G. **The rheology handbook**. 4. ed. Vincentz Network, Hannover, 2012. doi:10.1515/9783748600367
- MIELE, N.; DI MONACO, R.; MASI, P.; CAVELLA, S. Reduced-calorie filling cream: formula optimization and mechanical characterization. *Chemical Engineering Transactions*, v. 43, 2015. doi:10.3303/CET1543012
- MORDOR INTELLIGENCE. **Tamanho do mercado de biscoitos e análise de ações - tendências e previsões de crescimento (2024-2029)**. Relatório de Mercado de Biscoitos. 2024. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/biscuits-market>. Acesso em: 29 jun. 2024.
- OKURO, P. K.; GOMES, A.; CUNHA, R. L. Hybrid oil-in-water emulsions applying wax(lecithin)-based structured oils: tailoring interface properties. *Food Research International*, v. 138, 109798, 2020. doi:10.1016/j.foodres.2020.109798
- O’SULLIVAN, M. (org.). **Salt, fat and sugar reduction: sensory approaches for nutritional reformulation of foods and beverages**. Woodhead Publishing, Cambridge, 2020. ISBN 9780128197417
- PALLA, C. A.; WASINGER, M. F.; CARRÍN, M. E. Monoglyceride oleogels as fat replacers in filling creams for sandwich cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 101, n. 6, p. 2398–2405, 2021. doi:10.1002/jsfa.10863
- PANG, M.; et al. Potential functional oleogels based on phytosterol and diacylglycerol corn oil: Development and physicochemical characterization. *LWT – Food Science and Technology*, v. 198, 115987, 2024. doi:10.1016/j.lwt.2024.115987
- PARMAR, V.; et al. Recent advances in fabrication of food grade oleogels: structuring methods, functional properties and technical feasibility in food products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 16, p. 4687-4702, 2022. doi:10.1007/s11694-022-01538-4
- PINEDA, E. et al. Review: Effectiveness and policy implications of health taxes on foods high in fat, salt, and sugar. *Food Policy*, v. 123, fev. 2024, 102599. doi:10.1016/j.foodpol.2024.102599

REYNOLDS, A. N.; et al. **Saturated fat and trans-fat intakes and their replacement with other macronutrients: A systematic review and meta-analysis of prospective observational studies.** World Health Organization, 2023. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/366301/9789240061668-eng.pdf?sequence=1>.

Acesso em: 30 jun. 2024.

ROCHA, J. C. B.; LOPES, J. D.; MASCARENHAS, M. C. N.; et al. Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or candelilla wax in soybean oil. *Food Research International*, v. 50, n. 1, p. 318–323, 2013. doi:10.1016/j.foodres.2012.10.043

SENDA, M. V. G.; CONDINI, M. V.; SILVA, G. M.; et al. Brazilian frontofpackage labeling: a product compliance analysis 12 months after implementation of regulations. *Nutrients*, v. 16, n. 3, 343, 2024. doi:10.3390/nu16030343

SHAW, A. **Water activity and its role in food preservation.** UC Master Food Preserver Program, Univ. Calif. Agric. & Natural Resources, 2025. Disponível em: <https://ucanr.edu/program/uc-master-food-preserver-program/article/water-activity-and-its-role-food-preservation>. Acesso em: 18 jul. 2025.

SILVA, T. J.; et al. Organogels in low-fat and high-fat margarine: A study of physical properties and shelf life. *Food Research International*, v. 104, 110036, 2021. doi:10.1016/j.foodres.2020.110036

SILVA, T. L. T. da. **Development of fillings for cookies with reduced content of saturated fatty acids using organogel technology.** 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2018.1094589>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SILVA, T. L. T. da; ARELLANO, D. B.; MARTINI, S. Interactions between candelilla wax and saturated triacylglycerols in oleogels. *Food Research International*, v. 121, p. 936-941, 2019. doi:10.1016/j.foodres.2019.01.018

SILVA, T. L. T. da; FERNANDES, G. D.; ARELLANO, D. B. Development of reduced saturated fat cookie fillings using multicomponent oleogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 98, n. 10, p. 1135–1148, 2021. doi:10.1002/aocs.12527

TORRES, M. A.; BEPPU, M. M.; ARRIUDA, E. J. Viscous and viscoelastic properties of chitosan solutions and gels. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 9, n. 2, p. 101108, jun. 2006.

WANG, Y.; LIU, S.; ZHANG, L.; et al. Formation, characterization, and application of natural bioactive phytosterolbased oleogels: a review. *Food Chemistry*, v. 454, e139821, 2024. doi:10.1016/j.foodchem.2024.139821

WANG, Y.; LIU, S.; ZHANG, L. et al. Rheological and functional properties of HGbased oleogels: effect of concentration. *Food Hydrocolloids*, v. 136, 2022, 107972. doi:10.1016/j.foodhyd.2022.107972

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO updates guidelines on fats and carbohydrates**. WHO, 17 jul. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/17-07-2023-who-updates-guidelines-on-fats-and-carbohydrates>. Acesso em: 6 jun. 2024.

YANG, S.; et al. Functional characteristics of oleogel prepared from sunflower oil with β -sitosterol and stearic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 94, n. 9, p. 1153-1164, 2017. doi:10.1007/s11746-017-3026-7

ZANDONÁ, L. R. **Produção de biscoitos recheados com formação de organogel na base gordurosa**. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.9.2021.tde-20122021-124136>. Acesso em: 8 jun. 2024.

ZHANG, Y.; XU, J.; TANG, C.; LI, Y. Crystallization behavior and physical properties of monoglyceridesbased oleogels as function of oleogelator concentration. *Foods*, v. 12, 2023, 345. doi:10.3390/foods12020345

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por alternativas às gorduras saturadas e *trans* tem se intensificado, impulsionada tanto pelas demandas dos consumidores quanto pelas recomendações de órgãos reguladores de saúde. Nesse cenário, a indústria alimentícia tem direcionado esforços para identificar substitutos lipídicos capazes de preservar as propriedades tecnológicas dos alimentos sem comprometer sua qualidade sensorial ou funcional. Os organogéis desenvolvidos nesse estudo surgem como uma estratégia promissora, permitindo o

desenvolvimento de recheios estáveis, com menor teor de saturados e potencial funcional agregado por fitoesteróis.

Um dos principais desafios, entretanto, reside na compreensão de como esses sistemas estruturados se comportam quando incorporados a matrizes complexas, como os biscoitos. É fundamental garantir que os organogéis mantenham integridade estrutural, compatibilidade com os demais ingredientes e estabilidade durante o armazenamento, evitando separação de fases ou alterações indesejáveis na textura. Ainda assim, os avanços obtidos indicam que é possível produzir biscoitos recheados com perfil lipídico aprimorado e benefícios adicionais associados aos fitoesteróis, oferecendo ao mercado produtos mais saudáveis e alinhados às expectativas de consumidores atentos à qualidade nutricional.

4. REFERÊNCIAS

- AREPALLY, D.; et al. **Biscuit baking: a review**. *LWT – Food Science and Technology*, v. 131, 109726, 2020. doi:10.1016/j.lwt.2020.109726.
- CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. (ed.). **Encyclopedia of food and health**. v. 5. [S. l.]: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-12-384947-2.
- CHAVES, K. F.; BARRERA-ARELLANO, D.; RIBEIRO, A. P. B. **Potential application of lipid organogels for food industry**. *Food Research International*, v. 105, p. 863–872, 2018. doi:10.1016/j.foodres.2017.12.056.
- CO, E. D.; MARANGONI, A. G. **Organogels: an alternative edible oil-structuring method**. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 89, n. 5, p. 749–780, 2012. doi:10.1007/s11746-012-2049-3.
- DEMIRCI, M.; et al. **Oleogels for food applications**. In: OZTURK, M.; BASARAN, K. (ed.). *Biopolymer-based formulations: biomedical and food applications*. [S. l.]: Elsevier, 2020. Cap. 31, p. 649–665. Disponível em: <https://openaccess.izu.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12436/1883>. Acesso em: 30 nov. 2025.
- DHÁKA, V.; et al. **Trans fats: sources, health risks and alternative approach – a review**. *Journal of Food Science and Technology*, v. 48, p. 534–541, 2011. doi:10.1007/s13197-010-0225-8.
- GUO, J.; CUI, L.; MENG, Z. **Oleogels/emulsion gels as novel saturated fat replacers in meat products: a review**. *Food Hydrocolloids*, v. 137, 2022. doi:10.1016/j.afres.2022.100212.

- IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017–2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 124 p. ISBN 978-65-87201-15-3. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- KODALI, D. R. **Trans fats: health, chemistry, functionality, and potential replacement solutions**. In: KODALI, D. R. (ed.). *Trans Fats Replacement Solutions*. Urbana: AOCS Press, 2014. p. 1–40. doi:10.1016/B978-0-9830791-5-6.50006-X.
- LAVRADOR, M. S. F.; et al. **Interesterified fats induce deleterious effects on adipose tissue and liver in LDLr-KO mice**. *Nutrients*, v. 11, 2019. doi:10.3390/nu11020466.
- LIMA, J. F. F. **Aplicação e definição de metodologias para melhoria contínua no processo de produção na área das margarinas**. 2015. 153 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/23799>. Acesso em: 17 jul. 2023.
- MANZOOR, S.; et al. **Oleogels in food: a review of current and potential applications**. *Food Hydrocolloids for Health*, v. 2, 2022. doi:10.3390/foods9010070.
- MARTIN, C. A.; et al. **Trans fatty acid-forming processes in foods: a review**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 79, n. 2, p. 343–350, 2007. doi:10.1590/S0001-37652007000200015.
- MENTA, P. L. R.; et al. **Interesterified palm oil increases intestinal permeability, promotes bacterial translocation, alters inflammatory parameters and tight-junction protein gene expression in Swiss mice**. *Food Research International*, v. 151, 2021. doi:10.1016/j.foodres.2021.110897.
- O’SULLIVAN, M. G. **Salt, fat and sugar reduction: sensory approaches for nutritional reformulation of foods and beverages**. [S. l.]: [s. n.], 2020. ISBN 978-0-12-822612-4.
- PALLA, C. A.; WASINGER, M. F.; CARRÍN, M. E. **Monoglyceride oleogels as fat replacers in filling creams for sandwich cookies**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 101, n. 6, p. 2398–2405, 2021. doi:10.1002/jsfa.10863.
- SAVVA, S. C.; KAFATOS, A. **Vegetable oils: dietary importance**. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. (ed.). *Encyclopedia of food and health*. [S. l.]: Elsevier, 2016. p. 365–372.

SENDA, M. V. G.; CONDINI, M. V.; SILVA, G. M.; et al. **Brazilian front-of-package labeling: a product compliance analysis 12 months after implementation of regulations.** *Nutrients*, v. 16, n. 3, p. 343, 2024. doi:10.3390/nu16030343.

SILVA, T. J.; et al. **Organogels in low-fat and high-fat margarine: a study of physical properties and shelf life.** *Food Research International*, 2021. doi:10.1016/j.foodres.2020.110036.

TALBOT, G. (ed.). **Specialty oils and fats in food and nutrition: properties, processing and applications.** [S. l.]: Elsevier, 2015. ISBN 978-1-78242-397-3.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **REPLACE trans fat: an action package to eliminate industrially produced trans-fatty acids.** Geneva: World Health Organization, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021105>. Acesso em: 25 maio 2023.