

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

Ruthe Guimarães Oliveira

**APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS COMO SUBSTITUTOS DE
GORDURA EM ALIMENTOS: Uma revisão narrativa**

**RECIFE
2024**

RUTHE GUIMARÃES OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS COMO SUBSTITUTOS DE
GORDURA EM ALIMENTOS: Uma revisão narrativa**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Nutrição da
Universidade Federal de Pernambuco
como requisito para obtenção de grau
de Nutricionista.

Área de concentração: Saúde

Orientadora: Karina Correia da Silveira
Coorientadora: Elisandra Cibely Cabral de Melo

**RECIFE
2024**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Oliveira, Ruthe Guimarães.

Aplicação de polissacarídeos como substitutos de gordura em alimentos: uma
revisão narrativa / Ruthe Guimarães Oliveira. - Recife, 2024.

47 p. : il., tab.

Orientador(a): Karina Correia da Silveira

Coorientador(a): Elisandra Cibely Cabral de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Nutrição - Bacharelado, 2024.

Inclui referências.

1. biopolímeros. 2. géis. 3. melhoria nutricional. 4. indústria alimentícia. I.
Silveira, Karina Correia da. (Orientação). II. Melo, Elisandra Cibely Cabral de.
(Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

RUTHE GUIMARÃES OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS COMO SUBSTITUTOS DE
GORDURA EM ALIMENTOS: Uma revisão narrativa**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Nutrição da
Universidade Federal de Pernambuco
como requisito para obtenção de grau
de Nutricionista.

Área de concentração: Saúde

Aprovado em: 29/ 10/ 2024.

BANCA EXAMINADORA

Ma. Elisandra Cibely Cabral de Melo (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Silvana Magalhães Salgado
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Ruth Cavalcanti Guilherme
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder esta conquista e por ter me guiado até aqui. Agradeço aos meus pais, pelo apoio e compreensão ao longo desses anos, e aos meus irmãos, Rayana e Davi, pela companhia e ajuda constantes.

Sou grata também às minhas amigas Poliana, Mirella, Tamires, Emylle, Priscila, Juliana, Ingrid, Gerlane e Leia, que estiveram presentes em cada etapa e tornaram os dias de graduação mais leves.

Um agradecimento especial a todos do Labiotec, pelo ensino, paciência e pela oportunidade de aprender com cada um de vocês.

À minha orientadora, Karina Correia, e coorientadora, Elisandra Cabral, minha gratidão por cada conselho, direcionamento e pela dedicação.

Agradeço também às professoras Silvana Salgado e Ruth Guilherme por aceitarem compor minha banca de defesa.

A todos os professores do Departamento de Nutrição, pelo ensino, inspiração e comprometimento. Muito obrigada!

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram com este projeto. Cada incentivo, apoio e encorajamento foram essenciais para que este trabalho fosse finalizado.

A todos, minha sincera gratidão!

RESUMO

O consumo excessivo de gorduras trans e saturadas está associado ao aumento de riscos de doenças crônicas e maior mortalidade, levando à busca por alternativas de produtos mais saudáveis para a alimentação. Neste contexto, os polissacarídeos, macromoléculas orgânicas com baixa toxicidade, alta biocompatibilidade e propriedades emulsificantes e gelificantes, têm sido estudados como potenciais substitutos de gordura, devido à sua capacidade de mimetizar suas propriedades texturais. Além disso, possuem importantes benefícios fisiológicos, como efeito gastroprotetor, modulação da microbiota intestinal, atividade prebiótica, prevenção do câncer e alteração do metabolismo de lipídios e da glicose, contribuindo para o controle do colesterol e da diabetes. O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa que tem como objetivo avaliar o uso de polissacarídeos como substitutos de gordura na indústria alimentícia. Para isso, foi realizada uma busca ativa por artigos publicados entre 2014 e 2024 que abordassem pesquisas com produtos alimentícios desenvolvidos a partir da substituição de gorduras por polissacarídeos. Essa revisão é composta por 20 artigos que analisaram salsichas, patês carne de hambúrguer, iogurtes, sorvetes, cream cheese, bolos, muffins e biscoitos, desenvolvidos com diferentes exemplos de polissacarídeos como substitutos de gordura, bem como suas formas de aplicação e seus efeitos nas propriedades físicas e sensoriais dos produtos resultantes. Pode concluir-se que os biopolímeros mais empregados nestes trabalhos foram celulose, inulina e carragenina, aplicados principalmente na forma de géis, géis de emulsão, ou em pó. Em termos de características físicas, de forma geral, a substituição resultou em maior umidade, alterações na cor do produto e mudanças nas propriedades texturais. Observou-se aumento da dureza, viscosidade e mastigabilidade em produtos lácteos e de panificação, enquanto esses atributos diminuíram em produtos cárneos. Substituições parciais da gordura foram as mais bem aceitas pelos consumidores. Conforme esperado, essa substituição oferece benefícios ao perfil nutricional, promovendo a redução do valor calórico e do teor total de lipídios.

Palavras-chave: biopolímeros; géis; melhoria nutricional; indústria alimentícia.

ABSTRACT

The excessive consumption of trans and saturated fats is associated with an increased risk of chronic diseases and higher mortality, leading to a search for healthier food alternatives. As a consequence, polysaccharides, organic macromolecules with low toxicity, high biocompatibility, and emulsifying and gelling properties, have been studied as potential fat substitutes, as they have the ability to mimic their textural properties. Moreover, they offer significant physiological advantages, including gastroprotection, modulation of the gut microbiota, prebiotic effects, cancer prevention, and alterations in lipid and glucose metabolism, helping to manage cholesterol and diabetes. The present study is a narrative literature review aimed at evaluating the use of polysaccharides as fat substitutes in the food industry. To this end, an active search was conducted for articles published between 2014 and 2024 that addressed research on food products developed from the substitution of fats with polysaccharides. This review consists of 20 articles that studied sausages, pâtés, hamburgers, yogurts, ice creams, cream cheese, cakes, muffins, and biscuits, developed with different examples of polysaccharides as fat substitutes, as well as their forms of application and their effects on the physical and sensory properties of the resulting products. It can be concluded that the biopolymers most used in these studies were cellulose, inulin, and carrageenan, applied mainly in the form of gels, emulsion gels, or powder. In terms of physical characteristics, in general, the substitution resulted in higher moisture content, changes in product color, and changes in textural properties. There was an increase in hardness, viscosity, and chewiness in dairy and bakery products, while these attributes decreased in meat products. Partial substitutions of fat were the most well accepted by consumers. As expected, this substitution offers benefits to the nutritional profile, promoting the reduction of caloric value and total lipid content.

Keywords: biopolymers; gels; nutritional improvement; food industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Representação da estrutura química da inulina.	13
Figura 2-	Representação da estrutura química do ágar.	14
Figura 3-	Representação da estrutura química da k-carragenina.	14
Figura 4-	Representação da estrutura química da celulose.	15
Figura 5-	Representação da estrutura química da succinil quitosana.	16
Figura 6-	Representação da estrutura química de β -glucano.	16
Figura 7-	Representação da estrutura química da goma guar.	17
Figura 8-	Representação da estrutura química da goma xantana.	17
Figura 9-	Representação da estrutura química da polidextrose.	18
Figura 10-	Representação da estrutura química da pectina.	19
Figura 11-	Óleo de canola estruturado em oleogel utilizando hidroxipropilmetilcelulose.	20
Figura 12-	Géis de emulsão utilizando celulose e diferentes proporções de óleo de semente de girassol	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Artigos selecionados no levantamento bibliográfico sobre o uso de polissacarídeos como substitutos de gorduras no período de 2014 a 2024.	24
Tabela 2-	Alterações físicas e nutricionais nos produtos cárneos com substituição de gordura por polissacarídeos.	32
Tabela 3-	Alterações físicas e nutricionais nos produtos lácteos com substituição de gordura por polissacarídeos.	35
Tabela 4-	Alterações físicas e nutricionais nos produtos de panificação com substituição de gordura por polissacarídeos.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	POLISSACARÍDEOS	12
2.2	POLISSACARÍDEOS COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA	12
2.3	FORMAS DE APLICAÇÃO	19
3	OBJETIVOS	22
3.1	OBJETIVO GERAL	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4	METODOLOGIA	23
5	RESULTADOS	24
6	DISCUSSÃO	28
6.1	SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA	28
6.1.1	<i>Produtos cárneos</i>	<i>28</i>
6.1.2	<i>Produtos lácteos</i>	<i>32</i>
6.1.3	<i>Produtos de panificação</i>	<i>35</i>
7	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O consumo excessivo de gorduras trans e saturadas na dieta pode trazer prejuízos à saúde, uma vez que está associado a um maior risco de doenças crônicas não transmissíveis, mortalidade, doenças cardiovasculares e câncer (Kim, Je e Giovannucci, 2021). Por esse motivo, tem crescido a procura por alternativas mais saudáveis para substituir, total ou parcialmente, estas gorduras em alimentos, sem comprometer significativamente suas características organolépticas (Fontes-Candia *et al*, 2023; Latoch, Glibowski e Libera, 2016; Patel, Nicholson e Marangoni, 2020).

No entanto, essa substituição representa um desafio, visto que as gorduras possuem papel importante nas características sensoriais dos alimentos, como textura, sabor, cremosidade e aparência, e a sua exclusão pode causar efeitos indesejáveis (Atamian *et al.*, 2014; Chen *et al*, 2020; Méndez-Zamora *et al*, 2015; Wang *et al*, 2023). Levando estes fatores em consideração, os polissacarídeos são compostos naturais cada vez mais estudados nos últimos anos, dada a sua capacidade para mimetizar algumas características das gorduras, conferindo propriedades físicas e sensoriais semelhantes (Aggarwal, Sabikhi e Kumar, 2016; Chen *et al*, 2020; Song *et al* 2022).

Os polissacarídeos são macromoléculas orgânicas formadas por mais de dez monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas. Caracterizam-se por alta biodegradabilidade e biocompatibilidade e ausência de toxicidade (Castañeda-Ovando *et al.*, 2020; Cui & Zhu, 2021; Xie *et al.*, 2016). Eles são encontrados em plantas, microrganismos e animais, sendo as plantas as fontes de qualidade alimentar mais abundantes destes compostos (Shao *et al*, 2020; Wang *et al*, 2019; Yang *et al.*, 2015). Além disso, eles são diversos, podendo variar na composição dos monossacarídeos, tipo de ligação, conformação e peso molecular (Lovegrove *et al.*, 2017; Shao *et al*, 2020; Wang *et al*, 2019).

Essas macromoléculas encontram diversas aplicações na indústria alimentícia, atuando como aditivos naturais versáteis. Alguns estudos descrevem sua aplicação na indústria para espessar, modificar a textura e a viscosidade, reter água, estabilizar e emulsificar alimentos (Habibi e Khosravi-Darani, 2017; Petri, 2015; Venugopal, 2019; Wang *et al.*, 2023). Além disso, essas moléculas contribuem

para melhorar o perfil nutricional dos produtos, aumentando o conteúdo de fibras, proporcionando uma sensação de saciedade (Venugopal, 2019).

A utilização dos polissacarídeos como substitutos de gordura, engloba diferentes metodologias. Alguns trabalhos descreveram a utilização destes biopolímeros diretamente na formulação de produtos alimentícios ou com uma solução de polissacarídeo e água (Latoch, Glibowski e Libera, 2016; Longoria-García *et al*, 2020; Song *et al*, 2022). Ou ainda em géis de emulsões ou oleogéis, geralmente para simular as gorduras sólidas, para isso utilizam como fase oleosa algum tipo de óleo vegetal, que sendo fonte de lipídios insaturados, pode melhorar o perfil lipídico do produto final (Fontes-Candia *et al*, 2023; Li *et al*, 2022; Oh *et al.*, 2019; Sereti *et al*, 2023a; Wang *et al.*, 2018).

Assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão narrativa da literatura científica sobre a formulação de produtos a partir de polissacarídeos como substitutos de gordura na indústria alimentícia. A análise foi baseada na avaliação da contribuição dos polissacarídeos para a melhoria do perfil nutricional dos produtos alimentícios, reduzindo o teor de gordura e o valor calórico, sem comprometer as características sensoriais e a aceitação do consumidor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 POLISSACARÍDEOS

Os polissacarídeos são os polímeros macromoleculares naturais mais abundantes que existem na natureza (Darge *et al.*, 2019). Podem ser classificados com base na composição química, como homopolissacarídeos (homoglicanos) e heteropolissacarídeos (heteroglicanos). Os homoglicanos são formados por um único tipo de monossacarídeo, como glicogênio e celulose, que consistem em moléculas de glicose, enquanto os heteroglicanos são compostos de diferentes tipos de monossacarídeos, como a heparina (Ullah *et al.*, 2019).

Eles podem ser obtidos a partir de animais, plantas, bactérias, líquens, fungos e algas. São compostos que possuem diversas funcionalidades e aplicações, além de bioatividades importantes como atividade imunomoduladora, antidiabética e prebiótica, e têm sido investigados para o desenvolvimento de novos produtos nas áreas de cosméticos, medicamentos, petroquímicos e alimentos (Chen *et al.*, 2019; Ullah *et al.*, 2019).

Devido às suas propriedades, os polissacarídeos desempenham diversas funções na indústria alimentícia, atuando como espessantes, gelificantes, umectantes, edulcorantes e estabilizantes, essas substâncias são capazes de conferir aos produtos alimentícios uma textura mais agradável e uma maior estabilidade durante o armazenamento, além de contribuir para a melhoria do teor de fibras dos alimentos (Venugopal, 2019; Wang *et al.*, 2023).

2.2 POLISSACARÍDEOS COMO SUBSTITUTOS DE GORDURA

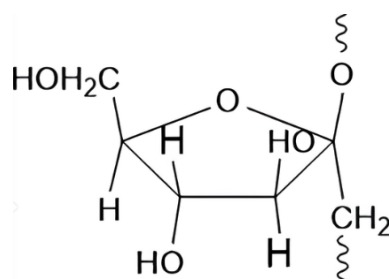
Entre as aplicações dos polissacarídeos na indústria alimentícia, destaca-se a capacidade de mimetizar gorduras, permitindo a produção de produtos alimentícios com teor reduzido de gorduras saturadas e qualidade sensorial semelhante (Huang *et al.*, 2024). Isso é possível porque esses compostos conseguem simular características desejáveis normalmente proporcionadas pelas gorduras em alimentos, como modificação de textura, lubrificação, retenção/liberação de sabor e dispersão de luz (Wang *et al.*, 2023).

Entre os polissacarídeos utilizados na indústria alimentícia para substituir gorduras, estão inulina, ágar, κ-carragenina, celulosas, succinil quitosana,

β -glucanos, goma guar, goma xantana, polidextrose e pectina (Fontes-Candia *et al.*, 2023; Gao *et al.*, 2023; Longoria-García *et al.*, 2020; Nasonova e Tunieva, 2019; Ningtyas *et al.*, 2018; Méndez-Zamora *et al.*, 2015; Rios *et al.*, 2018; Samakradhamrongthai *et al.*, 2022).

A inulina (Figura 1) é um polissacarídeo do grupo dos frutanos, formado principalmente por frutose e geralmente terminando com uma molécula de glicose (Teferra, 2021). Ela é aplicada em alimentos com diversas funções, como modificação de textura, ação prebiótica, substituição de açúcar e/ou agente de volume para adoçantes intensos, além de substituição de gordura (Huang *et al.*, 2024; Saeed *et al.*, 2015). As funções deste polissacarídeo estão relacionadas ao seu peso molecular: inulinas de baixo peso molecular (frutooligossacarídeos) são conhecidas por sua excelente solubilidade e grau de dulçor comparado à glicose, podendo ser utilizadas como substitutos de açúcar, enquanto inulinas de maior peso molecular não apresentam sabor ou dulçor e têm solubilidade limitada, mas conferem uma sensação suave na boca, tornando-se importantes substitutos de gordura (Saeed *et al.*, 2015).

Figura 1: Representação da estrutura química da inulina.

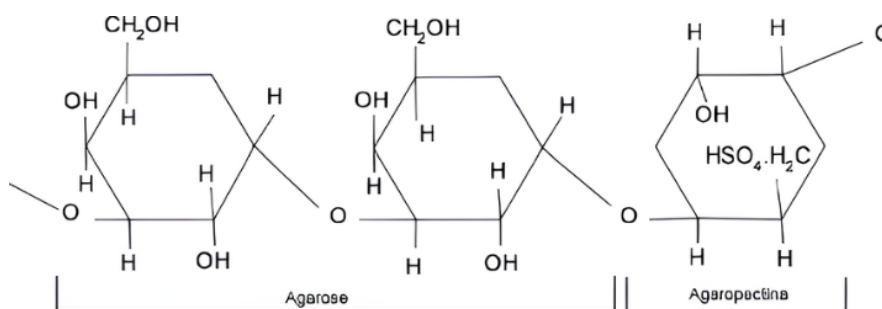


Fonte: Adaptado de Afinjuomo *et al.*, 2020.

O ágar (Figura 2) é um polissacarídeo encontrado em algumas espécies de algas vermelhas, constituindo o principal componente estrutural da parede celular dessas algas (Martínez-Sanz, Martínez-Abad e López-Rubio, 2019). É formado por agarose, composta por unidades repetidas de agarobiose, o qual contém resíduos de galactose, e agarpectina, menor fração do ágar (Pandya *et al.*, 2022). Além disso, é amplamente utilizado em aplicações microbiológicas, no desenvolvimento

de materiais de embalagens biodegradáveis e na indústria alimentícia (Martínez-Sanz, Martínez-Abad e López-Rubio, 2019). Suas propriedades texturizantes e capacidade de formar géis de emulsão permitem sua aplicação como substituto de gordura (Fontes-Candia *et al.*, 2023).

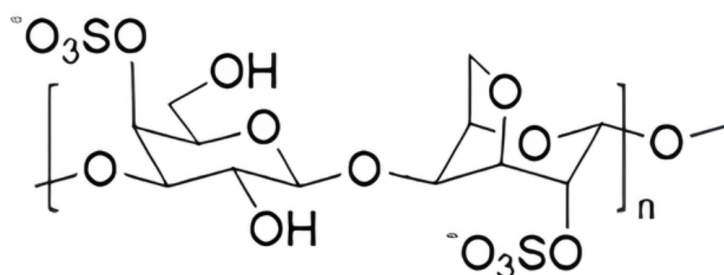
Figura 2: Representação da estrutura química do ágar.



Fonte: Alves A.W.S, 2016.

A κ-carragenina (Figura 3) é um polissacarídeo também extraído de algas vermelhas, composta pela alternância de unidades de dissacarídeos de β-D-galactose-4-sulfato e 3,6-anhidro-α-D-galactose. É comumente utilizada como agente gelificante, espessante e estabilizador. Além de formar hidrogéis e géis de emulsão, o que a torna capaz de ser aplicada como substituto de gordura (Fontes-Candia *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2024; Schelover *et al.*, 2017).

Figura 3: Representação da estrutura química da k-carragenina.



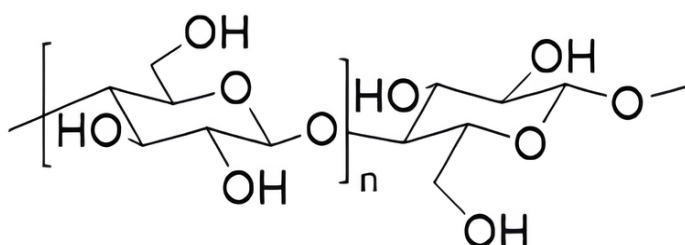
Fonte: Adaptado de Beaumont *et al.*, 2021.

A celulose (Figura 4) é o principal polissacarídeo estrutural da parede celular vegetal, é classificada como um homopolímero, pois é formada apenas por moléculas de β-1,4-glicose (Beeson *et al.*, 2015). Existem ainda derivações deste polissacarídeos, como a celulose microcristalina, obtida por processos químicos e mecânicos. Formada por partículas de celulose e carboximetilcelulose, é muito

utilizada para produzir emulsões de baixa caloria. É capaz de produzir um gel em soluções aquosas que imita as características físicas da gordura (Zbikowska, Kowalska e Pieniowska, 2018). Semelhantemente, a hidroxipropilmetilcelulose é um polímero sintético derivado da celulose, amplamente utilizado em diversas indústrias, inclusive na alimentícia, devido às suas propriedades, como solubilidade em água, capacidade de espessamento, estabilidade térmica e biocompatibilidade (Oh *et al.*, 2019).

A celulose bacteriana, por sua vez, possui origem biológica, é sintetizada por microrganismos através de um processo fermentativo. Suas nanofibras, com diâmetro entre 20 e 100 nm (Shu *et al.*, 2020), conferem ao material propriedades excepcionais como biocompatibilidade e biodegradabilidade que aliadas à alta capacidade de retenção de água, propriedades reológicas, suspensão, espessamento, estabilização, volume e fluidez, tornam a celulose bacteriana um biopolímero de grande interesse para as indústrias de medicamentos, cosméticos, ambiental, moda e alimentícia (Da Rosa Almeida *et al.*, 2024; Lin *et al.*, 2020).

Figura 4: Representação da estrutura química da celulose.

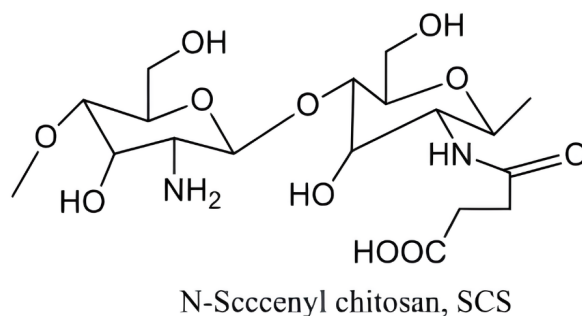


Fonte: Adaptado de Beaumont *et al.*, 2021.

A succinil quitosana (Figura 5) é obtida por meio da modificação química da quitosana (Li *et al.*, 2020; Palacio *et al.*, 2020), através da inclusão de grupos succinil no N-terminal das unidades de glucosamina da quitosana, a qual é composta por unidades de glucosamina e N-acetil glucosamina ligadas por ligações glicosídicas 1-4 (Kamoun, 2016). É um polissacarídeo solúvel em água e em meios ácidos e alcalinos, apresentando alta capacidade de retenção de água, forte atividade antioxidante e atividade inibitória da apoptose, entre outras características que aliadas à biocompatibilidade e biodegradabilidade tornam a succinil quitosana

um polímero promissor para a aplicação na indústria biomédica e alimentícia (Palacio *et al.*, 2020; Rios *et al.*, 2018).

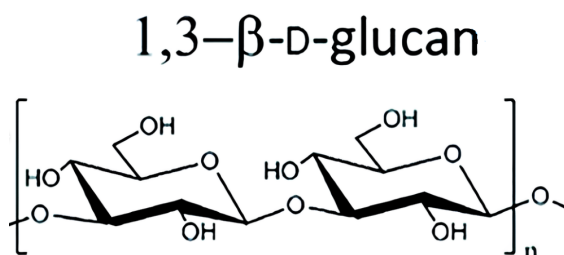
Figura 5: Representação da estrutura química da succinil quitosana.



Fonte: Adaptado de Kamoun, 2016.

Os β -glucanos (Figura 6) são uma classe de polissacarídeos formados por moléculas de D-glicose que são polimerizadas principalmente por meio das ligações glicosídicas β -1,3, β -1,4 e/ou β -1,6 (Nakashima *et al.*, 2018). São encontrados em alimentos como cogumelos, aveia, cevada, leveduras, bactérias e algas (Murphy *et al.*, 2020). Além disso, são muito utilizados na indústria alimentícia pelas suas propriedades sensoriais, reológicas, texturais e de viscosidade (Kaur *et al.*, 2019).

Figura 6: Representação química de β -glucano.

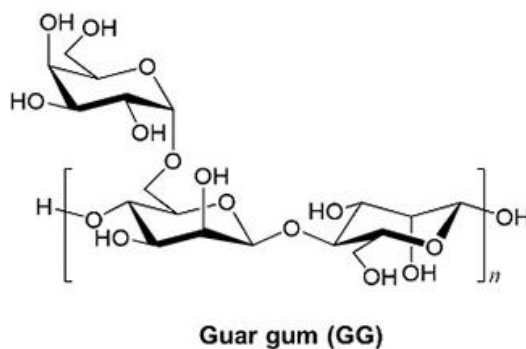


Fonte: Adaptado de Ge *et al.*, 2019.

A goma guar (Figura 7) é um polissacarídeo formado por moléculas de manose unidas entre si por ligações glicosídicas β -1,4, e uma parte ramificada com uma molécula de D-galactose unida à cadeia linear por uma ligação β -1,6 a cada duas unidades de manose (Castañeda-Ovando *et al.*, 2020). É extraída das sementes da planta *Cyamopsis tetragonoloba*, pertencente à família das leguminosas (Oliveira *et al.*, 2015). Possui amplas aplicações industriais devido à

sua capacidade de formar pontes de hidrogênio com a água, o que permite a formação de hidrogéis (Mudgil, Barak e Khatkar, 2014).

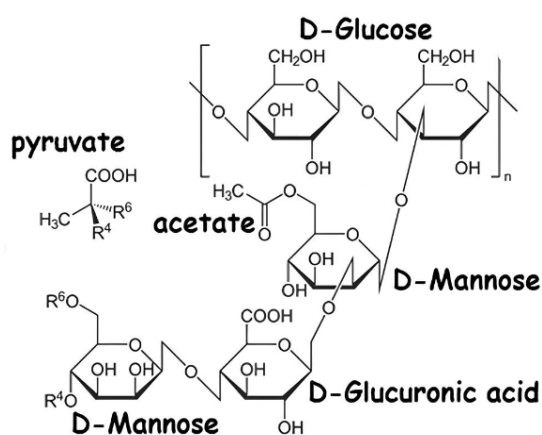
Figura 7: Representação química da goma guar.



Fonte: Adaptado de Santoso *et al.*, 2021.

A goma xantana (Figura 8), polissacarídeo produzido por espécies de bactérias do gênero *Xanthomonas*, é solúvel em água e apresenta estabilidade em relação à variação de temperatura, pH e força iônica (Leite *et al.*, 2015). Possui uma estrutura complexa, em que a cadeia principal é composta por de β -D-glicose, associada a moléculas de manose, piruvato acetato e ácido glicurônico (Habibi e Khosravi-Darani, 2017). Tem sido amplamente aplicada na indústria alimentícia por suas propriedades espessantes, estabilizante, alta viscosidade e de pseudoplasticidade (Habibi e Khosravi-Darani, 2017; Petri, 2015).

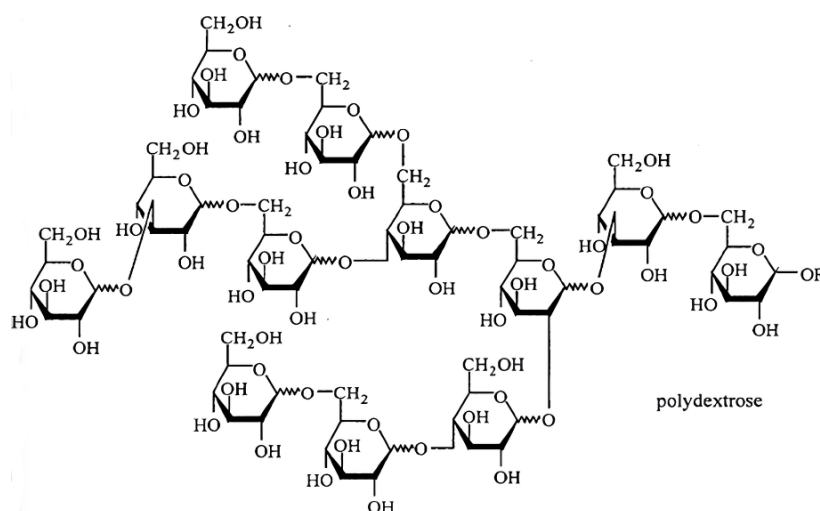
Figura 8: Representação da estrutura química da goma xantana.



Fonte: Adaptado de Elella *et al.*, 2021.

A polidextrose (Figura 9) é um polissacarídeo sintético produzido pela policondensação da glicose (Wang, Shi, e Le, 2014; Gałkowska *et al.*, 2020). É formada por polímeros de glicose de alto e baixo peso molecular conectados aleatoriamente por diferentes tipos de ligações glicosídicas (Gałkowska *et al.*, 2020). Possui boa solubilidade em água e estabilidade, e é amplamente utilizada como umectante, estabilizante, espessante, e como substituto de açúcar ou gordura (Wang, Shi, e Le, 2014; Gałkowska *et al.*, 2020; Samakradhamrongthai *et al.*, 2022).

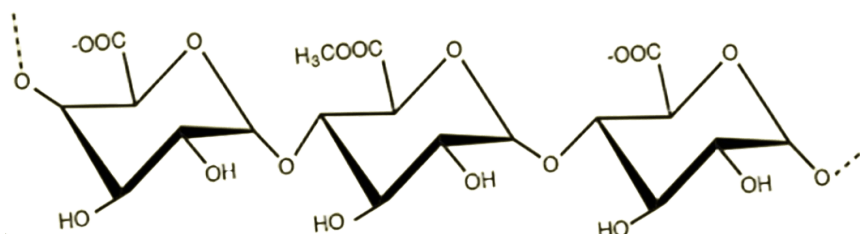
Figura 9: Representação da estrutura química da polidextrose.



Fonte: Adaptado de Veena, Nath e Arora, 2016.

A pectina (Figura 10) é um polissacarídeo encontrado na parede celular de plantas e frutas (Valdés *et al.*, 2015; Wicker *et al.*, 2014). Sua estrutura consiste em moléculas de ácido (1 $\rightarrow$ 4)- α -D-galacturônico ligadas a um pequeno número de resíduos de ramnose na cadeia principal e arabinose, galactose e xilose nas cadeias laterais (Kohli e Gupta, 2015). É amplamente utilizada nas indústrias farmacêutica, de cosméticos e alimentícia, devido às suas propriedades de gelificação, emulsificação, glaceamento, estabilização e/ou espessamento (Denman e Morris, 2015; Valdés *et al.*, 2015).

Figura 10: Representação da estrutura química da pectina.



Fonte: Adaptado de Veisi *et al.*, 2019.

Esses polissacarídeos, além de exercerem atividades tecnológicas, possuem efeitos fisiológicos benéficos ao organismo. Apresentam importantes efeitos metabólicos e gastrointestinais, como a gastroproteção, modulação da microbiota intestinal e atividade preventiva do câncer (Mudgil, Barak e Khatkar, 2014; Murphy *et al.*, 2020; Pinto, 2019; Wicker *et al.*, 2014; Zdunek, Pieczywek e Cybulska, 2021). Além disso, não são digeridos pelas enzimas endógenas e possuem atividade prebiótica, sendo apenas parcialmente metabolizados pela microbiota do intestino grosso, liberando ácidos graxos de cadeia curta, que são posteriormente absorvidas e exercem efeitos no metabolismo lipídico e glicídico, o que contribui para o controle da diabetes e do colesterol (Gałkowska *et al.*, 2020; Konar *et al.*, 2014; Magro *et al.*, 2014; Murphy *et al.*, 2020; Olli *et al.*, 2016).

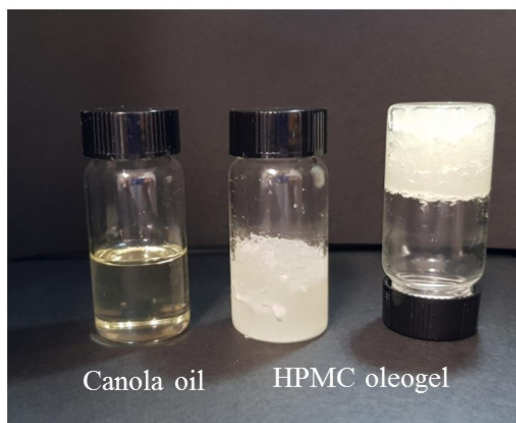
2.3 FORMAS DE APLICAÇÃO

A busca por alternativas mais saudáveis à gordura tem impulsionado o desenvolvimento de novas aplicações para os polissacarídeos. Uma das aplicações inovadoras é a formação de géis, sejam géis formados apenas pelo polissacarídeo e água ou géis de emulsão e oleogéis, que mimetizam a textura das gorduras sólidas, abrindo caminho para a elaboração de produtos alimentícios com menor teor de gordura e maior valor nutricional (Guo, Cui e Meng, 2023).

Os oleogéis (Figura 11) são sistemas lipídicos estruturados, formados por uma fase oleosa dispersa em um agente estruturante. Esses agentes atravessam a fase oleosa, criando uma rede tridimensional capaz de reter a fase líquida, resultando em uma textura semissólida (Da Silva *et al.*, 2023; Guo, Cui e Meng, 2023). Os oleogéis, quando feitos à base de polissacarídeos, atuam como agentes estruturantes e podem substituir gorduras sólidas em alimentos. Isso se deve à sua

capacidade de retenção de óleo e de incorporação de nutrientes e sabores, além de oferecer uma composição de ácidos graxos mais saudável (Hu *et al.*, 2023).

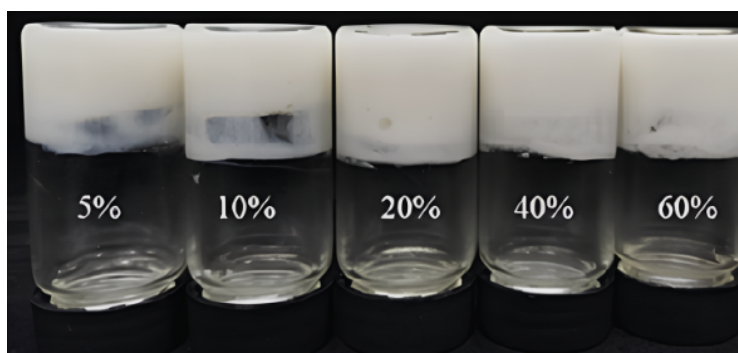
Figura 11: Óleo de canola estruturado em oleogel utilizando hidroxipropilmetilcelulose.



Fonte: Oh *et al.*, 2019.

Um gel de emulsão (Figura 12) combina as características de um gel e de uma emulsão, resultando em uma textura semi-sólida. Essa estrutura única, obtida pela gelificação de uma emulsão, confere propriedades interessantes para a indústria alimentícia, como a melhora da textura e a maior eficiência na veiculação de nutrientes (Hu *et al.*, 2023; Sereti *et al.*, 2023b). Assim como os oleogéis, os géis de emulsão oferecem uma composição saudável de ácidos graxos, bem como capacidade de retenção de óleo e incorporação de nutrientes e sabores (Guo, Cui e Meng, 2023; Hu *et al.*, 2023).

Figura 12: Géis de emulsão utilizando celulose e diferentes proporções de óleo de semente de girassol



Fonte: Adaptado de Gao *et al.*, 2023.

As emulsões são sistemas formados por duas fases imiscíveis, em que uma fase é dispersa na outra. Para isso, é necessário um material emulsificante e surfactantes. Elas podem assumir a forma de óleo-em-água, água-em-óleo ou até mesmo uma emulsão dupla, como água-em-óleo-em-água, além de emulsões Pickering (Sereti *et al.*, 2023a). A emulsão Pickering é estabilizada por partículas sólidas, dispensando a necessidade de surfactantes, e apresenta menor toxicidade, custo reduzido e maior estabilidade (Low *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2015).

Outras possíveis abordagens são a utilização do polissacarídeo na forma de pasta ou gel, formada ao misturar o biopolímero em pó com água (Belorio, Moralejo e Gómez, 2020; Rios *et al.*, 2018), ou aplicá-lo na sua forma em pó diretamente no produto (Aggarwal, Sabikhi e Kumar, 2016; Zbikowska, Kowalska e Pieniowska, 2018).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a aplicação de polissacarídeos em substituição às gorduras em produtos alimentícios.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais polissacarídeos utilizados como substitutos de gordura e os métodos de aplicação;
- Verificar as alterações nas características físicas e sensoriais dos produtos alimentícios.

4 METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, elaborada a partir de levantamento bibliográfico exploratório de artigos originais que abordam a substituição de gordura por polissacarídeos, publicados entre 2014 a 2024 e indexados nas bases de dados eletrônicas: Science Direct, Periódicos Capes e Pubmed. Os descritores utilizados foram: “polysaccharides”, “fat substitutes” e “foods”.

A Identificação e seleção dos estudos para compor a revisão foi realizada pelo pesquisador, no período de julho a outubro de 2024, considerando como critérios de inclusão artigos que analisam apenas o uso de polissacarídeos isolados, em alimentos classificados como lácteos, cárneos ou de panificação, excluindo-se trabalhos que estudam materiais ricos em polissacarídeos, mas que possuem outros constituintes, ou que analisam outras funções destes biopolímeros.

A seleção dos artigos foi realizada em duas etapas. Após uma triagem inicial baseada em títulos e resumos, os artigos selecionados foram submetidos a uma análise crítica detalhada, a qual incluiu a avaliação da qualidade metodológica, a identificação de vieses e a comparação dos resultados entre os diferentes estudos. A partir dessa avaliação, foi possível construir uma visão crítica e abrangente da literatura sobre o tema, permitindo identificar as principais evidências. Essa análise aprofundada contribuiu para uma compreensão mais precisa das potencialidades e desafios do uso de polissacarídeos como substitutos de gorduras em produtos alimentícios.

5 RESULTADOS

Após a busca nas bases de dados citadas anteriormente, foram selecionados 20 artigos sobre o tema abordado (Tabela 1). Dentre eles, 9 tratam de produtos cárneos, 4 de produtos lácteos e 7 de produtos de panificação.

Tabela 1: Artigos selecionados no levantamento bibliográfico sobre o uso de polissacarídeos como substitutos de gorduras no período de 2014 a 2024.

N	Autores	Ano de publicação	Título do artigo	Produto/ Tipo de produto
1	Fontes-Candia <i>et al.</i>	2023	Polysaccharide-based emulsion gels as fat replacers in Frankfurter sausages: Physicochemical, nutritional and sensorial evaluation	Salsichas Frankfurter/ Produto cárneo
2	Li <i>et al.</i>	2022	Function emulsion gels prepared with carrageenan and zein/carboxymethyl dextrin stabilized emulsion as a new fat replacer in sausages	Salsichas/ Produto cárneo
3	Nasonova e Tunieva	2019	A comparative study of fat replacers in cooked sausages	Salsichas/ Produto cárneo
4	Méndez-Zamora <i>et al.</i>	2015	Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin	Salsichas/ Produto cárneo

N	Autores	Ano de publicação	Título do artigo	Produto/ Tipo de produto
5	Alaei, Hojjatoleslami e Hashemi Dehkordi	2018	The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages	Salsichas/ Produto cárneo
6	Wang <i>et al.</i>	2018	Using cellulose nanofibers and its palm oil pickering emulsion as fat substitutes in emulsified sausage	Salsichas/ Produto cárneo
7	Latoch, Glibowski e Libera	2016	The effect of replacing pork fat of inulin on the physicochemical and sensory quality of guinea fowl pate.	Patê/ Produto cárneo
8	Özer e Çelepen	2020	Evaluation of quality and emulsion stability of a fat-reduced beef burger prepared with an olive oil oleogel-based emulsion	Carne de hambúrguer bovino/ Produto cárneo
9	Oh <i>et al.</i>	2019	Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties	Carne de hambúrguer bovino/ Produto cárneo
10	Arango, Trujillo e Castillo	2020	Influence of fat substitution by inulin on fermentation process and physical properties of set yoghurt evaluated by an optical sensor	logurte/ Produto lácteo

N	Autores	Ano de publicação	Título do artigo	Produto/ Tipo de produto
11	Gao <i>et al.</i>	2023	Low oil Pickering emulsion gels stabilized by bacterial cellulose nanofiber/soybean protein isolate: An excellent fat replacer for ice cream	Sorvete/ Produto lácteo
12	Yu <i>et al.</i>	2021	Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream.	Sorvete/ Produto lácteo
13	Ningtyas <i>et al.</i>	2018	Texture and lubrication properties of functional cream cheese: Effect of β -glucan and phytosterol.	Cream cheese/ Produto lácteo
14	Rios <i>et al.</i>	2018	Use of succinyl chitosan as fat replacer on cake formulations	Bolo/ Produto de panificação
15	Totosaus <i>et al.</i>	2024	Emulsion filled gel with oleogels as oil fraction to enhance nutritional properties of baked products (muffins)	Muffins/ Produto de panificação
16	Zbikowska, Kowalska e Pieniowska	2018	Assessment of shortcrust biscuits with reduced fat content of microcrystalline cellulose and psyllium as fat replacements.	Biscoitos/ Produto de panificação
17	Longoria-García <i>et al.</i>	2020	Rheological effects of high substitution levels of fats by inulin in whole cassava dough: chemical and physical characterization of produced biscuits.	Biscoitos/ Produto de panificação
18	Aggarwal, Sabikhi e Kumar	2016	Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach	Biscoitos/ Produto de panificação

N	Autores	Ano de publicação	Título do artigo	Produto/ Tipo de produto
19	Sanz <i>et al.</i>	2017	Structural changes in biscuits made with cellulose emulsions as fat replacers.	Biscoitos/ Produto de panificação
20	Samakradhamron gthai <i>et al.</i>	2022	Polydextrose and guar gum as a fat substitute in rice cookies and its physical, textural, and sensory properties.	Biscoitos/ Produto de panificação

6 DISCUSSÃO

6.1 SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA

6.1.1 *Produtos Cárneos*

A substituição da gordura por polissacarídeos em produtos cárneos representa uma tendência promissora na indústria alimentícia, visando a produção de alimentos mais saudáveis e com menor teor de gordura saturada. A gordura presente nesses produtos tem papel importante em características como sabor, textura, umidade e outras propriedades tecnológicas. Os polissacarídeos atuam como agentes de textura e emulsificantes, imitando as propriedades da gordura contribuindo para a suculência e maciez dos produtos. Seu uso apresenta grande potencial no desenvolvimento de produtos alimentícios mais saudáveis, uma vez que permitem a redução do teor total de lipídios e altera o teor de ácido graxos (De Souza Pagliarini *et al.*, 2019; Fontes-Candia *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2024).

Um estudo realizado por Fontes-Candia *et al.* (2023), testou géis de emulsão compostos por k-carragenina ou ágar e óleo de girassol, em salsichas Frankfurt, substituindo parcialmente (50%) ou totalmente (100%) da gordura de porco. Foram elaboradas cinco formulações de salsicha: uma formulação controle, com 100% de gordura de porco, e quatro formulações com substituições parciais e totais.

Os resultados mostraram que as salsichas com substituição de gordura apresentaram maior teor de umidade, diminuição do teor de gordura e alteração do perfil lipídico, com um aumento nos ácidos graxos monoinsaturados e uma redução nos ácidos graxos saturados. Quanto à cor, as salsichas com 50% de substituição de gordura não mostraram diferenças significativas. No entanto, ao aumentar o grau de substituição para 100%, a cor se tornou mais amarelada e clara, com ambos os polissacarídeos. Entretanto, após 15 dias de armazenamento, os parâmetros de cor não apresentaram diferenças significativas.

Em relação à textura, a análise indicou que, de forma geral, as salsichas com géis de emulsão mantiveram uma textura semelhante ao controle, exceto na substituição total com ágar, que apresentou menor dureza, mastigabilidade e coesividade. Em termos sensoriais, todas as formulações foram bem avaliadas pelos consumidores, que não detectaram diferenças significativas em atributos como aparência, textura e sabor. No entanto, em um teste mais detalhado "check all that apply" (CATA), mostrou que os participantes foram capazes de distinguir as

características típicas entre as salsichas de controle e as amostras reformuladas com géis de emulsão em relação à, cor e sabor tradicional.

Em outra pesquisa, Li *et al.* (2022) também exploraram a substituição de gordura em salsichas porém utilizando emulsões feitas de carragenina e óleo de milho. Foram elaboradas salsichas com substituição parcial (50%) e total (100%) da gordura de porco, além de formulações controles com 0% e 50% de substituição da gordura de porco por água. Os resultados mostraram que as salsichas com substituições apresentavam maior teor de umidade e menor teor de gordura, além de alterações na textura e na cor, que se tornou mais clara. As salsichas com emulsão mostraram maior dureza, viscosidade e mastigabilidade, e menor elasticidade. A microscopia eletrônica mostrou que as salsichas com emulsão possuíam uma estrutura mais densa e compacta, ao contrário da formulação controle, que mostrou uma superfície levemente rugosa e porosa. Isso indicou que a adição de géis de emulsão pode melhorar a estrutura de rede das salsichas, resultando em menor perda durante o cozimento.

Estudos como o de Nasonova e Tunieva (2019) também testaram a substituição de gordura em salsichas, utilizando inulina ou de uma mistura de carragenina, goma xantana e goma guar em diferentes proporções para substituir parcialmente (50%) a gordura de porco. As substituições reduziram o teor de gordura em mais de 40%. Em relação ao pH e atividade de água, não houve diferenças significativas entre as salsichas experimentais e o controle e as propriedades sensoriais, como cor e sabor, foram pouco alteradas. A textura, entretanto, sofreu alteração, apresentando diminuição na dureza. A inulina proporcionou uma textura considerada aceitável, enquanto a mistura dos outros polissacarídeos contribuiu para uma textura mais macia, sendo considerada como não agradável pelos participantes do teste sensorial.

Em uma investigação conduzida por Méndez-Zamora *et al.* (2015), foram avaliadas quatro formulações de salsichas com substituição parcial (15% e 30%) da gordura por pectina e inulina em pó. Foi observado que, especialmente nas formulações com 30% de substituição, ocorreu aumento do rendimento e teor de umidade, além de influenciar na cor, deixando a formulação mais escura. Com relação a dureza, mastigabilidade e força de cisalhamento, propriedades sensoriais que descrevem a sensação física que temos ao consumir um alimento, os escores

foram maiores na formulação com 15% de substituição por inulina, consequentemente mais aceitas pelos degustadores.

Alaei, Hojjatoleslami e Hashemi Dehkordi (2018) estudaram salsichas de frango formuladas com substituição da gordura por inulina em gel nos percentuais de 25%, 50%, 75% e 100% da gordura. Os resultados demonstraram que o aumento gradual da substituição de gordura, até 100%, levou a uma redução no teor de gordura e a um aumento do teor de umidade nas salsichas. Em relação à textura, a adição de inulina proporcionou uma textura mais macia e mastigável. A análise sensorial revelou que as salsichas com maior teor de inulina foram, em geral, melhor avaliadas em termos de aparência, cor e textura. Contudo o aroma e a sensação na boca foram percebidos como menos intensos e agradáveis. Importante destacar que as salsichas com 100% de substituição obtiveram melhores resultados no teste sensorial, exceto para o atributo aroma.

A celulose foi utilizada para a redução parcial de gordura em salsichas no estudo de Wang *et al.* (2018). O estudo empregou uma emulsão Pickering formulada com óleo de palma para reduzir o teor de gordura em 30% e 50%. As amostras modificadas apresentaram maior teor de umidade, menor perda durante o cozimento, estrutura mais compacta, maior mastigabilidade e cor mais clara. Na avaliação sensorial, a amostra com 30% de substituição obteve maiores pontuações para sabor e textura, não sendo observadas diferenças significativas em relação a cor e aceitabilidade geral entre as amostras.

Latoch, Glibowski e Libera (2016) investigaram a substituição de gordura em patês utilizando gel de inulina. O gel foi aplicado nas formulações dos patês para substituir cerca de 33%, 66% e 100% da gordura original. Além dessas variações, também foi incluída uma amostra controle, que manteve o teor padrão de gordura. Como resultado, as amostras analisadas obtiveram redução significativa no teor de lipídios, bem como das calorias totais, em comparação com o controle. Em relação à textura, os patês com inulina apresentaram diminuição nos valores de dureza e mastigabilidade, em concordância com a quantidade de gel. A coesividade e a elasticidade não apresentaram diferença significativa. A cor dos patês foi alterada com o aumento da quantidade de gel de inulina, a partir de 2/3 de substituição com diferença estatística, apresentando cor mais escura. Todas as amostras foram consideradas aceitáveis sensorialmente, os participantes do teste sensorial não identificaram diferença significativa na aparência, sabor e odor entre as amostras

com inulina e o controle. Isso sugere que a substituição da gordura por gel de inulina não comprometeu a aceitação sensorial do produto.

Özer e Çeleğen (2020) produziram hambúrguer de carne bovina substituindo a gordura animal por gel de emulsão à base de carragenina e azeite de oliva. Entre as amostras preparadas, foi desenvolvida uma formulação com 100% de substituição da gordura pela emulsão e uma fórmula controle com 100% de gordura animal. A carne do hambúrguer com gel de emulsão apresentou maior umidade em comparação com o controle, e menor teor lipídico e calórico. A substituição também reduziu os valores de ácidos graxos saturados e aumentou os dos ácidos graxos insaturados. Além disso, a substituição da gordura diminuiu também a oxidação lipídica do produto. A cor das amostras com substituição da gordura foi mais escura quando comparada ao controle. Em relação à textura, a substituição da gordura reduziu os valores de dureza e índice de mastigabilidade. Entretanto, o teste sensorial mostrou que a substituição da gordura não alterou a percepção do consumidor em relação à cor e à suculência do produto.

Oh *et al.* (2019) investigaram o uso de oleogéis de óleo de canola estruturados com hidroxipropilmetilcelulose para substituir 50% ou 100% da gordura em hambúrgueres bovinos. Essa substituição resultou na alteração do perfil lipídico dos produtos, com redução dos níveis de ácidos graxos saturados e aumento dos insaturados. Os hambúrgueres com o oleogel também apresentaram menor perda de umidade durante o cozimento. Além disso, quanto à textura, a utilização do polissacarídeo tornou os valores de firmeza mais baixos, resultando em produtos mais macios. De acordo com a análise sensorial, as amostras com oleogel apresentaram melhores pontuações em relação a maciez e suculência, e não obtiveram diferença significativa em aparência, cor ou sabor. A maior aceitabilidade geral foi da substituição de 50%, enquanto a amostra com 100% de substituição foi a amostra menos aceita.

Estes trabalhos demonstram que a substituição da gordura por polissacarídeos em produtos cárneos, de modo geral, causa aumento do teor de umidade, devido à capacidade de retenção de água que estes biopolímeros possuem, o que também está relacionado à diminuição da perda durante o cozimento (Latoch, Glibowski e Libera, 2016; Manzoor *et al.*, 2022). Estes produtos também apresentaram diminuição da dureza e mastigabilidade, tornando-os mais macios, o que pode ser explicado pela interação entre os polissacarídeos e as

proteínas presentes neste tipo de produto, ambos com capacidade de retenção de água e formação de géis (Li *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2024; Méndez-Zamora *et al.*, 2015). Também foi possível observar alterações na coloração, uma vez que as modificações na formulação dos produtos causaram diferença na reflexão da luz (Fontes-Candia *et al.*, 2023). Além disso, a forma de aplicação mais utilizada foi como gel de emulsão, onde podem ser aplicados óleos fontes de ácidos graxos insaturados, tendo o potencial de, além de reduzir o teor de gorduras totais, alterar o perfil lipídico (Guo, Cui e Meng, 2023; Hu *et al.*, 2023). Os produtos tiveram boa aceitação nos testes de análise sensorial, porém, as melhores pontuações foram de amostras com redução parcial de gordura.

Tabela 2: Alterações físicas e nutricionais nos produtos cárneos com substituição de gordura por polissacarídeos.

Produto	Valor nutricional	Umidade	Textura	Cor
Salsichas	Redução do teor calórico e lipídico	Aumento da umidade	Redução da dureza e mastigabilidade	Coloração mais clara ou mais escura
Patê	Redução do teor calórico e lipídico	Aumento da umidade	Redução da dureza e mastigabilidade	Coloração mais escura
Hambúrgueres	Redução do teor calórico e lipídico	Aumento da umidade	Redução da dureza e mastigabilidade	Coloração mais escura

6.1.2 Produtos Lácteos

A presença de gordura em laticínios é extremamente importante para a textura e sabor destes produtos. Por isso, a aplicação de polissacarídeos como substitutos de gorduras nesses produtos possui considerável relevância, uma vez que essa substituição deve ser realizada sem prejudicar a qualidade física e sensorial do alimento (Lin *et al.*, 2022; Santiago-García *et al.*, 2021; Song *et al.*, 2022).

Arango, Trujillo e Castillo (2020) avaliaram a aplicação de inulina como substituto de gordura em iogurtes firmes. Para isso, foram elaborados iogurtes com

quantidades distintas de gordura e inulina comercial em pó, utilizando leite integral, semidesnatado e desnatado com 3,6; 1,6 e 0,4% de gordura, respectivamente, e níveis de inulina de 0; 1,6 e 3,2% para cada percentual de gordura. Maiores concentrações de gordura no leite levaram a um maior tempo de acidificação até atingir pH = 4,8, bem como um atraso no início da coagulação e aumento no tempo de gelificação, enquanto a adição de inulina teve um efeito oposto, diminuindo o tempo de acidificação em até 12 minutos, antecipando o início da coagulação do leite e diminuindo o tempo de gelificação. A adição de inulina produziu um aumento na elasticidade e na firmeza final dos iogurtes, com valores mais próximos aos obtidos com leite integral. A adição de 3,2% de inulina, porém, aumentou em 32% a sinérese espontânea, separação espontânea do soro, o que evidencia uma menor estabilidade nestes produtos.

Em estudo desenvolvido por Ningtyas *et al.* (2018) foi estudado a aplicação de β -glucano em gel para a redução de cerca de 80% de gordura em cream cheese. A formulação foi comparada a três controles: dois produtos comerciais, um com alto e outro com baixo teor de gordura, além de uma amostra com redução de gordura, mas sem a adição do polissacarídeo. Os resultados mostraram que a formulação com o polissacarídeo apresentou aumento no teor de umidade e firmeza, além de adesividade semelhante ao controle com alto teor de gordura, e viscosidade comparável ao controle com baixo teor de gordura. Porém, também apresentou maior coeficiente de atrito e menor espalhabilidade, afetando a qualidade do produto.

De acordo com o trabalho de Gao *et al.* (2023), os polissacarídeos também têm potencial como substituto de gordura em sorvetes. Estes pesquisadores avaliaram a aplicação de géis de emulsão Pickering, utilizando óleo de semente de girassol e celulose bacteriana para reduzir a gordura nestes produtos. Com essa finalidade, foram produzidos sorvetes com diferentes taxas de substituição de gordura (30%, 60% e 90%, p/p) e uma formulação controle.

Os sorvetes preparados com os géis de emulsão apresentaram uma diminuição significativa na taxa de derretimento, em concordância com o aumento da quantidade de substituição. Além disso, a dureza e mastigabilidade dos sorvetes com géis de emulsão não diferiram significativamente do controle. Por outro lado, a elasticidade e a viscosidade dos sorvetes de baixo teor de gordura foram

ligeiramente, embora significativamente, maiores do que as do controle, conforme o aumento da taxa de substituição.

Quanto à cor dos sorvetes, aqueles com substitutos de gordura foram mais amarelos e escuros, entretanto, à medida que a substituição de gordura atingiu 90%, a cor se tornou mais próxima ao do controle. De acordo com os participantes do teste sensorial, não foram percebidas diferenças nos parâmetros de odor e aparência dos sorvetes com géis de emulsão. No entanto, o sabor e a textura tiveram avaliações inferiores. Os sorvetes com 30% de substituição não apresentaram diferenças significativas, mas conforme a taxa de substituição de gordura aumentou para 90%, o sorvete apresentou uma sensação áspera na boca e um aroma fraco de leite.

De forma semelhante, Yu *et al.* (2021) avaliaram a celulose como substituto de gordura em sorvetes, porém, acrescentada aos demais ingredientes na sua forma em pó. Para isso, foram feitas cinco formulações com 0,0%, 0,2%, 0,4%, 0,6% e 0,8% de celulose e 15%, 13%, 11%, 9% e 7% de gordura, respectivamente. Os sorvetes com celulose apresentaram maior dureza, mastigabilidade e viscosidade, conforme o aumento de celulose, resultando em sorvetes menos cremosos e mais duros. Por outro lado, houve melhora na taxa de derretimento, que diminuiu com o aumento do polissacarídeo.

A análise sensorial demonstrou que a amostra com 0,4% de celulose obteve as pontuações mais altas, superiores inclusive ao controle, em relação à avaliação sensorial do cristal de gelo e aceitação geral; e pontuações relativamente altas, em comparação com as demais amostras com redução de gordura, em mastigabilidade, sabor de leite, doçura e gosto residual. No entanto, quando a quantidade de adição de celulose foi maior que 0,4%, a pontuação de avaliação do cristal de gelo diminuiu, indicando a formação de grandes cristais de gelo e, portanto, afetando a qualidade do sorvete.

A aplicação de polissacarídeos em laticínios causou aumento na umidade, como nos produtos cárneos. Também foi observado aumento na elasticidade e na dureza, o que pode ser explicado pela interação dos polissacarídeos com as macromoléculas já presentes no produto, formando estruturas tridimensionais mais estáveis (Moon *et al.*, 2011). Dependendo do tipo de produto, isso pode ser indesejável, como no caso do cream cheese, que apresentou redução na espalhabilidade. Nos sorvetes, a textura foi prejudicada pela formação de grandes

cristais de gelo, consequência da redução de gordura e do aumento da umidade (Pintor et al., 2017; Rossa, Burin e Bordignon-Luiz, 2012).

Por outro lado, a substituição da gordura por polissacarídeos trouxe benefícios, como a redução do tempo de acidificação e coagulação nos iogurtes, devido à retenção de água pelos polissacarídeos e à concentração de solutos, como enzimas, que facilitam a reação de agregação (Arango, Trujillo e Castillo, 2013). Além disso, os sorvetes mostraram menor taxa de derretimento, já que o polissacarídeo contribui para uma maior estabilidade térmica (Mariano, El Kissi e Dufresne, 2014). Geralmente, as amostras com menor percentual de substituição obtiveram melhores pontuações nos testes de aceitação.

Tabela 3: Alterações físicas e nutricionais nos produtos lácteos com substituição de gordura por polissacarídeos.

Produto	Valor nutricional	Textura	Outras alterações
Iogurte	Redução do teor calórico e lipídico	Aumento da firmeza e elasticidade	Redução do tempo de acidificação e coagulação. Aumento da sinérese.
Cream cheese	Redução do teor calórico e lipídico	Aumento da firmeza	Diminuição da espalhabilidade.
Sorvetes	Redução do teor calórico e lipídico	Aumento da dureza, mastigabilidade e elasticidade	Redução da taxa de derretimento. Coloração mais escura

6.1.3 Produtos de Panificação

Os polissacarídeos também são utilizados em produtos de panificação para reduzir o teor de lipídios, e, assim como nos demais tipos de produtos, devem fazer esta redução sem causar prejuízos qualidade, textura e sabor dos produtos finais (Belorio, Moralejo e Gómez, 2021; Curti *et al.*, 2018; Totosaus *et al.*, 2024).

Rios *et al.* (2018) analisaram o desenvolvimento de bolos com succinil quitosana em gel para redução do teor de gordura. As amostras testadas incluíram reduções de gordura de 25%, 50%, 75% e 100%. A hidratação foi ajustada

individualmente para cada massa a fim de manter uma consistência estável. Os bolos apresentaram aumento do volume e redução da razão largura/altura. Quanto à cor do miolo, os bolos tiveram cor mais clara, sem correlação com a porcentagem de substituição. Além disso, ocorreu também aumento progressivo no teor de umidade, conforme a gordura foi reduzida, e uma diminuição na atividade de água, até 75% de substituição. Em termos de textura, a remoção completa da gordura resultou em um bolo mais macio, enquanto as demais formulações não apresentaram diferenças significativas em comparação ao controle. Além disso, a taxa de secagem durante o armazenamento foi mais alta nos bolos com gordura reduzida, exceto no bolo com 100% de redução de gordura. Por outro lado, a taxa de endurecimento diário foi menor, mas apenas até 50% de redução da gordura. Acima dessa porcentagem, observou-se uma tendência oposta.

Totosaus *et al.*, (2024) analisaram a utilização de etilcelulose em oleogel elaborado com óleo de soja para substituir totalmente a gordura em muffins. Esta substituição resultou em produtos com coloração significativamente mais escura, e aumento na umidade, dureza e viscosidade e menor volume, quando comparada à amostra controle. Enquanto a elasticidade não apresentou diferença significativa. Em relação ao valor nutricional, houve redução significativa no teor de gordura, porém, diferentemente de outros trabalhos semelhantes, não houve alteração no perfil de ácidos graxos. De acordo com a análise sensorial, as pontuações mostram que os participantes não observaram diferença significativa para o atributo de cor, apesar de a análise instrumental ter revelado alterações. Da mesma forma, também não houve diferença no sabor e aceitação geral das amostras. Por outro lado, os consumidores puderam identificar diferenças na textura dos muffins, com menor aceitação para a amostra com redução de gordura.

Zbikowska, Kowalska e Pieniowska (2018) estudaram o uso de celulose como substituto de gordura em biscoitos amanteigados. Para isso, o polissacarídeo foi aplicado na forma de gel ou em pó, para substituir 25%, 50%, ou 75% de gordura. O gel foi preparado com a celulose e água, em concentrações de 13%, 17% e 24%. Os biscoitos com a celulose tiveram maior espessura, aumentando conforme os níveis de substituição, independentemente da apresentação do substituto. Além disso, a adição da celulose levou a uma maior dureza dos produtos, principalmente nos produtos em que o polissacarídeo estava na forma em pó. A cor, sabor e odor dos biscoitos se tornaram menos intensos à medida que o teor de celulose aumentava.

As amostras com teor de gordura reduzido em 25% e contendo a celulose em pó e em gel com concentração de 24% apresentaram os melhores resultados, principalmente na forma em pó, com valores mais próximos aos do controle com 0% de redução de gordura. Este estudo demonstrou que os resultados neste tipo de produto foram mais impactados pela redução de gordura do que pela forma de aplicação do polissacarídeo.

Semelhantemente, Sanz *et al.* (2017) estudaram a aplicação da celulose na forma de gel de emulsão feita com óleo de girassol em biscoitos. Em consequência desta alteração, estes produtos apresentaram textura mais dura, entretanto, de acordo com a análise sensorial, os atributos de odor, doçura e crocância não obtiveram diferença significativa em comparação ao controle, tiveram ainda melhores pontuações em sabor, cor e aceitabilidade geral, sendo mal avaliados apenas em relação à dureza.

Longoria-García *et al.* (2020), em seu trabalho, avaliaram a viabilidade de utilizar a inulina como substituto de gordura em biscoitos à base de mandioca. Ao substituir queijo por inulina (25%, 50%, 75% e 100%) o estudo demonstrou que a textura foi influenciada, sendo a amostra com 25% de substituição a formulação que apresentou maior maciez. À medida que a substituição por inulina aumentava, os biscoitos tornaram-se mais duros e com coloração mais escura. No que diz respeito à composição química das amostras, o teor de gordura diminuiu com o aumento da substituição e a umidade mostrou uma tendência de aumento com a adição de inulina, devido às suas propriedades higroscópicas e de retenção de água. Assim, os resultados sugerem que a inulina é uma alternativa promissora para a produção de biscoitos mais saudáveis, com menor teor de gordura e maior teor de fibra.

Samakradhamrongthai *et al.* (2022) formularam biscoitos de arroz com redução parcial de gordura utilizando a goma guar e polidextrose como substitutos. A substituição permitiu uma redução de até 27,86% no teor de gordura em comparação com a formulação de controle, o que resultou em produtos mais claros, crocantes, com maior dureza e mais espessos, mas que, apesar disso, foram bem aceitos pelos consumidores, classificados como gostei ligeiramente e gostei muito no teste sensorial, provavelmente porque são características aceitáveis neste tipo de produto.

Em outro trabalho realizado com biscoitos, Aggarwal, Sabikhi e Kumar (2016), a polidextrose em pó foi utilizada como substituto parcial da gordura em diferentes

proporções (10%, 20%, 30% e 40% da gordura). Os resultados indicaram que o aumento da concentração de polissacarídeos resultou em um aumento da dureza dos biscoitos, além de alterações na cor. Na avaliação sensorial, a substituição de 10% de gordura obteve as melhores pontuações em relação à cor, textura e aceitação geral, enquanto a substituição de 30% resultou em uma melhor pontuação do sabor, no entanto, para concentrações maiores de polidextrose, a aceitação geral diminuiu.

A partir dos estudos analisados, percebe-se que a substituição de gordura por polissacarídeos em produtos de panificação, de modo geral, assim como nos demais tipos de produtos, provoca um aumento do teor de umidade. Também foram notadas alterações na coloração, que podem ocorrer devido à interação dos polissacarídeos com os demais componentes do produto, podendo modificar a interação e distribuição dos aminoácidos e açúcares redutores, interferindo na intensidade da reação de Maillard durante o processamento térmico (Ke e Li, 2023; Totosa *et al.*, 2024). Além disso, essa substituição leva a um aumento da dureza e da espessura dos produtos, uma vez que os polissacarídeos podem fazer com que os biscoitos absorvam mais água e desenvolvam uma rede de glúten mais firme (Goswami *et al.*, 2019). Embora a aceitação sensorial das amostras tenha sido satisfatória em diversos aspectos, a textura foi o atributo mais influenciado pela substituição.

Tabela 4: Alterações físicas e nutricionais nos produtos de panificação com substituição de gordura por polissacarídeos.

Produto	Valor nutricional	Umidade	Textura	Cor
Bolo	Redução do valor calórico e lipídico	Aumento da umidade	Aumento da maciez Maior volume	Coloração mais clara
Muffin	Redução do valor calórico e lipídico	Aumento da umidade	Aumento da dureza Menor volume	Coloração mais escura
Biscoitos	Redução do valor calórico e lipídico	Aumento da umidade	Aumento da dureza Maior espessura	Coloração mais clara ou mais escura

7 CONCLUSÃO

Nos estudos analisados, observou-se a utilização de polissacarídeos em produtos cárneos, lácteos e de panificação. Os biopolímeros mais empregados foram celulose, inulina e carragenina, aplicados principalmente na forma de géis, géis de emulsão ou em pó. Não foram identificadas diferenças significativas nos efeitos para cada tipo de aplicação.

Do ponto de vista das características físicas, geralmente, essa substituição resultou em aumento da umidade, alterações na coloração do produto e nas propriedades texturais, com aumento da dureza, viscosidade e mastigabilidade nos produtos lácteos e de panificação, e redução desses atributos nos produtos cárneos. Geralmente, as amostras com substituição parcial, em até 50%, foram as mais bem aceitas pelos consumidores.

Os artigos analisados confirmam que os polissacarídeos apresentam grande potencial como substitutos de gordura na indústria alimentícia. Entretanto, é necessário conhecer as propriedades físico-químicas dos polissacarídeos e a matriz alimentar, pois os atributos de qualidade variam entre diferentes produtos. Do ponto de vista nutricional, essa substituição traz como benefícios a melhora do perfil nutricional, com aumento do teor de fibras, redução das calorias e do teor total de lipídeos. Além disso, a forma de utilização do gel de emulsão ou do oleogel, melhora perfil lipídico, aumentando o teor de ácidos graxos insaturados.

REFERÊNCIAS

- AFINJUOMO, F. *et al.* Influence of oxidation degree on the physicochemical properties of oxidized inulin. **Polymers**, v. 12, n. 5, p. 1025, 2020.
- AGGARWAL, D.; SABIKHI, L.; KUMAR, M.H.S.. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach. **NFS journal**, v. 2, p. 1-7, 2016.
- ALAEI, F.; HOJJATOLESLAMY, M.; HASHEMI DEHKORDI, S.M. The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. **Food science & nutrition**, v. 6, n. 2, p. 512-519, 2018.
- ALVES, A.W.S. **Técnicas de maricultura da macroalga vermelha *Gracilaria birdiae* na praia de flecheiras, Trairi/CE: efeito de parâmetros ambientais e climáticos sobre a produção de biomassa e extração de ágar**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2016.
- ARANGO, O.; TRUJILLO, A. J.; CASTILLO, M. Influence of fat replacement by inulin on rheological properties, kinetics of rennet milk coagulation, and syneresis of milk gels. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 4, p. 1984-1996, 2013.
- ARANGO, O.; TRUJILLO, A. J.; CASTILLO, M. Influence of fat substitution by inulin on fermentation process and physical properties of set yoghurt evaluated by an optical sensor. **Food and Bioproducts Processing**, v. 124, p. 24-32, 2020.
- ATAMIAN, S. *et al.* The characterization of the physicochemical and sensory properties of full-fat, reduced-fat and low-fat bovine, caprine, and ovine Greek yogurt (Labneh). **Food Science & Nutrition**, v. 2, n. 2, p. 164-173, 2014.
- BEAUMONT, M. *et al.* Hydrogel-forming algae polysaccharides: From seaweed to biomedical applications. **Biomacromolecules**, v. 22, n. 3, p. 1027-1052, 2021.
- BEESON, W.T. *et al.* Cellulose degradation by polysaccharide monooxygenases. **Annual review of biochemistry**, v. 84, n. 1, p. 923-946, 2015.
- BELORIO, M.; MORALESJO, C.; GÓMEZ, M. Assessing the influence of psyllium as a fat substitute in wheat and gluten-free cookies. **Food Science and Technology International**, v. 27, n. 8, p. 693-701, 2020.
- CASTAÑEDA-OVANDO, A. *et al.* Goma guar: Un aliado en la industria alimentaria. **Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI**, v. 7, n. 14, p. 107-111, 2020.
- CHEN, L. *et al.* Structure, bioactivity and applications of natural hyperbranched polysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 223, p. 115076, 2019.
- CHEN, Y. *et al.* Use of starch-based fat replacers in foods as a strategy to reduce dietary intake of fat and risk of metabolic diseases. **Food science & nutrition**, v. 8, n. 1, p. 16-22, 2020.

CUI, R.; ZHU, F. Ultrasound modified polysaccharides: A review of structure, physicochemical properties, biological activities and food applications. **Trends in Food Science & Technology**. V. 107, p. 491-508, 2021.

CURTI, E. *et al.* Structured emulsions as butter substitutes: effects on physicochemical and sensory attributes of shortbread cookies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 10, p. 3836-3842, 2018.

DARGE, H.F. *et al.* Polysaccharide and polypeptide based injectable thermo-sensitive hydrogels for local biomedical applications. **International journal of biological macromolecules**, v. 133, p. 545-563, 2019.

DA ROSA ALMEIDA, A. *et al.* Produção de celulose bacteriana (CB) em diferentes meios a partir de culturas de kombucha. **Food Science Today**, v. 3, n. 1, p. 20-25, 2024.

DA SILVA, F.T. *et al.* Oleogels based on germinated and non-germinated wheat starches and orange essential oil: Application as a hydrogenated vegetable fat replacement in bread. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 253, p. 126610, 2023.

DENMAN, L.J.; MORRIS, G.A. An experimental design approach to the chemical characterisation of pectin polysaccharides extracted from *Cucumis melo* Inodorus. **Carbohydrate polymers**, v. 117, p. 364-369, 2015.

DE SOUZA PAGLARINI, C. *et al.* Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. **Food structure**, v. 20, p. 100105, 2019.

ELELLA, M.H.A. *et al.* Xanthan gum-derived materials for applications in environment and eco-friendly materials: A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 1, p. 104702, 2021.

FONTES-CANDIA, C. *et al.* Polysaccharide-based emulsion gels as fat replacers in Frankfurter sausages: Physicochemical, nutritional and sensorial evaluation. **LWT-Food, Science and Technology**, v. 180, p. 114705, 2023.

GAŁKOWSKA, D. *et al.* Effect of prebiotic polysaccharides on the rheological properties of reduced sugar potato starch based desserts. **Polymers**, v. 12, n. 10, p. 2224, 2020.

GAO, Y. *et al.* Low oil Pickering emulsion gels stabilized by bacterial cellulose nanofiber/soybean protein isolate: An excellent fat replacer for ice cream. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 247, p. 125623, 2023.

GE, H. *et al.* Multiphoton fluorescence lifetime imaging microscopy (FLIM) and super-resolution fluorescence imaging with a supramolecular biopolymer for the controlled tagging of polysaccharides. **Nanoscale**, v. 11, n. 19, p. 9498-9507, 2019.

GOSWAMI, M. *et al.* Quality evaluation of functional carabeef cookies incorporated with guar gum (*Cyamopsis tetragonoloba*) as fat replacer. **Nutrition & Food Science**, v. 49, n. 3, p. 432-440, 2019.

GUO, J.; CUI, L.; MENG, Z. Oleogels/emulsion gels as novel saturated fat replacers in meat products: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 137, p. 108313, 2023.

HABIBI, H.; KHOSRAVI-DARANI, K. Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 10, p. 130-140, 2017.

HUANG, C. *et al.* Effects of different plant polysaccharides as fat substitutes on the gel properties, microstructure and digestion characteristics of myofibrillar protein. **Food Hydrocolloids**, v. 150, p. 109717, 2024.

HU, X. *et al.* Edible polysaccharide-based oleogels and novel emulsion gels as fat analogues: A review. **Carbohydrate Polymers**, p. 121328, 2023.

KAMOUN, E.A. N-succinyl chitosan–dialdehyde starch hybrid hydrogels for biomedical applications. **Journal of Advanced research**, v. 7, n. 1, p. 69-77, 2016.

KAUR, R. *et al.* Structural features, modification, and functionalities of beta-glucan. **Fibers**, v. 8, n. 1, p. 1, 2019.

KE, C.; LI, L. Influence mechanism of polysaccharides induced Maillard reaction on plant proteins structure and functional properties: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 302, p. 120430, 2023.

KIM, Y.; JE, Y.; GIOVANNUCCI, E.L. Association between dietary fat intake and mortality from all-causes, cardiovascular disease, and cancer: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. **Clinical Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 1060-1070, 2021.

KOHLI, P.; GUPTA, R. Alkaline pectinases: A review. **Biocatalyses and Agricultural Biotechnology**, 4, 279–285, 2015.

KONAR, N. *et al.* Using polydextrose as a prebiotic substance in milk chocolate: effects of process parameters on physical and rheological properties. **CyTA-Journal of Food**, v. 12, n. 2, p. 150-159, 2014.

LATOCH, A.; GLIBOWSKI, P.; LIBERA, J. The effect of replacing pork fat of inulin on the physicochemical and sensory quality of guinea fowl pate. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 15, n. 3, p. 311-320, 2016.

LEITE B.S.F., *et al.* Revestimento comestível à base de goma xantana, compostos lipofílicos e/ou cloreto de cálcio na conservação de morangos. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 1027–36, 2015.

LI, A. *et al.* Study on TEMPO-mediated oxidation of N-succinyl chitosan and the water retention property. **Molecules**, v. 25, n. 20, p. 4698, 2020.

LI, M. *et al.* Legume protein/polysaccharide food hydrogels: Preparation methods, improvement strategies and applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 243, p. 125217, 2023.

LI, X.L. *et al.* Function emulsion gels prepared with carrageenan and zein/carboxymethyl dextrin stabilized emulsion as a new fat replacer in sausages. **Food chemistry**, v. 389, p. 133005, 2022.

LIN, D. *et al.* Bacterial cellulose in food industry: Current research and future prospects. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 158, p. 1007-1019, 2020.

LIN, Y. *et al.* Tremella fuciformis polysaccharides as a fat substitute on the rheological, texture and sensory attributes of low-fat yogurt. **Current Research in Food Science**, v. 5, p. 1061-1070, 2022.

LIU, J. *et al.* Study on the interaction and gel properties of pork myofibrillar protein with konjac polysaccharides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 104, n. 4, p. 2284-2293, 2024.

LONGORIA-GARCÍA, S. *et al.* Rheological effects of high substitution levels of fats by inulin in whole cassava dough: chemical and physical characterization of produced biscuits. **Journal of food science and technology**, v. 57, p. 1517-1522, 2020.

LOVEGROVE, A. *et al.* Role of polysaccharides in food, digestion, and health. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 2, p. 237-253, 2017.

LOW, L.E. *et al.* Recent advances of characterization techniques for the formation, physical properties and stability of Pickering emulsion. **Advances in colloid and interface science**, v. 277, p. 102117, 2020.

MAGRO, D.O. *et al.* Effect of yogurt containing polydextrose, Lactobacillus acidophilus NCFM and Bifidobacterium lactis HN019: a randomized, double-blind, controlled study in chronic constipation. **Nutrition journal**, v. 13, p. 1-5, 2014.

MANZOOR, A. *et al.* Recent insights into polysaccharide-based hydrogels and their potential applications in food sector: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 213, p. 987-1006, 2022.

MARIANO, M.; EL KISSI, N.; DUFRESNE, A. Cellulose nanocrystals and related nanocomposites: Review of some properties and challenges. **Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics**, v. 52, n. 12, p. 791-806, 2014.

MARTÍNEZ-SANZ, M.; MARTÍNEZ-ABAD, A.; LÓPEZ-RUBIO, A. Cost-efficient bio-based food packaging films from unpurified agar-based extracts. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, p. 100367, 2019.

MAUGERI FILHO, F.; GOLDBECK, R. Produção de polissacarídeos. *Biotechnologia*

Industrial-Vol. 3: **Processos fermentados e enzimáticos**, v. 3, p. 219, 2019.

MÉNDEZ-ZAMORA, G. *et al.* Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 25-31, 2015.

MOON, R.J. *et al.* Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. **Chemical Society Reviews**, v. 40, n. 7, p. 3941-3994, 2011.

MUDGIL, D., BARAK, S. & KHATKAR, B.S. Guar gum: processing, properties and food applications- A Review. **Journal of Food Science & Technology**. 51, 409, 418, 2014.

MURPHY, E.J. *et al.* β -glucan metabolic and immunomodulatory properties and potential for clinical application. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 4, p. 356, 2020.

NAKASHIMA, A. *et al.* β -Glucan in foods and its physiological functions. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 64, n. 1, p. 8-17, 2018.

NASONOVA, V. V.; TUNIEVA, E. K. A comparative study of fat replacers in cooked sausages. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, p. 012085, 2019.

NINGTYAS, D.W. *et al.* Texture and lubrication properties of functional cream cheese: Effect of β -glucan and phytosterol. **Journal of texture studies**, v. 49, n. 1, p. 11-22, 2018.

OH, I. *et al.* Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties. **Food Research International**, v. 122, p. 566-572, 2019.

OLIVEIRA, E.G. *et al.* Avaliação da Goma Guar no desenvolvimento de comprimidos matriciais de liberação controlada de teofilina. **Polímeros**, v. 25, n. spe, p. 54-58, 2015.

OLLI, K. *et al.* Independent and combined effects of lactitol, polydextrose, and *Bacteroides thetaiotaomicron* on postprandial metabolism and body weight in rats fed a high-fat diet. **Frontiers in nutrition**, v. 3, p. 15, 2016.

ÖZER, C.O.; ÇELEGEN, S. Evaluation of quality and emulsion stability of a fat-reduced beef burger prepared with an olive oil oleogel-based emulsion. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 8, p. e14547, 2020.

PALACIO, J. *et al.* Study of encapsulation of polyphenols on succinyl-chitosan nanoparticles. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 57, p. 101610, 2020.

PANDYA, Y. H. *et al.* Agar-agar extraction, structural properties and applications: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 6, p. 1151-1157, 2022.

PATEL, A. R.; NICHOLSON, R.A.; MARANGONI, A.G. Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 61-68, 2020.

PETRI, D.F.S. Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 132, n. 23, 2015.

PINTO, A.S.B. **Efeito gastroprotetor da goma guar (cyamopsis tetragonolobus) e galactomanana da fava danta (dimorphandra gardneriana) na gastrite experimental induzida por álcool**. Repositório UFC, 2019.

PINTOR, A. *et al.* Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugarreduced ice cream: optimization via a response surface methodology. **International Food Research Journal**, v. 24, n. 4, 2017.

RIOS, R.V. *et al.* Use of succinyl chitosan as fat replacer on cake formulations. **LWT-Food, Science and Technology**, v. 96, p. 260-265, 2018.

ROSSA, P.N.; BURIN, V.M.; BORDIGNON-LUIZ, M.T. Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. **LWT-Food, Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 224-230, 2012.

SAEED, M., *et al.* Potential application of inulin in food industry: A review. **Pakistan Journal of Food Sciences**, 25.3: 110-116, 2015.

SAMAKRADHAMRONGTHAI, R.S. *et al.* Polydextrose and guar gum as a fat substitute in rice cookies and its physical, textural, and sensory properties. **Food Chemistry Advances**, v. 1, p. 100058, 2022.

SANTOSO, S.P. *et al.* TiO₂/guar gum hydrogel composite for adsorption and photodegradation of methylene blue. **International journal of biological macromolecules**, v. 193, p. 721-733, 2021.

SANZ, T. *et al.* Structural changes in biscuits made with cellulose emulsions as fat replacers. **Food science and technology international**, v. 23, n. 6, p. 480-489, 2017.

SANTIAGO-GARCÍA, P.A. *et al.* Fructans (agavins) from Agave angustifolia and Agave potatorum as fat replacement in yogurt: Effects on physicochemical, rheological, and sensory properties. **LWT-Food, Science and Technology**, v. 140, p. 110846, 2021.

SCHELOVER, P. *et al.* Estabilidad de Flanes sin Huevo: Formulados con almidón nativo, goma espina corona y k-carragenina. **Revista Tecnología y Ciencia**, n. 30, p. 28-35, 2017.

SERETI, V. *et al.* Development of oil-in-water emulsion gels enriched with barley β -glucan as potential solid fat substitute and evaluation of their physical properties. **Food Hydrocolloids**, v. 145, p. 109090, 2023a.

SERETI, V. *et al.* Emulsion gel enriched with a barley β -glucan concentrate for reducing saturated fat in biscuits. **Food Hydrocolloids**, v. 145, p. 109163, 2023b.

SHAO, P. *et al.* Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides. **Food Research International**. V. 137, p. 109376, 2020.

SHU, Y. *et al.* Hierarchical porous carbons from polysaccharides carboxymethyl cellulose, bacterial cellulose, and citric acid for supercapacitor. **Carbohydrate Polymers**, v. 227, p. 115346, 2020.

SONG, G., *et al.* Effect of peach gum polysaccharide, a new fat substitute, on sensory properties of skimmed milk. **International Dairy Journal**. V. 125, p. 105224, 2022.

TEFERRA, T. F. Possible actions of inulin as prebiotic polysaccharide: A review. **Food Frontiers** 2.4:: 407-416, 2021.

THIVIYA, P. *et al.* Algal polysaccharides: Structure, preparation and applications in food packaging. **Food Chemistry**, v. 405, p. 134903, 2023.

TOTOSAUS, A. *et al.* Emulsion filled gel with oleogels as oil fraction to enhance nutritional properties of baked products (muffins). **Food Science and Technology International**, v. 30, n. 5, p. 428-438, 2024.

ULLAH, S. *et al.* Sources, extraction and biomedical properties of polysaccharides. **Foods**, v. 8, n. 8, p. 304, 2019.

VALDÉS, A. *et al.* Natural pectin polysaccharides as edible coatings. **Coatings**, v. 5, n. 4, p. 865-886, 2015.

VEENA, N.; NATH, S.; ARORA, S. Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: a review. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 3, p. 239-251, 2016.

VEISI, Z. *et al.* Responsive coatings from naturally occurring pectin polysaccharides. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 176, p. 387-393, 2019.

VENUGOPAL, V. Applications of marine polysaccharides in food processing. In: *Enzymatic Technologies for Marine Polysaccharides*. **CRC Press**, p.25-46, 2019.

WANG, H.; SHI, Y.; LE, G. Rapid microwave-assisted synthesis of polydextrose and identification of structure and function. **Carbohydrate polymers**, v. 113, p. 225-230, 2014.

WANG, J., *et al.* Oral supplementation with ginseng polysaccharide promotes food intake in mice. **Brain and Behavior**, v. 9, n. 9, p. e01340, 2019.

WANG, J. *et al.* Polysaccharide-based colloids as fat replacers in reduced-fat foods. **Trends in Food Science & Technology**, p. 104195, 2023.

WANG, Y. *et al.* Using cellulose nanofibers and its palm oil pickering emulsion as fat substitutes in emulsified sausage. **Journal of food science**, v. 83, n. 6, p. 1740-1747, 2018.

WICKER, L. *et al.* Pectin as a bioactive polysaccharide—Extracting tailored function from less. **Food Hydrocolloids**, v. 42, p. 251-259, 2014.

XIE, J.H. *et al.* Advances on bioactive polysaccharides from medicinal plants. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 56, n. sup1, p. S60-S84, 2016.

YANG, J. *et al.* Preparation and application of micro/nanoparticles based on natural polysaccharides. **Carbohydrate polymers**, v. 123, p. 53-66, 2015.

YU, B. *et al.* Preparation of nanofibrillated cellulose from grapefruit peel and its application as fat substitute in ice cream. **Carbohydrate Polymers**, v. 254, p. 117415, 2021.

ZBIKOWSKA, A.; KOWALSKA, M.; PIENIOWSKA, J. Assessment of shortcrust biscuits with reduced fat content of microcrystalline cellulose and psyllium as fat replacements. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 8, p. e13675, 2018.

ZDUNEK, A.; PIECZYWEK, P.M.; CYBULSKA, J. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 1, p. 1101-1117, 2021.