

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

NÚBIA MEDEIROS CARVALHO MOURA

**APLICAÇÃO DE OLEOGÉIS EM SUBSTITUIÇÃO A GORDURA PARCIALMENTE
HIDROGENADA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS – UMA REVISÃO**

Florianópolis

2022

NÚBIA MEDEIROS CARVALHO MOURA

**APLICAÇÃO DE OLEOGÉIS EM SUBSTITUIÇÃO A GORDURA PARCIALMENTE
HIDROGENADA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS – UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Manique Barreto

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Moura, Núbia Medeiros
APLICAÇÃO DE OLEOGÉIS EM SUBSTITUIÇÃO A GORDURA
PARCIALMENTE HIDROGENADA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS - UMA
REVISÃO / Núbia Medeiros Moura ; orientador, Pedro Luiz
Manique Barreto, 2022.
42 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. I. Luiz Manique
Barreto, Pedro. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
III. Título.

NÚBIA MEDEIROS CARVALHO MOURA

**APLICAÇÃO DE OLEOGÉIS EM SUBSTITUIÇÃO A GORDURA PARCIALMENTE
HIDROGENADA EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS – UMA REVISÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Local, 08 de fevereiro de 2022.

Prof^a. Dr^a. Ana Carolina de Oliveira Costa

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Pedro Luiz Manique Barreto

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Itaciara Larroza Nunes

Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Maria Manuela Camino Feltes

Avaliadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, tenho de agradecer à Deus e aos meus pais por todo o suporte fornecido desde o início. Vocês são a base de tudo e me ensinaram todos os valores que devo carregar ao longo dessa caminhada.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram, independentemente de qualquer coisa, saibam que também estou aqui para vocês em qualquer situação.

Aos meus excelentes mestres, com quem aprendi muito mais do que ofertado em aula. À Carmen, por ouvir sempre meus lamentos na sala da coordenação e me ensinar que preciso ser maior que meus medos. À Jane, com quem sempre adorei debater e conversar e muitas das vezes fiz com que as aulas se estendessem além do limite. Ao Pedro, que confiou no meu potencial e me deu a oportunidade de aprender e designar inúmeras funções no estágio. Ao Jonas, que sempre fez tudo o que foi possível para facilitar a vida dos alunos. Aos demais professores, doutorandos e mestrandos, meu profundo carinho e consideração. Todos contribuíram de alguma forma no meu caráter e na minha formação.

A todos os colaboradores com quem conversei no CCA. O bom dia prestativo e amoroso da dona Sônia muitas vezes me fez esboçar um sorriso sincero em dias solitários.

Aos meus colegas de estágio, com quem aprendi a desenvolver mais profissionalismo, determinação e coragem, e que me proporcionaram momentos de alegria e descontração.

A todos que de alguma forma passaram e fizeram a diferença, só tenho a agradecer. Tudo acontece no momento certo e me sinto extremamente honrada e grata por ter aprendido tanto e ensinado um pouco do que quer que seja. A vida é feita de trocas e compartilhar é um dos sentimentos mais gratificantes que existem.

E por último e não menos importante, meu enorme agradecimento à UFSC, instituição pública, gratuita e de qualidade. Sou imensamente grata por me proporcionar todas as experiências que tive nesse ambiente. Que as instituições públicas continuem construindo o futuro de muitos e muitos jovens, assim como construiu o meu.

RESUMO

Amplamente utilizada na indústria de alimentos, a gorduras parcialmente hidrogenada é um ingrediente capaz de fornecer características importantes como melhora da textura, plasticidade, aumento da estabilidade oxidativa e sensação agradável ao paladar, entretanto estudos apontam que o consumo excessivo de gordura parcialmente hidrogenada presente em formulações alimentícias pode acarretar em obesidade, doenças cardiovasculares e desordens metabólicas por conta da gordura trans presente na composição desse ingrediente. Por esse motivo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou através da RDC 332/2019 e atualizou através da RDC 514/2021 a redução gradual dessas gorduras com substituição por completo que deve ocorrer até 2023. De acordo com estudos recentes, os oleogéis podem ser considerados bons substituintes à gordura parcialmente hidrogenada já que são sistemas semi-sólidos que contém baixo teor de ácidos graxos saturados (AGS). Dentre os substratos mais utilizados para a formulação de oleogéis de acordo com a literatura referenciada, cita-se as ceras vegetais, fitoesteróis como o γ -orizanól e β -sitoesterol e compostos derivados da celulose como a hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo buscar na literatura estudos que abordassem esse tema e introduzisse suas características e benefícios frente a indústria de alimentos

Palavras-chave: Oleogéis, gordura parcialmente hidrogenada, doenças cardiovasculares.

ABSTRACT

Widely used in the food industry, partially hydrogenated fats are an ingredient capable of providing important characteristics such as improved texture, plasticity, increased oxidative stability, and a pleasant taste sensation. However, studies show that excessive consumption of partially hydrogenated fat in food formulations can lead to obesity, cardiovascular disease, and metabolic disorders due to the trans fat present in the composition of this ingredient. For this reason, the National Health Surveillance Agency (ANVISA) published through RDC 332/2019 and updated through RDC 514/2021 the gradual reduction of these fats with complete replacement that must occur by 2023. According to recent studies, oleogels can be considered good substitutes for partially hydrogenated fat since they are semi-solid systems that contain low levels of saturated fatty acids (SFA). Among the most commonly used substrates for formulating oleogels according to the referenced literature are vegetable waxes, phytosterols such as γ -oryzanol and β -sitosterol, and cellulose-derived compounds such as hydroxypropylmethylcellulose (HPMC). In this context, the present work aimed to search the literature for studies that addressed this topic and introduced its characteristics and benefits facing the food industry.

Keywords: Oleogels, partially hydrogenated fat, cardiovascular diseases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Exemplos de estruturas de ácidos graxos com insaturações.	17
Figura 2: Configuração estrutural geral da molécula de triacilglicerol.	18
Figura 3: Organização de triacilgliceróis em estado sólido e líquido, respectivamente.....	19
Figura 4: Diferenciação na isomeria de cadeias <i>cis</i> e <i>trans</i>	19
Figura 5: Identificação das estruturas dos oleogéis sendo a) Géis fortes e b) Géis fracos.	22
Figura 6: Esquema ilustrativo da obtenção de diferentes sistemas de oleogéis.	23
Figura 7: Diferentes métodos de obtenções dos oleogéis.....	24
Figura 8: Fórmula estrutural do Monoestearato de Sorbitana	28
Figura 9: Diferenciação das interações entre agentes estruturantes encontrados em oleogéis mistos.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lipídios e suas classificações.	18
Quadro 2: Identificação dos pontos de fusão de ácidos graxos.	20
Quadro 3: Exemplos de produtos alimentícios de acordo com as categorias citadas.	25
Quadro 4: Compilado de trabalhos de pesquisa com aplicação de oleogéis em formulações alimentícias.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da cera refinada de Candelila.....	27
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG – Ácidos graxos

AGS – Ácidos graxos saturados

AGT – Ácidos graxos *trans*

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

FDA – *Food and Drug Administration*

TAG – Triacilglicerol

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

GRAS - *Generally Recognized As Safe*

SMS – Monoestearato de Sorbitana

HPMC – Hidroxipropilmetilcelulose

PC – Componentes Polares menores

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	Metodologia	16
3	Revisão Bibliográfica.....	17
3.1	LIPÍDIOS.....	17
3.2	DEFINIÇÃO DOS OLEOGÉIS	21
3.3	CARACTERIZAÇÃO DOS OLEOGÉIS	22
3.3.1	Dispersão direta	24
3.3.2	Dispersão indireta.....	25
3.3.3	Sistemas bifásicos estruturados	25
3.3.4	Estruturação por sorção de óleo.....	26
3.4	AGENTES ESTRUTURANTES.....	26
3.4.1	Ceras	26
3.4.2	Esteróis.....	27
3.4.3	Compostos derivados da Celulose	28
3.4.4	Monoestearato de Sorbitana	28
3.4.5	Monoacilgliceróis	29
3.4.6	Formulações mistas	30
3.5	APLICAÇÕES E TIPOS DE FORMULAÇÕES.....	30
3.6	PERSPECTIVAS PARA O FUTURO	33
4	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Óleos e gorduras são responsáveis por fornecer nutrientes que atuam em diversas funções essenciais do corpo humano, atuando como fonte de energia e de ácidos graxos (AG) e realizando atividades metabólicas, sendo responsáveis pela manutenção e bom funcionamento do organismo (ROCHA et al., 2018). Também são amplamente utilizados na indústria alimentícia por conferir textura e sabor, podendo aumentar o *shelf life* do produto (MENG et al., 2018). Entretanto, para que essas matrizes sejam melhor desenvolvidas, a indústria realiza diferentes processos de obtenção para que essas estruturas se convertam em materiais semi-sólidos. Dentre essas diferentes formas de obtenção, têm-se os processos de hidrogenação parcial e total, interesterificação e fracionamento, sendo a etapa de hidrogenação parcial o processo a fornecer alto índice de gordura *trans* em sua composição, apesar de fornecer melhoria em aspectos essenciais do produto como maior estabilidade oxidativa, textura e plasticidade, sendo utilizada para produzir *shortenings*, margarinas e *blends* para frituras. A isomerização das cadeias carbônicas são as grandes responsáveis pela produção de gordura *trans*, matriz capaz de ocasionar diversas doenças como diabetes *mellitus*, síndrome metabólica, problemas cardiovasculares e câncer (DASSANAYAKE et al., 2012).

Nesse contexto, o órgão regularizador Food and Drug Administration (FDA) determinou desde 2015 que a utilização desses ingredientes não é reconhecida como segura, sugerindo mais estudos acerca de possíveis substituintes que além de suprir a necessidade de complemento das formulações mantenha as características organolépticas essenciais e traga benefícios nutricionais adicionais ao consumidor (DOAN, et al., 2018).

No Brasil em 2015 foi criado o Projeto de Lei 478/2015 e aprovado em abril de 2017 com o intuito de proibir a inclusão de gordura parcialmente hidrogenada nas formulações alimentares. Em 2018, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) lançou a RDC 332/2019 que posteriormente foi atualizada para RDC 514/2021 abrindo espaço para a discussão regulatória de ácidos graxos *trans* (AGT) nos alimentos, chegando-se à conclusão de que por esses compostos serem prejudiciais ao organismo devem ser banidos das formulações alimentícias até 2023.

Estudos de De Vries et al., (2017) afirmam que agentes estruturantes são capazes de modificar a estrutura de óleos vegetais, criando característica física de semi-sólidos. Sendo assim os oleogéis, compostos comestíveis formulados a partir de óleo líquido e agentes estruturantes podem se considerar viáveis para a substituição da gordura parcialmente hidrogenada em alimentos (MENG et al., 2018), já que conferem características similares às

gorduras parcialmente hidrogenadas e são classificadas como zero *trans*, funcionando como alternativa que se manifesta dentro das leis previstas, contribuindo com a ciência ao criar soluções tecnológicas para atuar frente a indústria.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Esse estudo possui como objetivo reunir na literatura características, vantagens e dificuldades tecnológicas ao utilizar diferentes formulações de oleogéis em produtos alimentícios como substituinte da gordura parcialmente hidrogenada em produtos alimentícios diversos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Compreender as diferentes formas de obtenção dos oleogéis;

Caracterizar suas estruturas e compreender seu mecanismo de atuação;

Realizar um comparativo com a gordura parcialmente hidrogenada, demonstrando sua similaridade com relação a aspectos de textura e características organolépticas bem como suas vantagens comparado a essa matéria-prima;

Demonstrar através de estudos anteriores sua aplicação frente a indústria sendo aplicados à diferentes matrizes alimentícias;

Realizar um compilado contendo diversos estudos acerca do tema proposto prevendo a melhor compreensão e aplicação prática para o leitor.

2 METODOLOGIA

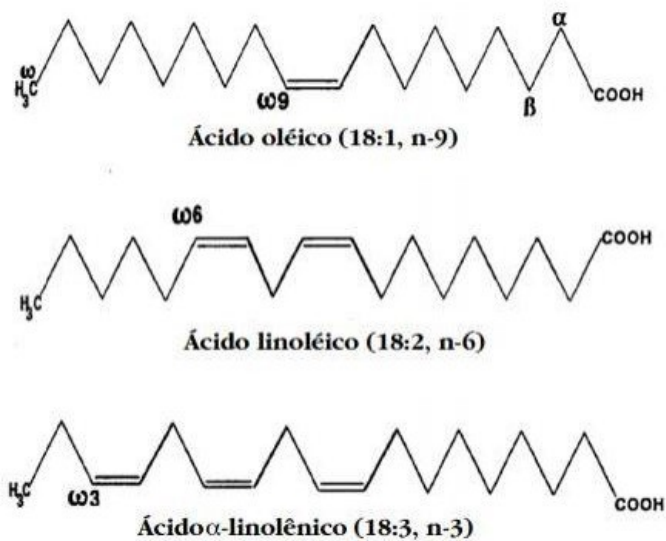
O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura tradicional sobre os aspectos relacionados aos lipídios e oleogéis, além de uma pesquisa realizada em bases de dados de acesso eletrônico como *CABI*, *IFT*, *Scopus*, *Science Direct*, *Scielo* e *Scholar Google* para obtenção de dados bibliográficos utilizando como palavras-chave: oleogéis, alternativas tecnológicas e substituição de gordura parcialmente hidrogenada. Os estudos utilizados levam em consideração principalmente as características de cada formulação de oleogel, suas particularidades, benefícios e aplicabilidade em alimentos. É um convite para que ocorram ainda mais estudos acerca do tema proposto, investigando hipóteses e aprimorando formulações e aplicações.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LIPÍDIOS

Os lipídios são compostos formados por cadeia alifática com a presença de grupo carboxílico, apresentando afinidade em solventes orgânicos. São encontrados na forma líquida, sendo denominado de óleos, ou na forma sólida em temperatura ambiente, como gorduras, podendo ser subdivididos entre azeites quando são derivados de polpas ou manteigas, gorduras vegetais sólidas a temperatura ambiente. Possuem diversas classificações e subclassificações, diferindo entre si quanto ao tipo e tamanho da cadeia, ramificações, quantidade de ligações duplas, entre outros. A diferenciação mais comum em relação a polaridade é entre compostos polares ou apolares, relacionada com a sua solubilidade. Quando polar, o lipídio possui “cabeça” hidrofílica e cauda hidrofóbica (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA., 2010). São divididos ainda com relação a insaturações encontradas na cadeia, podendo possuir cadeias saturadas ou insaturadas (BELL et al., 1997).

Figura 1: Exemplos de estruturas de ácidos graxos com insaturações.



Fonte: Rose e Connolly, 1999.

Outro formato de organização dos lipídios fica por conta da sua diferenciação entre simples, compostos e derivados pois quando ocorre hidrólise, cada classe dá origem a diferentes substâncias (JORGE, 2009).

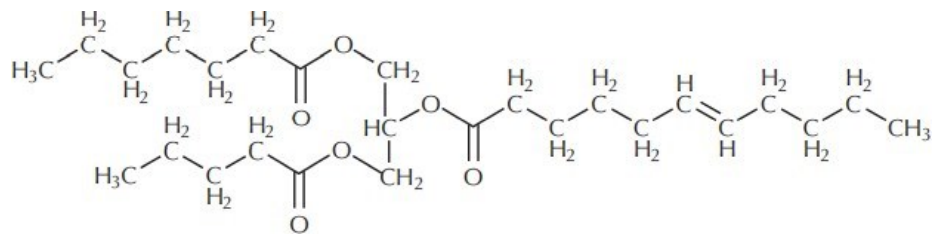
Quadro 1: Lipídios e suas classificações.

Lipídios	Classificação	Componentes
Acilgliceróis	Simples	Glicerol + AG
Ceras	Simples	Ésteres de AG + álcoois
Fosfolipídios	Composto	Glicerol + ácidos graxos + compostos de ácido fosfórico + base nitrogenada
Esfingomielinas	Composto	Esfingosina + ácido graxo + fosfato + colina
Cerebrosídeos	Composto	Esfingosina + ácido graxo + açúcar simples
Gangliosídeos	Composto	Esfingosina + ácido graxo + carboidrato
Esteróis	Derivado	Colesterol, fitoesteróis
Vit. Lipossolúveis	Derivado	A, D, E, K
Carotenóides	Derivado	-

Fonte: Nawar, 1996.

Apesar dos acilgliceróis poderem ser encontrados na natureza como mono ou diésteres, em sua grande maioria, são encontrados na forma de triacilgliceróis (TAG), compostos por três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol. São responsáveis por fornecer energia, podendo ser armazenados como tecido adiposo para posteriormente serem hidrolisados em glicerol e ácidos graxos. São então transportados até órgãos como fígado, rins e músculos, onde são catabolizados, gerando energia. Além disso, são os grandes responsáveis pela biossíntese de membranas, produção de eicosanóides e balanço metabólico (MOREIRA; CURI; MANCINI, 2002).

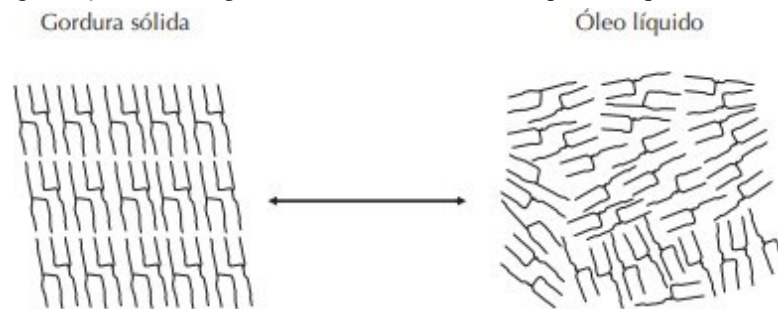
Figura 2: Configuração estrutural geral da molécula de triacilglicerol.



Fonte: Damodaran; Parkin; Fennema, 2010.

Quando se encontram na forma líquida em temperatura ambiente são denominados de óleos, já quando estão na forma sólida, gorduras. Essas diferenciações são encontradas pois suas cadeias alifáticas possuem diferentes proporções de grupos acila encontrados nos triacilgliceróis, tornando sua cadeia e estrutura distintas (JORGE, 2009).

Figura 3: Organização de triacilgliceróis em estado sólido e líquido, respectivamente.



Fonte: Damodaran e Parkin, 2018.

Os ácidos graxos geralmente são encontrados na natureza na configuração *cis*, ou seja, os carbonos da cadeia se encontram paralelos à ligação dupla. Já a isomeria *trans* possui carbonos organizados em lados opostos e são produzidos através de hidrogenação parcial, total e também em frituras por repetição. Em produtos de origem animal pode ocorrer através da biohidrogenação. Esse processo ocorre através de enzimas microbianas presentes no rúmen de animais como vacas e ovelhas convertendo os ácidos graxos, alterando sua configuração (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA., 2010).

Figura 4: Diferenciação na isomeria de cadeias *cis* e *trans*.



R, R' Cadeia hidrocarbonada

Fonte: Moreira; Curi; Mancini, 2002.

Tanto a configuração espacial quanto a presença de ligações duplas na cadeia vão delimitar o ponto de fusão dos ácidos graxos. Enquanto as insaturações são responsáveis por conferir aspecto curvado na cadeia, fazendo com que essa molécula seja não linear e apresentando baixo ponto de fusão por conta das fracas interações de van der Waals, a configuração *trans* vai trazer mais estabilidade, provocando enovelamentos mais firmes na molécula, e como consequência, maiores pontos de fusão (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA., 2010).

A configuração das moléculas vai interferir diretamente no seu aspecto, quando o conteúdo de ácidos graxos insaturados for alto são encontradas na forma líquida, quando ocorre maior concentração de ácidos graxos saturados, são sólidas (CASTRO, 2014).

Quadro 2: Identificação dos pontos de fusão de ácidos graxos.

Triacilglicerol	Ponto de fusão (°C)
Ácido láurico (C12:0)	46
Ácido mirístico (C14:0)	58
Ácido palmítico (C16:0)	66
Ácido esteárico (C16:0)	73
Ácido oléico (C18:1)	5
Ácido linoléico (C18:2)	-13
Ácido linolênico (C18:3)	-24

Fonte: Adaptação de Walstra, 2003.

A importância da inclusão de lipídios na dieta provém da necessidade metabólica do organismo, já que esse componente atua em diversos setores estruturando membranas celulares e participando de reações enzimáticas, síntese hormonal, produção de ácidos graxos essenciais e sendo precursora de vitaminas lipossolúveis. É uma fonte alimentar considerada altamente energética já que fornece 9 kcal por grama (JORGE, 2009).

De modo geral, a extração de óleo ocorre em ampla escala com o intuito de utilização em setores industriais de alimentos, cosméticos, fármacos e na produção de biodiesel. Essa extração pode ocorrer através de prensagem ou adição de solvente à matéria-prima, entretanto, esse produto vai conter diversos constituintes desagradáveis como ácidos graxos livres, fosfolipídios e corantes naturais como caroteno e clorofila, sendo necessário o refinamento desse óleo para posterior consumo.

Na produção de gordura parcialmente hidrogenada ou *trans*, além do processo de refino ocorre ainda a etapa de hidrogenação, onde ocorre a adição de hidrogênios nas insaturações com o objetivo de tornar essas ligações mais estáveis à oxidação e consequentemente, aumentando o ponto de fusão.

A inclusão de lipídios em formulações alimentícias tem o objetivo de incorporar características sensoriais importantes ao produto, impactando positivamente na textura, espalhabilidade, sensação na boca, maciez e crocância e podendo inclusive atuar como emulsificante, umectante e texturizante. Tem capacidade de favorecer processos como transmissão de calor, sendo importante por exemplo para produtos como sorvetes e congelados no caso de refrigeração ou frituras (JORGE, 2009).

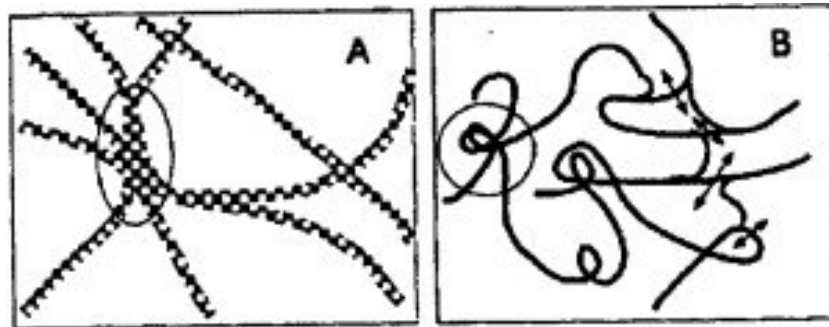
Por conta de diversos efeitos maléficos ao organismo causados por gorduras saturadas e *trans*, em 2019 a ANVISA publicou a RDC 332/2019 com o intuito de reduzir de forma gradual a incorporação de gorduras parcialmente hidrogenadas e *trans* em produtos alimentícios até que seja banida por completo em 2023, demonstrando a importância em se estudar possíveis substitutos da gordura parcial hidrogenada tais como os oleogéis.

3.2 DEFINIÇÃO DOS OLEOGÉIS

De modo geral, os oleogéis são constituídos de uma base oleosa dispersa em um agente estruturante, formando uma rede tridimensional capaz de reter a fase líquida, com característica de semi-sólido. São substâncias comestíveis formadas a partir de agentes estruturantes, sendo esses responsáveis pelo aprisionamento da fase oleosa, formando uma rede tridimensional considerada termorreversível (DOAN et al., 2018). Sua utilização torna-se uma alternativa viável para substituição da gordura *trans* utilizada em produtos alimentícios e vem sendo estudada nos últimos anos (MENG et al., 2017).

De acordo com Schott (1995), existem duas possíveis formas estruturais nos oleogéis, e embora ambos sejam caracterizados como termorreversíveis, no primeiro caso há formação de gel mais rígido com referência e viscosidade mais próximas a materiais sólidos enquanto no segundo caso ocorre a formação de géis considerados mais fracos com característica similar aos líquidos, este último apresentando elasticidade por um tempo menor.

Figura 5: Identificação das estruturas dos oleogéis sendo a) Géis fortes e b) Géis fracos.



Fonte: ALMEIDA, 2002.

Dentre os motivos que influenciam a gelificação são citados os tipos de solventes utilizados, a conformação das moléculas e suas polaridades, a concentração e temperatura a que são submetidas e a natureza do agente estruturante. (ALMEIDA, 2002).

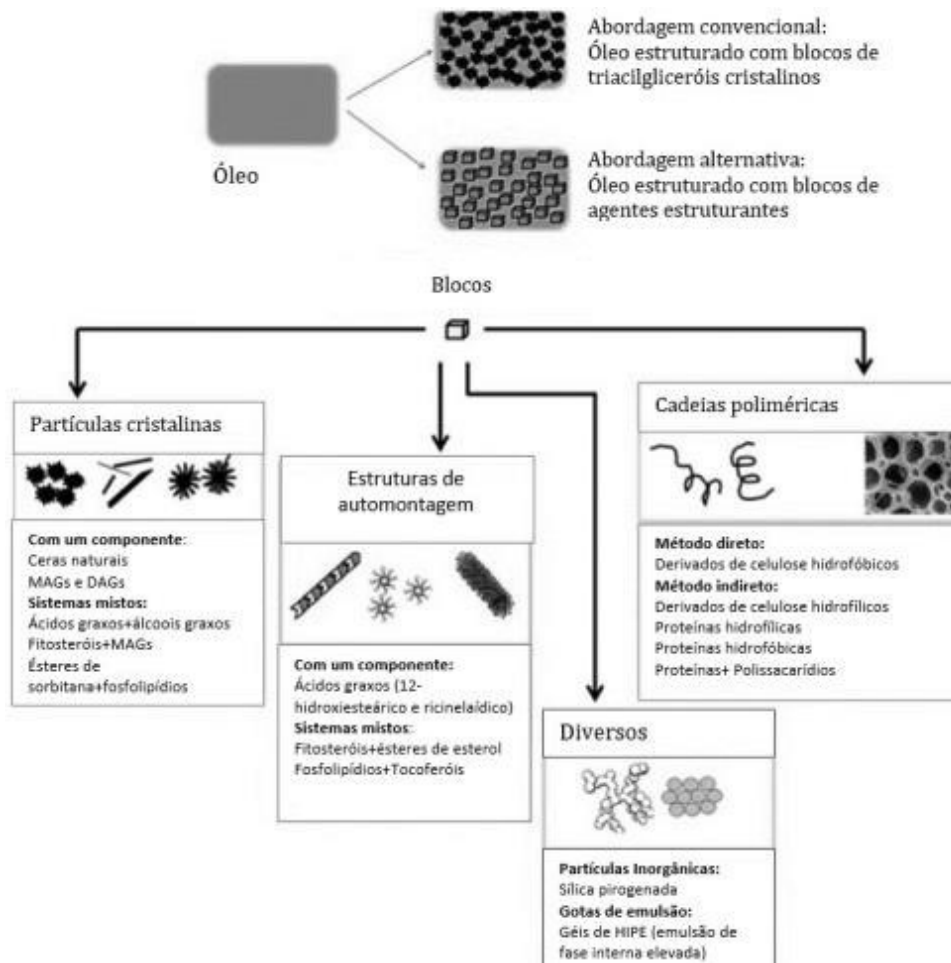
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS OLEOGÉIS

Segundo Marangoni e Garti (2018), os oleogéis são alternativas viáveis para substituição de gorduras saturadas e *trans* na indústria alimentícia e se dividem em subgrupos como formação de partículas cristalinas, fios poliméricos, fibras cristalinas, rede de partículas e fase cristalina e líquida. A obtenção de oleogéis é possível a partir de baixas concentrações de agente estruturante, em torno de 10% em matéria oleosa como óleos vegetais (CHAVES, 2019).

Os oleogéis podem ser obtidos através de métodos convencionais ou não convencionais. No modo convencional, os triacilgliceróis formam cristais de alto ponto de fusão estruturados com ácidos graxos saturados dispersos em uma fase oleosa,

enquanto na fase não convencional utiliza-se agentes estruturantes para estruturar a rede e formar o composto semi-sólido (SANSÓN, 2019).

Figura 6: Esquema ilustrativo da obtenção de diferentes sistemas de oleogéis.

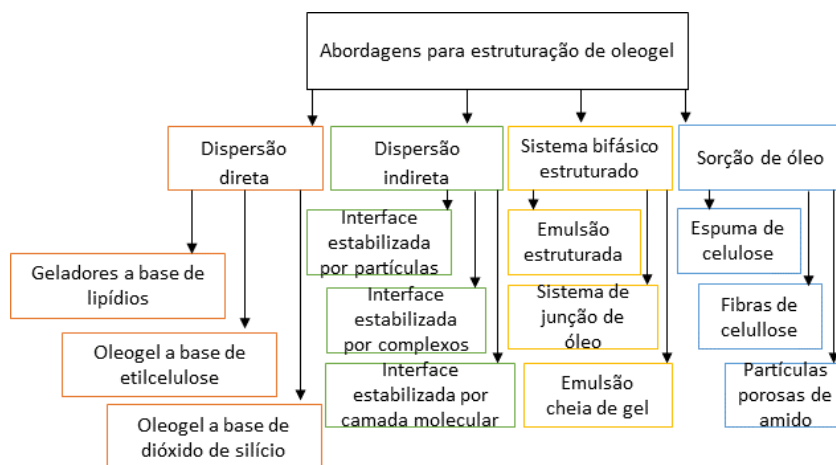


Fonte: Pattel e Dewettinck, 2015.

Existem diversas formas de obtenção de oleogéis, sendo necessária a utilização de um agente estruturante que vai ser responsável por oferecer característica de material semi-sólido em conjunto a uma fase oleosa líquida, que vai estruturar o material (DE VRIES et al., 2017). As duas formas mais comumente utilizadas são a dispersão de agente estruturante (fase sólida) em fase líquida ou mecanismos próprios de auto estruturação, encontradas em agentes estruturantes que possuem baixo peso molecular (CHAVES; BARRELA-ARELLANO E RIBEIRO, 2018). Dentre os agentes estruturantes mais utilizados para a produção de oleogéis encontram-se os ácidos e álcoois graxos, fitoesteróis, monoestearato de sorbitana, ceras e misturas com lecitina (ROGERS; WRIGHT E MARANGONI, 2009).

São obtidos através de diferentes métodos. O método direto é realizado com a adição de agentes estruturantes diretamente em óleo. O método indireto é realizado através da formação de uma emulsão contendo um ou mais agentes estruturantes e enfim, disperso em base oleosa para formação de gel (JIANG et al., 2017). A estrutura dos oleogéis são obtidas a partir de diferentes abordagens, variando de acordo com as características e composição molecular de um ou mais agentes estruturantes (PATEL, 2015), bem como a forma de estruturação de cada composição, podendo ser partículas cristalinas, formação de rede tridimensional, rede cristalina induzida por auto-montagem ou rede de partículas e fios poliméricos (MARANGONI E GARTI, 2011).

Figura 7: Diferentes métodos de obtenções dos oleogéis.



Fonte: Adaptada de Pattel e Dewettinck, 2016.

3.3.1 Dispersão direta

Quando ocorre dispersão direta, um ou mais agentes estruturantes são adicionados diretamente na fase oleosa com temperatura de fusão ideal para derretimento e incorporação do agente estruturante. É a abordagem mais comumente utilizada para obtenção de oleogéis, entretanto, a morfologia de cristais pode demonstrar diferenciação de acordo com o tipo de agente estruturante utilizado (PATTEL; DEWETTINCK, 2016).

3.3.2 Dispersão indireta

A dispersão indireta serve como alternativa quando se utiliza polímeros hidrofílicos como agente gelificante. Já existem inúmeros polímeros capazes de serem adicionados em formulações alimentícias (PATEL, 2015), entretanto, por serem hidrofóbicos necessitam de uma metodologia capaz de integrar esse ingrediente. Nesse caso, a abordagem indireta atua com a adição de um ou mais polímeros que são hidratados previamente em água para facilitar a adsorção do solvente, possibilitando uma interação entre polímero-solvente mais forte. A combinação entre concentração e temperatura do processo resulta em uma emulsão (PATEL, 2014).

3.3.3 Sistemas bifásicos estruturados

Essa categoria engloba sistemas que são compostos de água e óleo, podendo chegar de 70 a 80% do conteúdo de água em sua formulação e sendo denominados de emulgéis ou bigéis (PATEL; DEWETTINCK, 2016; SANSÓN, 2019). Esse sistema pode se comportar de diferentes maneiras e por conta disso é dividido em categorias:

1. Emulsões de água em óleo estruturadas por biopolímeros, sendo eles proteínas ou polissacarídeos;
2. Emulsões contendo alta concentração de gotículas de gordura espalhadas por toda a formulação;
3. Emulsões de óleo estruturadas por cristais de gordura.

Quadro 3: Exemplos de produtos alimentícios de acordo com as categorias citadas.

Categorias	Produtos
1	Derivados lácteos
2	Molhos
3	Manteiga e margarina

Fonte: PATEL; DEWETTINCK, 2016.

O tamanho das gotículas de gordura encontradas na emulsão influencia em características importantes como textura e sabor, portanto, a composição do sistema bifásico acaba sendo dependente da quantidade de água e gordura adicionadas à formulação. Quanto

menor a concentração de lipídios na estrutura, mais cremoso e viscoso tende a ser o oleogel, entretanto, quando há maior quantidade aquosa, as gotículas de gordura tendem a ser menores, influenciando na estabilidade do composto (PATEL; DEWETTINCK, 2016; SANSÓN, 2019; BORREANI *et al.*, 2017).

3.3.4 Estruturação por sorção de óleo

O processo de sorção inclui adsorção e absorção do líquido simultaneamente. De acordo com Patel e Dewettinck (2016), a utilização de substâncias porosas que possuem alta área de superfície servem para reduzir ou limitar a umidade, auxiliando na textura do produto. Através de estudos de Patel et al (2013) foi desenvolvida uma espuma formulada com HPMC, polímero solúvel em água, como modelo.

3.4 AGENTES ESTRUTURANTES

Os agentes estruturantes têm como função oferecer estabilidade ao oleogel, formando uma rede capaz de reter a fase oleosa e manter um sistema estruturado através do aumento da viscosidade do material. São exemplos de agentes estruturantes as ceras, alguns esteróis como γ -Oryzanol e β -sitosterol, a hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), e o monoestearato de sorbitana (SMS) além de macromoléculas como proteínas e polissacarídeos (FOGUEL., 2021; SILVA, BARRERA-ARELLANO e RIBEIRO., 2021).

3.4.1 Ceras

As ceras são substâncias oriundas de vegetais que possuem função de proteção. São compostas por longas cadeias de hidrocarbonetos contendo ésteres, ácidos graxos e álcoois graxos e possuem alto ponto de fusão, motivo pelo qual têm sido amplamente estudadas para aplicação em oleogéis (SILVA; BARRERA-ARELLANO; RIBEIRO., 2021). São compostos interessantes do ponto de vista tecnológico já que possuem baixo custo para indústria e tem capacidade de gelificação em baixas concentrações por conta dos n-alcenos presentes em sua cadeia. Segundo Zuin *et al.*, (2017), são capazes de estruturar óleos comestíveis.

Algumas ceras já são utilizadas pela indústria de alimentos para revestimento comestível em frutas e legumes com intuito de proteger os alimentos de patógenos e aumentar seu tempo de prateleira. Entre as ceras mais comumente encontradas e utilizadas pela

indústria pode-se citar a cera de candelila, arroz, abelha, carnaúba e girassol. Algumas dessas ceras são obtidas através de processos para a produção de óleos vegetais, como a purificação e o refinamento (MOREAU *et al.*, 2018). Apesar de sua composição depender de fatores como o tipo de ambiente em que é cultivado e genética, as ceras possuem como característica em sua composição longas cadeias. A estrutura da cera de candelila, por exemplo, possui cadeia longa com mais de 30 carbonos sem insaturações entre as ligações (FABIO, 2020).

Tabela 1: Composição da cera refinada de Candelila.

Composição	Cera refinada (%)
Hidrocarbonetos	57
Ésteres simples	21
Álcoois livres	14
Ésteres hidroxilados	8
Ácidos livres	7

Fonte: Adaptada de Rojas-Molina *et al.*, 2011.

3.4.2 Esteróis

Os esteróis são encontrados em óleos e gorduras e possuem cadeia aberta insaturada contendo um grupo hidroxílico com oito carbonos ou mais em sua estrutura e derivam de um composto denominado esqualeno (JORGE., 2009). Dentre os diversos esteróis conhecidos, cita-se na literatura o γ -oryzanol e β -sitosterol para estruturação de oleogéis, já que são capazes de formar cristais (SILVA, BARRERA-ARELLANO e RIBEIRO., 2021).

Estudos realizados por Scharfe *et al.*, (2019), indicam que os componentes polares menores (PC) encontrados no β -sitosterol e γ -orizanol influenciam na transição de solução para oleogel, formando uma relação inversamente proporcional com a concentração desses componentes. Isso acontece porque esses compostos interagem com os elementos responsáveis pela estruturação, influenciando também no sistema de auto-montagem do oleogel. A estrutura formada é tubular e influencia as propriedades dos oleogéis já que tendem a aumentar a resistência térmica dos mesmos. A mistura binária de γ -oryzanol e β -sitosterol criam um comportamento duplo eutético, ou seja, formam um composto homogêneo capaz de formar uma rede forte e complexa, comprovando a viabilidade de formação de oleogel através dessas estruturas (SAWALHA *et al.*, 2015).

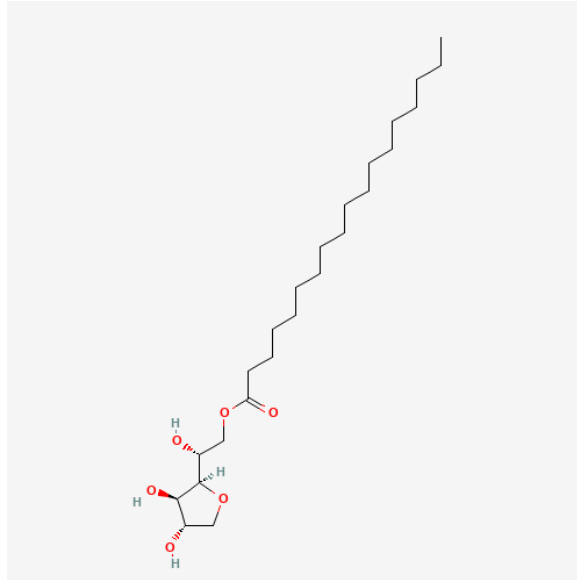
3.4.3 Compostos derivados da Celulose

A celulose é um composto amplamente encontrado pois constitui a parede celular de plantas. Possui diversas propriedades, sendo utilizado pela indústria como emulsificante, estabilizante, espessante e agente gelificante. Sua molécula é composta de grupos hidroximetil e anidroglicose, sendo, portanto, insolúvel em água. A obtenção de seus derivados é realizada através de reações em meio básico com adição de alguns solventes, gerando compostos metilados como a hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), utilizada na produção de filmes comestíveis (FERREIRA., 2011; FELLOWS., 2018). A hidroxipropilmetilcelulose é um polímero de cadeia aberta com fórmula química $C_{56}H_{108}O_{30}$. Sua obtenção ocorre a partir da substituição do grupo hidroxil, é amplamente utilizada na indústria de alimentos como espessante e estabilizante (NIH, 2019; PATEL et al., 2013) e confere cremosidade para molhos e temperos (FELLOWS., 2018). A etilcelulose possui fórmula molecular $C_{20}H_{38}O_{11}$ e é obtida através da esterificação da celulose. Estudos de Melzer et al., (2003) indicam que a etilcelulose tem capacidade de estabilizar emulsões do tipo A/O com potencial para substituição de gorduras em produtos alimentícios.

3.4.4 Monoestearato de Sorbitana

O monoestearato de sorbitana (SMS), também conhecido como Span 60 possui como fórmula molecular $C_{24}H_{46}O_6$. Na indústria de alimentos é utilizado como surfactante e emulsificante, sendo utilizado para formação de oleogéis na concentração de cerca de 10%, quanto maior sua concentração em conjunto com óleo, maior a viscosidade (NIH, 2019; SANSÓN, 2019).

Figura 8: Fórmula estrutural do Monoestearato de Sorbitana.



Fonte: NIH, 2019.

3.4.5 Monoacilgliceróis

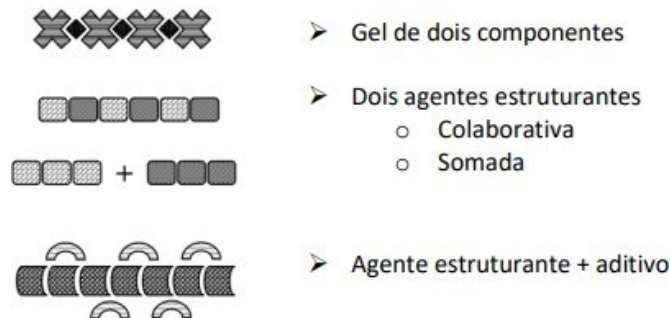
Os acilgliceróis são comumente encontrados em animais e plantas e podem existir na forma de mono, di e triésteres. São constituídos de cadeia carbônica contendo éster e glicerol. Os monoacilgliceróis são substâncias utilizadas pela indústria alimentícia como aditivo alimentar, atuando como surfactante, reduzindo a tensão interfacial que ocorre entre as fases oleosa e aquosa. Possuem estrutura bem definida com cabeça hidrofílica e cauda hidrofóbica e por conta disso, para adsorver compostos encontra dificuldades por conta da conformação estrutural da molécula. Seu valor HLB (equilíbrio hidrofílico-lipofílico) para ésteres de monoacilgliceróis fica em 4,7, sendo possível observar uma leve inclinação para solubilidade em compostos hidrofílicos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA., 2010).

Os monoacilgliceróis possuem potencial para atuar como agentes estruturantes em formulações de oleogel já que são capazes de formar uma fase cristalina laminar denominada liotrópica, ou seja, contém moléculas anfipáticas na solução, interagindo tanto com a fase aquosa quanto com a fase oleosa (DA SILVA, ARELLANO E MARTINI, 2019). Enquanto emulsificam, as estruturas cristalinas presentes nos monoacilgliceróis encapsulam o óleo, fornecendo estruturação para formação de oleogel (MARANGONI *et al.*, 2007). Esse mecanismo ocorre durante o aquecimento dessas estruturas (SILVA, ARELLANO E RIBEIRO, 2021).

3.4.6 Formulações mistas

Segundo Sansón (2019), oleogéis mistos tendem a ser alternativas mais interessantes para produção e aplicabilidade pois acaba sendo mais fácil ajustar propriedades como reologia, ponto de fusão e estabilidade do oleogel. Nesse caso, existem diferentes possibilidades de obtenção, uma delas é a utilização de dois agentes estruturantes para produção sendo que ambos sozinhos não são capazes de produzir uma estrutura semi-sólida e nesse caso, não poderiam ser utilizados de forma isolada. Outra forma de trabalhar com os agentes estruturantes é sendo utilizados para atuar em sinergia, quando os agentes são capazes de atuarem sozinhos mas somam características benéficas para produzir o oleogel, e por último, a atuação de um agente estruturante em conjunto com composto incapaz de gelatinizar, sendo nesse caso o único responsável pela estruturação do gel o agente estruturante (PATEL, 2017).

Figura 9: Diferenciação das interações entre agentes estruturantes encontradas em oleogéis mistos.



Fonte: Patel, 2017.

3.5 APLICAÇÕES E TIPOS DE FORMULAÇÕES

O uso em potencial de oleogéis servem para alimentos comercializados como emulsões, podendo citar como exemplo a margarina, maionese e queijos processados. A adição de agente estruturante em material oleoso tem o intuito de reduzir a migração de óleo das matrizes alimentícias (CHAVES; BARRERA ARELLANO E RIBEIRO., 2018).

Em estudos realizados pelo autor em projeto de iniciação científica, foram obtidos oleogéis a partir de óleo de semente de uva utilizando como

agente estruturante cera de candelila em concentrações de 2, 3, 5 e 7%, empregando o método direto de obtenção. Através de análise visual foi possível observar que a formulação 1 contendo 2% de agente estruturante apresentou um gel viscoso e fraco, portanto foi desconsiderada para aplicação. Para aplicação em biscoitos foi realizada a análise de textura que quando comparado à formulação padrão (adicionado de gordura hidrogenada) não demonstrou diferenças significativas ($p < 0,05$) para parâmetros de dureza e fraturabilidade. Entretanto, o produto com adição de óleogel apresentou gosto residual de candelila.

Estudos realizados por Boemer, Ribeiro e Chaves (2019) indicaram bons resultados da formulação de *spreads* de chocolate utilizando como substituição ao óleo de palma, oleogéis formulados através de óleo de girassol alto oleico com adição de agentes estruturantes variados (cera de candelilla monoestearato de sorbitana, monoacilgliceróis e *hardfat* de óleo de palma) em concentrações de 3% e 6%, reduzindo entre 69,79 a 76,04% de AGS na formulação.

Em um estudo realizado por Yilmaz e Ögütçü (2014), adicionou-se cera de abelha e de girassol à fase oleosa composta por óleo de oliva e foram obtidos oleogéis com concentração de 3%, 7% e 10% para posterior comparação de propriedades físico-químicas e reológicas com margarina. Como conclusão, as formulações de oleogéis se mostraram com potencial para substituição de margarina em aplicações alimentares.

Segundo Kim et al., (2021), o *blend* de proporção de 60% de cera de candelila e 40% de monoestearato de glicerol obteve boa performance na formulação de cremes para recheios quando comparado ao *shortening* utilizado anteriormente na mesma formulação. De acordo com o estudo, não houve diferenças significativas quanto à adesividade, migração de óleo, espalhabilidade e dureza, tendo uma redução de gordura saturada da formulação final entre 10.3% e 36.2%.

Através de formulações obtidas a partir de cera de abelha e óleo de colza foi possível investigar sua funcionalidade em patê de carne bovina. Foram criadas cinco formulações contendo respectivamente 2,5, 5,0, 7,5, 10 e 12,5% de concentração de cera de abelha. Concluiu-se que a inclusão da formulação de 10% de oleogel com esses ingredientes trouxe melhoria significativa em atributos como a composição de ácidos graxos e componentes nutricionais. Entretanto, a adição do oleogel reduziu a estabilidade oxidativa e a dureza quando armazenado a frio (GAO et al., 2021).

Sabe-se que a gordura tem um papel importantíssimo para estruturação e palatabilidade do sorvete, e por conta desse fator fica impossibilitado apenas substituir gordura hidrogenada por óleo líquido. Sabendo disso, em estudos realizados por Zulim Botega *et al.*, (2013), utilizou-se óleo de girassol alto oleico e cera de farelo de arroz na proporção 90:10 para substituição parcial de gordura hidrogenada em sorvete. De acordo com o estudo, a composição do oleogel foi capaz de formar gotículas de gordura em emulsão, além de manter a aeração presente na formulação. A desestabilização da gordura do leite e do oleogel foram similares. Entretanto, a estrutura do oleogel não foi suficiente para causar o efeito esperado quando comparado à formulação controle, sendo sugerido mais estudos acerca dessa formulação e aplicação em sorvetes.

Um estudo realizado por Da Silva *et al.*, (2019), salsichas do tipo bolonha foram produzidas com adição de oleogel formulado a partir de pele de porco, água e óleo de girassol alto oleico (HOSO). Foram testadas formulações com substituição da gordura de porco em porcentagens de 25, 50, 75 e 100% e posteriormente ocorreram análises sensoriais, tecnológicas, oxidativas e nutritivas. Realizadas as análises, as salsichas de diferentes formulações demonstraram valores de dureza e resistência de mastigação maiores quando comparados a formulação controle (FC), exsudação de gordura e água com valores inferiores e elasticidade e coesividade idênticas à FC. A porcentagem de gordura na formulação reduziu de acordo com o aumento de concentração de oleogel.

Quadro 4: Compilado de trabalhos de pesquisa com aplicação de oleogéis em formulações alimentícias.

Trabalho de pesquisa	Formulação	Aplicação
KIM, Minhyo <i>et al.</i> , 2021	Cera de Candelila e monoestearato de sorbitol	Creme para recheio
MOURA, Núbia, 2019	Óleo de semente de uva e cera de candelila	Biscoitos
GAO <i>et al.</i> , 2021	Óleo de colza e cera de abelha	Patê de coração bovino
ZULIM BOTEGA <i>et al.</i> , 2013	Óleo de girassol alto oleico e cera de farelo de arroz	Sorvete
ALVAREZ <i>et al.</i> , 2021	Óleo de girassol e HPMC	Chocolate
FOGUEL., 2021	Óleo de soja e cera de arroz e carnaúba	Cream cheese
	Óleo de girassol alto oleico e cera	

BOEMER, RIBEIRO e CHAVES., 2019	de candelila, monoestearato de sorbitana, monoacilglicerol e <i>hardfat</i> de óleo de palma	<i>Spreads</i> de chocolate
LI e LIU., 2019	Óleo de milho e monoestearato de glicerila, β -sitoesterol com lecitina e etil celulose	Chocolate meio amargo
WOLFER <i>et al.</i> , 2018	Óleo de soja e cera de farelo de arroz	Salsicha tipo Frankfurter
CONTY, THEIERL E FLÖTER, 2021	Óleo de soja, palma, cera de girassol, etilcelulose, β -sitoesterol e γ -oryzanol	Caldo em cubo
YILMAZ; ÖĞÜTCÜ, 2014	Azeite de oliva, cera de abelha e cera de girassol	Margarina
DA SILVA <i>et al.</i> , 2019	Pele de porco, água e HOSO	Salsicha tipo bolonha
OH <i>et al.</i> , 2019	Óleo de canola e HPMC	Preparado para hamburguer
OH e LEE., 2017	Óleo de girassol e HPMC	<i>Muffins</i>
SUN <i>et al.</i> , 2021	Óleo de milho, β -sitosterol, γ -oryzanol, ácido esteárico e lecitina	Chocolate

Fonte: Próprio autor (2022).

3.6 PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Os oleogéis têm se demonstrado uma tendência global que vem se destacando nos últimos anos por diversos fatores, dentre eles a variedade de opções possíveis para estruturação, sendo a grande maioria agentes estruturantes e bases oleosas de fontes naturais e vegetais. Além disso, essas estruturas são capazes de fornecer maior qualidade nutricional e funcional aos alimentos, sendo capaz de substituir de forma parcial e até integral as gorduras parcialmente hidrogenadas e *trans*, além de também funcionarem como opção a produtos com apelo *clean label*, que têm se demonstrado um mercado em constante crescimento por conta

da busca dos consumidores por alimentos menos industrializados e mais naturais (SILVA, BARRERA-ARELLANO e RIBEIRO., 2021) e desempenhar funções importantes como estabilizante, além de aumentar a resistência térmica em alimentos processados como produtos de panificação, embutidos cárneos, produtos lácteos, doces e *spreads* (PUSCAS *et al.*, 2020).

Portanto, os oleogéis são formulações com potencial de aprimoramento. A compreensão dos seus mecanismos, propriedades e caracterização ainda são considerados obstáculos pois precisam ser mais bem compreendidos, mas já demonstram ser subprodutos alimentares obtidos facilmente com potencial para aplicação em formulações diversas. Se faz necessário uma compreensão maior acerca deste tema até que os oleogéis sejam completamente aceitos e tenham suas discrepâncias tecnológicas minimizadas para que possam ter aplicação industrial. Seus ingredientes devem ser reconhecidos e aprovados por órgãos fiscalizadores com certas determinações e limites (MARTINS *et al.*, 2018).

4 CONCLUSÃO

Através desse estudo foi possível analisar diferentes obtenções, formulações e aplicações de oleogéis à diferentes matrizes alimentícias como opção à gordura parcialmente hidrogenada. Ainda se faz necessário a constância desses estudos com aplicação em diferentes matérias-primas bem como a investigação de suas estruturas a nível molecular para que esses sistemas coloidais sejam mais bem desenvolvidos, reconhecidos e utilizados pela indústria de alimentos num futuro próximo, melhorando a qualidade nutricional dos produtos para os consumidores.

REFERÊNCIAS

- ALBERIO, Constanza *et al.* A new sunflower high oleic mutation confers stable oil grain fatty acid composition across environments. **European Journal of Agronomy**, v. 73, p. 25-33, 2016.
- ALLMAN-FARINELLI, Margaret A. *et al.* A diet rich in high-oleic-acid sunflower oil favorably alters low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, and factor VII coagulant activity. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 105, n. 7, p. 1071-1079, 2005.
- ALMEIDA, Isabel Filipa Martins de. **Desenvolvimento e caracterização de oleogéles**. 2002. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Universidade do Porto, Porto, 2002.
- ALVAREZ, María Dolores *et al.* Development of Chocolates with Improved Lipid Profile by Replacing Cocoa Butter with an Oleogel. **Gels**, v. 7, n. 4, p. 220, 2021.
- BHAVSAR, Nilam; ST-ONGE, Marie-Pierre. The diverse nature of saturated fats and the case of medium-chain triglycerides: how one recommendation may not fit all. **Current opinion in clinical nutrition and metabolic care**, v. 19, n. 2, p. 81-87, 2016.
- BLAKE, Alexia I.; CO, Edmund D.; MARANGONI, Alejandro G. Structure and physical properties of plant wax crystal networks and their relationship to oil binding capacity. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, n. 6, p. 885-903, 2014.
- BOEMER, João; RIBEIRO, Ana; CHAVES, Kamila. Redução de ácidos graxos saturados em spreads de chocolate. **Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, n. 27, p. 1-1, 2019.
- BORREANI, Jennifer *et al.* New hydrocolloid-based emulsions for replacing fat in panna cottas: a structural and sensory study. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 14, p. 4961-4968, 2017.
- CANDELILA INSTITUTE. Candelila Plant. Disponível em: http://www.candelilla.org/?page_id=528 Acesso em 04/01/2022.
- CHAVES, Kamila Ferreira; BARRERA-ARELLANO, Daniel; RIBEIRO, Ana Paula Badan. Potential application of lipid organogels for food industry. **Food Research International**, v. 105, p. 863-872, 2018.
- CHAVES, Kamila Ferreira; ROCHA, Júlio Cesar Barbosa; ARELLANO, Daniel Barrera. Processo simplificado para produzir margarinas reduzida em ácidos graxos saturados usando organogéis de cera vegetal Simplified process to produce margarines with reduced saturated fatty acids using vegetable wax organogels Proceso simplificado para producir margarinas reducido en ácidos grasos saturados. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e165943046, 2020.
- COGGSHALL, William L. *et al.* Beeswax: production, harvesting, processing and products., 1984.

COLEMAN, Hannah; QUINN, Paul; CLEGG, Miriam E. Medium-chain triglycerides and conjugated linoleic acids in beverage form increase satiety and reduce food intake in humans. **Nutrition Research**, v. 36, n. 6, p. 526-533, 2016.

CONTY, Valentina; THEIERL, Sophia; FLÖTER, Eckhard. Improving the Nutritional Profile of Culinary Products: Oleogel-based Bouillon Cubes. **Food & Function**, 2021.

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

DA SILVA, Thais Lomonaco Teodoro; ARELLANO, Daniel Barrera; MARTINI, Silvana. Use of high-intensity ultrasound to change the physical properties of oleogels and emulsion gels. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 96, n. 6, p. 681-691, 2019.

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

DE VRIES, A. *et al.* The effect of oil type on network formation by protein aggregates into oleogels. **RSC Adv.**, v. 7, n. 19, p. 11803-11812, 2017.

DOAN, Chi Diem *et al.* Internal and external factors affecting the crystallization, gelation and applicability of wax-based oleogels in food industry. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 45, p. 42-52, 2018.

DOAN, Chi Diem *et al.* The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. **European journal of lipid science and technology**, v. 118, n. 12, p. 1903-1914, 2016.

FÁBIO, Emmanuele di. **Influência do tipo do óleo nas propriedades físicas de oleogéis**. 2020. 63 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

FELLOWS, Peter J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**. 4. ed. [S.I.]: Artmed, 2019. 969 p.

FERRETTI, Cristián A. *et al.* Monoglyceride synthesis by glycerolysis of methyl oleate on solid acid–base catalysts. **Chemical Engineering Journal**, v. 161, n. 3, p. 346-354, 2010.

FOGUEL, Aline. **Avaliação do desempenho de oleogéis estruturados com ceras vegetais como base lipídica reduzida em ácidos graxos saturados aplicados em cream cheeses**. 2021. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

GAO, Yanlei *et al.* Preparation of rapeseed oil oleogels based on beeswax and its application in beef heart patties to replace animal fat. **LWT**, p. 111986, 2021.

GAO, Yuxing *et al.* Beeswax: A potential self-emulsifying agent for the construction of thermal-sensitive food W/O emulsion. **Food Chemistry**, v. 349, p. 129203, 2021.

GARCÍA-ANDRADE, Mayela; GALLEGOS-INFANTE, José Alberto; GONZÁLEZ-LAREDO, Rubén Francisco. Organogeles como mejoradores del perfil lipídico en matrices cárnicas y lácteas. **Ciencia UAT**, v. 14, n. 1, p. 121-132, 2019.

GROMPONE, Maria A. *et al.* Sunflower oil. Vegetable oils in food technology. **Oxford: Wiley-Blackwell**, p. 137-67, 2011.

GROMPONE, Maria A. Sunflower and High-Oleic Sunflower Oils. **Bailey's industrial oil and fat products**, p. 1-54, 2005.

JEUKENDRUP, Asker E.; ALDRED, Sarah. Fat supplementation, health, and endurance performance. **Nutrition**, v. 20, n. 7-8, p. 678-688, 2004.

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

JORGE, Neuza. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 163 p. 1 v.

KIM, Minhyo *et al.* Utilization of oleogels with binary oleogelator blends for filling creams low in saturated fat. **LWT**, p. 112972, 2021.

KOWALCZYK, Dariusz; BARANIAK, Barbara. Effect of candelilla wax on functional properties of biopolymer emulsion films – a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v. 41, p. 195-209, 2014.

LEE, Suyong *et al.* Utilization of foam structured hydroxypropyl methylcellulose for oleogels and their application as a solid fat replacer in muffins. **Food Hydrocolloids**, v. 77, p. 796-802, 2018.

LI, Linlin; LIU, Guoqin. Corn oil-based oleogels with different gelation mechanisms as novel cocoa butter alternatives in dark chocolate. **Journal of food engineering**, v. 263, p. 114-122, 2019.

LI, Yang *et al.* Recent advances in fabrication of edible polymer oleogels for food applications. **Current Opinion in Food Science**, 2021.

MARANGONI, Alejandro G. *et al.* Encapsulation-structuring of edible oil attenuates acute elevation of blood lipids and insulin in humans. **Soft Matter**, v. 3, n. 2, p. 183-187, 2007.

MARANGONI, Alejandro G.; GARTI, Nissim (ed.). **Edible Oleogels: structure and health implications**. 2. ed. Illinois: Elsevier, 2011. 439 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=kV1gDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Edible+Oleogels:+Structure+and+Health+Implications&ots=TZacBJSQvO&sig=YzZKhAEI0wRB_dFmREhzIkYdv6w#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 12 01 2022.

MARANGONI, Alejandro G. Organogels: An alternative edible oil-structuring method. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 89, n. 5, p. 749-780, 2012.

MARTEN, Berit; PFEUFFER, Maria; SCHREZENMEIR, Jürgen. Medium-chain triglycerides. **International Dairy Journal**, v. 16, n. 11, p. 1374-1382, 2006.

MARTINS, Artur J. *et al.* Edible oleogels: an opportunity for fat replacement in foods. **Food & function**, v. 9, n. 2, p. 758-773, 2018.

MELZER, Eva; KREUTER, Jörg; DANIELS, Rolf. Ethylcellulose: a new type of emulsion stabilizer. **European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics**, v. 56, n. 1, p. 23-27, 2003.

MENG, Zong *et al.* Effects of thickening agents on the formation and properties of edible oleogels based on hydroxypropyl methyl cellulose. **Food chemistry**, v. 246, p. 137-149, 2018.

MOREAU, Robert A. *et al.* Analysis of wax esters in seven commercial waxes using C30 reverse phase HPLC. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 41, n. 10, p. 604-611, 2018.

MOREIRA, Nara Xavier; CURI, Rui; MANCINI FILHO, Jorge. Ácidos graxos: uma revisão. **Nutrire**, v. 24, p. 105-123, 2002.

MOURA, Núbia Medeiros Carvalho. **Obtenção e caracterização de oleogéis para a produção de gorduras zero trans e de baixos teores de ácidos graxos saturados**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. 28 p.

National Library Of Medicine. Disponível em:
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16218600#section=2D-Structure>. Acesso em 07/01/2022.

National Library of Medicine. Disponível em:
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/hydroxypropylmethylcellulose>. Acesso em: 13/01/2022.

NAWAR, W. W. Chemistry. In: BAILEY, A. E. Bailey's industrial oil & fat products. 5th ed. New York: John Wiley, 1996. v. 1, cap. 11, 397-425 p.

NAWAR, W. W. Lipids. In: FENNEMA, O. R. (Ed.) Food chemistry. 3th ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 225-319

OCHOA, Emilio *et al.* Evaluation of a candelilla wax-based edible coating to prolong the shelf-life quality and safety of apples. **American journal of agricultural and biological sciences**, v. 6, n. 1, p. 92-98, 2011.

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

PATEL, Ashok. R. A colloidal gel perspective for understanding oleogelation. **Current Opinion in Food Science**, v.15, p.1-7, 2017.

PATEL, Ashok R. **Alternative Routes to Oil Structuring**. Gent: Springer, 2015. 70 p.
Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=6mV1CQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 15 jan. 2022.

PATEL, A.R.; DEWETTINCK, K. Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 117, p.1772-1781, 2015.

PATEL, Ashok R. **Alternative Routes to Oil Structuring**. Cham, Switzerland: Springer, 2015. 70 p.

PATEL, Ashok R. *et al.* A foam-templated approach for fabricating organogels using a water-soluble polymer. **Rsc Advances**, v. 3, n. 45, p. 22900-22903, 2013.

PATEL, Ashok R. *et al.* Polysaccharide-based oleogels prepared with an emulsion-templated approach. **ChemPhysChem**, v. 15, n. 16, p. 3435-3439, 2014.

PATEL, Ashok R. General Considerations and Future Trends. In: *Alternative Routes to Oil Structuring*. Springer, Cham, 2015. p. 63-70.

PATEL, Ashok R. Polymer-based oleogels created using indirect methods. In: *Alternative routes to oil structuring*. Springer, Cham, 2015. p. 29-39.

PATEL, Ashok R.; DEWETTINCK, Koen. Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. **European journal of lipid science and technology**, v. 117, n. 11, p. 1772-1781, 2015. *Chemists' Society*, v. 98, n. 6, p. 643-655, 2021.

PATEL, Ashok R.; DEWETTINCK, Koen. Edible oil structuring: an overview and recent updates. **Food & function**, v. 7, n. 1, p. 20-29, 2016.

PEHLIVANOĞLU, Halime *et al.* Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 8, p. 1330-1341, 2018.

PERNETTI, Mimma *et al.* Structuring of edible oils by alternatives to crystalline fat. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 12, n. 4-5, p. 221-231, 2007.

PUŞCAŞ, Andreea *et al.* Oleogels in food: A review of current and potential applications. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 70, 2020.

Qualidade do Óleo e Saúde. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/01+-+Qualidade+de+%C3%B3leo+e+sa%C3%BAde+-+Luis+Carlos+Alonso.pdf/a9a2e412-5a16-7129-4530-69d81947d854>. Acesso em: 11/01/2022.

ROGERS, Michael A.; WRIGHT, Amanda J.; MARANGONI, Alejandro G. Nanostructuring fiber morphology and solvent inclusions in 12-hydroxystearic acid/canola oil organogels. **Current opinion in colloid & interface science**, v. 14, n. 1, p. 33-42, 2009.

ROJAS MOLINA, Romeo *et al.* Pasado, presente y futuro de la candelilla. **Revista mexicana de ciencias forestales**, v. 2, n. 6, p. 7-18, 2011.

ROJAS-MOLINA, R. *et al.* Chemical and structural characterization of Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.). **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 7, n. 12, p. 702-705, 2013.

ROMERO, Antonio; CUESTA, Carmen; SÁNCHEZ-MUNIZ, Francisco J. Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 75, n. 2, p. 161-167, 1998.

ROSE, D.P.; CONNOLLY, J.M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacol. Ther.**, New York, v.83, p.217-244, 1999.

SAWALHA, Hassan *et al.* The Phase Behavior of γ -Oryzanol and β -Sitosterol in Edible Oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 92, n. 11-12, p. 1651-1659, 2015.

SCHARFE, Maria *et al.* On the Effect of Minor Oil Components on β -Sitosterol/ γ -oryzanol Oleogels. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, n. 8, p. 1800487, 2019.

Schott, H. Rheology. In: Remington: The Science and Practice of Pharmacy. 19th edition. Volume I. Easton (Pennsylvania): Mack Publishing Company; 1995 p. 323-339.

SHAHIDI, F. **Edible oil and fat products: edible oils**. 6. ed. [S.I]: Wiley-Interscience, 2005. 749 p.

SILVA, Luana Alves *et al.* Perspectivas e aplicações de agentes surfactantes. Anais do VII SIMPROD, 2015.

SILVA, Thais J.; BARRERA-ARELLANO, Daniel; RIBEIRO, Ana Paula B. Oleogel-based emulsions: Concepts, structuring agents, and applications in food. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 7, p. 2785-2801, 2021.

SINGH, A.; AUZANNEAU, F.-I.; ROGERS, M. A. Advances in edible oleogel Technologies – A decade in review. **Food Research International**, v. 97, p. 307-317, 2017.

STORTZ, Terri A.; MARANGONI, Alejandro G. Heat resistant chocolate. **Trends in food science & technology**, v. 22, n. 5, p. 201-214, 2011.

SUN, Ping *et al.* Characterization of functional chocolate formulated using oleogels derived from β -sitosterol with γ -oryzanol/lecithin/stearic acid. **Food Chemistry**, v. 360, p. 130017, 2021.

TAVERNIER, Iris *et al.* Food-grade particles for emulsion stabilization. **Trends in Food Science & Technology**, v. 50, p. 159-174, 2016.

TORO-VAZQUEZ, J. F. *et al.* Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 84, n. 11, p. 989-1000, 2007.

WALKER, Rebecca M. *et al.* Improvements in the formation and stability of fish oil-in-water nanoemulsions using carrier oils: MCT, thyme oil, & lemon oil. **Journal of Food Engineering**, v. 211, p. 60-68, 2017.

WIJARNPRECHA, Khakhanang *et al.* Structure and rheology of oleogels made from rice bran wax and rice bran oil. **Food Research International**, v. 112, p. 199-208, 2018.

WOLFER, Taylor L. *et al.* Potential of Rice Bran Wax and Soybean Oil Oleogels as Pork Fat Replacements in Frankfurter-type Sausages. Iowa State University Animal Industry Report, v. 15, n. 1, 2018.

YILMAZ, E.; OK, S. Edible applications of wax-based oleogels. **Edible Oil Structuring**. 2017. 215-249 p.

YILMAZ, Emin; KESKIN USLU, Eda; ÖZ, Ceren. Oleogels of Some Plant Waxes: Characterization and Comparison with Sunflower Wax Oleogel. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 98, n. 6, p. 643-655, 2021.

YILMAZ, Emin; ÖĞÜTCÜ, Mustafa. Comparative analysis of olive oil organogels containing beeswax and sunflower wax with breakfast margarine. **Journal of food science**, v. 79, n. 9, p. E1732-E1738, 2014.

ZHAO, Wanjun; WEI, Zihao; XUE, Changhu. Recent advances on food-grade oleogels: Fabrication, application and research trends. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-18, 2021.

ZUIN, Julia Cristina *et al.* Avaliação da eficiência de ceras de candelilla na estruturação de organogeis. 2017.

ZULIM BOTEGA, Daniele C. *et al.* Development of formulations and processes to incorporate wax oleogels in ice cream. **Journal of food science**, v. 78, n. 12, p. C1845-C1851, 2013.

ZULIM BOTEGA, Daniele C. *et al.* The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. **Journal of food science**, v. 78, n. 9, p. C1334-C1339, 2013