

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

**CAROLINE MACHADO STEIN**

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BASES LIPÍDICAS PARA PRODUTOS**  
**ANÁLOGOS À CARNE**

**FLORIANÓPOLIS**

**2022**

CAROLINE MACHADO STEIN

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BASES LIPÍDICAS PARA PRODUTOS  
ANÁLOGOS À CARNE**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de  
Ciência Agrárias da Universidade Federal de Santa  
Catarina como requisito para a obtenção do título de  
Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Manuela Camino  
Feldes.

FLORIANÓPOLIS

2022

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

Stein, Caroline Machado

Alternativas tecnológicas de bases lipídicas para  
produtos análogos à carne / Caroline Machado Stein ;  
orientadora, Maria Manuela Camino Feltes, 2022.

51 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. 2. Substituto de  
carne. 3. Modificação de lipídios. 4. Ácidos graxos  
saturados. 5. Géis de emulsão.. I. Feltes, Maria Manuela  
Camino. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

CAROLINE MACHADO STEIN

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BASES LIPÍDICAS PARA PRODUTOS  
ANÁLOGOS À CARNE**

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 pelo Curso

Florianópolis, 11 de julho de 2022.



Documento assinado digitalmente

Ana Carolina de Oliveira Costa

Data: 02/08/2022 11:29:08-0300

CPF: 951.255.740-15

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Carolina de Oliveira Costa  
UFSC

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente

Maria Manuela Camino Feltes

Data: 01/08/2022 16:06:14-0300

CPF: 955.421.910-53

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Manuela Camino Feltes  
Orientadora  
UFSC



Documento assinado digitalmente

Isabela Maia Toaldo Fedrigo

Data: 01/08/2022 16:24:56-0300

CPF: 048.860.579-26

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabela Maia Toaldo Fedrigo  
Avaliadora  
UFSC



Documento assinado digitalmente

Juliano de Dea Lindner

Data: 01/08/2022 16:11:22-0300

CPF: 007.432.649-08

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Juliano De Dea Lindner  
Avaliador  
UFSC

## AGRADECIMENTOS

Não poderia começar esses agradecimentos a não ser agradecendo aos meus pais. Além deles me concederem a vida, me ofereceram todos os subsídios necessários para que eu pudesse ser quem eu sou; educação, liberdade e muito amor. Sempre torcendo por mim, pela minha felicidade e me apoiando em toda a minha trajetória.

À minha irmã, Stephanie, que me mostrou que podemos ser quem somos, sem medo do que os outros pensam.

Ao Ronaldo, por estar presente e me apoiar durante esses meses de trabalho.

À Caltech, e todos meus amigos formados durante a minha passagem pela empresa. Foi na Caltech que eu descobri o mundo do empreendedorismo pelo qual me entusiasmo e onde eu tive o meu primeiro contato com o Marketing, área que eu me apaixonei, que me encontro até hoje, e que pretendo seguir por muito tempo.

À Gabriela Rossi, por me mostrar, na prática, que o estudo no Brasil deve ser levado a sério e com dedicação.

À todas as professoras e professores com quem eu tive aula, muito obrigada a todos os conhecimentos adquiridos e trocas geradas.

À minha orientadora, Maria Manuela, por todo o suporte, sugestões, correções e paciência durante a escrita deste trabalho.

Ao Jonas, que sempre foi muito solícito quando necessitei de apoio durante a graduação, o seu empenho e dedicação ao trabalho e às pessoas é excepcional.

À UFSC, por todas as oportunidades proporcionadas e estrutura oferecida, desde salas de aula até laboratórios os quais tive diversas experiências. Me orgulho em fazer parte desta instituição.

A universidade é transformadora, principalmente pública, onde nós encontramos universos de todos os tipos e assim podemos sair um pouco da nossa bolha social. Isso me fez crescer muito como pessoa, principalmente como indivíduo de uma sociedade plural. Muito obrigada a todos que fizeram parte desta trajetória.

## RESUMO

Com as atuais mudanças no modo de consumo e o aumento da exigência de consumidores, os quais buscam por marcas com propósito e que prezam pela sustentabilidade, chama a atenção o crescimento da população vegana, vegetariana e flexitariana. Com isso, o mercado de produtos análogos aos de origem animal vem crescendo, e com ele, novos desafios para a indústria alimentícia. Como por exemplo, mimetizar a carne animal, visto que se trata de uma matriz complexa, com diferentes componentes e tecidos heterogêneos, principalmente quando se refere ao tecido adiposo, dado que é um tecido com características sensoriais e reológicas singulares. Dessa maneira, estudos na área de alternativas tecnológicas para mimetizar bases lipídicas visando o desenvolvimento de produtos análogos à carne são importantes para a indústria alimentícia. Da mesma forma, é necessário desenvolver produtos que estejam de acordo com legislações brasileiras recentemente publicadas, diminuindo o teor de ácidos graxos saturados e retirando os ácidos graxos *trans* da formulação de alimentos. Assim, esse estudo teve como objetivo fazer uma revisão bibliográfica acerca de alternativas tecnológicas de bases lipídicas para análogos à carne, para traçar um panorama das opções encontradas, bem como das oportunidades e desafios das mesmas. O trabalho foi dividido em duas partes, conforme segue: a) uma revisão bibliográfica sobre produtos análogos à carne, lipídios e suas definições, com informações retiradas de literatura especializada, técnica e científica, legislação e instituições de fomento de pesquisas; e b) uma revisão bibliográfica sobre bases lipídicas para análogos de carne, realizada com base nos resultados de uma busca de artigos científicos originais de pesquisa que foram recuperados do *Science Direct*. Notou-se que a estratégia mais utilizada foi o desenvolvimento de géis de emulsão em conjunto com proteína em concentrações adequadas, e por vezes, a adição de enzima (transglutaminase), para formar ligações covalentes e organizar redes de cristais de gordura emulsificada e reticulada. Os estudos mostraram que géis de emulsão se apresentaram eficazes para a criação de miméticos de gordura para aplicação em produtos análogos à carne. Diferentes ingredientes foram utilizados para a formação dos géis, como hidrocolóides, algas, fibras, o que torna amplo e diversificado o desenvolvimento e a escolha para futuras composições de análogos à carne.

**Palavras-chave:** Substituto de carne. Modificação de lipídios. Ácidos graxos saturados. Zero *trans*. Géis de emulsão.

## ABSTRACT

With the current changes in the mode of consumption and the increase in the demand of consumers, who look for brands with purpose and that value sustainability, draws attention to the growth of the vegan, vegetarian and flexitarian population. With this, the market for products analogous to those of animal origin has been growing, and with it, new challenges for the food industry. For example, mimetizing animal meat, since it is a complex matrix, with different components and heterogeneous tissues, especially when referring to adipose tissue, since it is a tissue with unique sensory and rheological characteristics. Thus, studies in the area of technological alternatives to mimetize lipid bases for the development of meat analogue products are important for the food industry. As well as, it is necessary to develop products that are in accordance with the new Brazilian legislation, decreasing saturated fatty acids and removing trans fatty acids from the industrial composition of food. This work aimed to make a bibliographic review carried out in the area, to have an overview of the technologies encountered, as well as the opportunities and challenges of the same. The work was divided into two parts, as follows: a) a bibliographic review on products analogous to meat and lipids, with information taken from specialized, technical and scientific literature, legislation and research promotion institutions; and b) a literature review on lipid bases for meat analogues, performed based on the results of a search of original scientific research articles that were retrieved from Science Direct. It was noted that the most used strategy was the development of emulsion gels together with protein at appropriate concentrations, and sometimes the addition of enzymes (transglutaminase), to form covalent bonds and form networks of emulsified and reticulated fat crystals. Studies have shown that emulsion gels have been effective for the creation of fat mimetics for the application of meat mimetics products. Different ingredients were used for the formation of gels, such as hydrocolloides, algae, fibers, which makes wide and diversified the choice for future compositions of meat analogue.

**Keywords:** Meat substitute. Lipid modification. Saturated fatty acids. Zero *trans*. Emulsion gels.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo de sinalização que deve ser usados em alimentos cujas quantidades de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio sejam iguais ou superiores aos limites definidos na IN nº 75, de 2020. ....	17
Figura 2	Estrutura genérica de triacilglicerídeos.....	19
Figura 3	Exemplos de estruturas de ácidos graxos.....	19
Figura 4	Estrutura cristalina das gorduras.....	25
Figura 5	Esquema de formação de gel de emulsão usando proteína de soro de leite. ....	27
Figura 6	Esquema de fabricação de redes de cristais de gordura emulsionada e reticuladas. ....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Limites de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio para fins de declaração da rotulagem nutricional frontal. ....	17
Quadro 2	Perfil de ácidos graxos de gordura bovina (acém).....	211
Quadro 3	Perfil de ácidos graxos de gordura de frango.....	21
Quadro 4	Perfil de ácidos graxos de gordura suína (banha).....	222
Quadro 5	Tecnologias encontradas para miméticos de gordura em produtos análogos à carne. ....	29
Quadro 6	Tecnologias encontradas para a redução de gordura com miméticos de gordura em produtos cárneos. ....	311

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes
AG	Ácido Graxo
AGS	Ácido Graxo Saturado
AGT	Ácido Graxo <i>Trans</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
DCNT	Doenças Crônicas não Transmissíveis
DHA	Ácido Graxo Docosaheptaenoico
EC-FCNs	Redes de Cristais de Gordura Emulsionada e Reticulada
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Ácido Graxo Eicosapentaenoico
GFI	<i>The Good Food Institute</i>
IBV	Institute for Business Value
IN	Instrução Normativa
ISEO	Institute of Shortening and Edible Oils
KG	Gel de Konjac
NEPA	Núcleo De Estudos E Pesquisas Em Alimentação
NRF	National Retail Federation
OMS	Organização Mundial da Saúde
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
TAG	Triacilglicerol
UNICAMP	Universidade Estadual De Campinas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>144</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>PRODUTOS ANÁLOGOS À CARNE.....</b>	<b>155</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Definição Legal .....</b>	<b>15</b>
<i>3.1.1.1</i>	<i>Marco Regulatório .....</i>	<i>155</i>
<b>3.2</b>	<b>NOVAS LEGISLAÇÕES SOBRE ROTULAGEM DE ALIMENTOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>LIPÍDIOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>ÁCIDOS GRAXOS <i>TRANS</i> .....</b>	<b>200</b>
<b>3.5</b>	<b>COMPOSIÇÃO DA CARNE E DESAFIOS RELACIONADOS ÀS GORDURAS PARA USO EM ANÁLOGOS DE CARNE.....</b>	<b>200</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Redes de cristais de gordura.....</b>	<b>244</b>
<b>3.6</b>	<b>EMULSÕES.....</b>	<b>255</b>
<b>3.7</b>	<b>GÉIS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.8</b>	<b>EMULSIFICANTES.....</b>	<b>26</b>
<b>3.9</b>	<b>GÉIS DE EMULSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Formação do gel de emulsão.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>PANORAMA DAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BASES LIPÍDICAS DESENVOLVIDAS PARA ANÁLOGOS À CARNE.....</b>	<b>288</b>
<b>4.1</b>	<b>TECNOLOGIAS PARA MIMETIZAR GORDURA ANIMAL COM APLICAÇÃO EM PRODUTOS À BASE DE PLANTAS .....</b>	<b>377</b>
<b>4.2</b>	<b>TECNOLOGIAS PARA MIMETIZAR GORDURA ANIMAL COM APLICAÇÃO EM PRODUTOS CÁRNEOS PARA REDUÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS <i>TRANS</i> E SATURADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>433</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>444</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, transformações no modo de consumo e na alimentação da população estão sendo notadas. Desde 2020, a visão dos consumidores pela sustentabilidade mudou e esse aspecto continuará crescente no mercado. Os consumidores estão mais atentos ao que estão consumindo, buscando estar próximos de marcas que expressam transparência em seus processos e valores como empresa. Procuram marcas com um propósito claro, e que sejam alinhadas com seus próprios princípios. Além disso, estão dispostos a mudar seus hábitos e pagar mais pelo produto, caso a marca mostre que a mercadoria reduz o impacto ambiental (IBV; NRF, 2022).

Questões como desmatamento, diminuição dos gases de efeito estufa, qualidade de vida e abate dos animais também estão sendo visadas. Deste modo, existem mudanças no consumo de carne, sendo que um dos pilares para esta escolha é a sustentabilidade (BAKKER *et al.*, 2011; GODFRAY *et al.*, 2018; BOUVARD *et al.*, 2015; BAKKER; DAGEVOS, 2012; SPRINGMANN *et al.*, 2018; WHO, 2015).

As atuais projeções do crescimento populacional indicam que o planeta estará com 9,8 bilhões de habitantes até o ano de 2050, quando haverá a necessidade de 70% a mais de produção de alimentos, em relação ao que é obtido atualmente (ONU, 2019; WRI *et al.*, 2019). Pesquisas mostram que, no Brasil, é possível criar em média 59,5 quilos de gado (carcaça) em um hectare, ao longo de um ano (ABIEC, 2022). Quando essa produção é comparada à produção de soja, a mesma área utilizada permitiria a produção de 3.517 quilos do grão (EMBRAPA, 2021). Além do que, para cada 1 quilo de proteína animal de alta qualidade produzida, o gado é alimentado com cerca de 6 quilos de proteína vegetal (PIMENTEL; PIMENTEL, 2003).

Levando em consideração esses anseios, produtos análogos à carne estão ganhando atração devido ao desejo dos consumidores de reduzirem a quantidade de carne em suas dietas, fato que também está relacionado a preocupações éticas e de saúde associadas ao seu consumo (HERZ *et al.*, 2021, DEKKERS *et al.*, 2018, KYRIAKOPOULOU *et al.*, 2019). Até 2025, a indústria de produtos análogos tem projeções de atingir um valor de \$21,23 bilhões em todo o mundo (BOHRER *et al.*, 2019).

Com esses dados em vista e em consonância com as mudanças de consumo, grandes grupos vêm mudando sua maneira de se alimentar, prezando por substituir alimentos de origem animal por fontes de proteínas vegetais. Esses grupos são conhecidos como vegetarianos, veganos e os flexitarianos. Os vegetarianos e veganos são pessoas que excluem a carne animal

de sua dieta, enquanto os flexitarianos são a população que reduz o consumo de produtos de origem animal sem interrompê-lo completamente (GFI, 2021).

Em relação aos consumidores brasileiros, uma diminuição expressiva do consumo de carne tem sido observada. Em comparação com 2018, o número de brasileiros que diminuíram o consumo de carne passou de 29% para 49% em 2020. Isso sugere que os flexitarianos são um público em ascensão. Porém, essa parcela da população ainda não substituiu a carne por produtos análogos, sendo que a substituição vem sendo feita por vegetais como legumes, verduras e grãos. A segunda escolha deste nicho de consumidores é por produtos que mimetizam a carne (GFI, 2021).

Acredita-se que o desenvolvimento do setor de proteínas alternativas se dará de forma acelerada, porém é preciso atentar-se aos desejos dos consumidores. Para análogos de carne, o consumidor brasileiro analisa principalmente se o produto possui menos gordura, em seguida, se contém apenas ingredientes naturais e, depois, a quantidade de proteína presente. Além disso, ao escolher o seu produto na prateleira, os brasileiros levam em conta, primeiro, se o produto possui sabor, aroma e textura igual ou melhor do que o produto convencional (GFI, 2021). Por essas razões, o cenário para a indústria alimentícia é desafiador, uma vez que as propriedades organolépticas e reológicas do análogo à carne devem se manter o máximo possível parecidas com aquelas do produto original, para que assim, tenha aceitabilidade do público (SHAHBAZI; JÄGER; CHEN; ETTELAIE, 2021b).

Em função disso, deve-se observar e garantir a qualidade dos ingredientes utilizados para a elaboração de análogos à carne. A obtenção de um produto de alta qualidade exige a utilização de ingredientes apropriados e a aplicação de uma tecnologia que permita imitar as propriedades funcionais da carne tradicional, sem afetar negativamente as características do produto. Um desafio a ser contornado na obtenção de análogos de carne é reproduzir a estrutura do tecido da carne, conhecido por contribuir para as propriedades sensoriais gerais do produto de origem animal (SHAHBAZI; JÄGER; CHEN; ETTELAIE, 2021b; DREHER; KÖNIG; HERRMANN; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2021a).

Em paralelo, em 2020, a ANVISA publicou duas novas legislações para a atualização da rotulagem de alimentos no Brasil, sendo uma delas a IN nº 75 de 08 outubro de 2020 (BRASIL, 2020a) e a RDC nº 429 de 08 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020b). Em 2022, foi publicada a RDC nº 632, de 24 de março de 2022, que descreve a restrição do uso de gorduras *trans* industriais em alimentos (BRASIL, 2022). A publicação das três vem de encontro com medidas tomadas para a diminuição da ingestão de ácidos graxos saturados (AGS) e a eliminação dos *trans* da dieta. Com isso, a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos

alimentícios, dentre eles, análogos de carne, devem estar de acordo com essas regulamentações e, assim, não conter bases lipídicas com ácidos graxos *trans* (AGT) e apresentar um baixo teor de ácidos graxos saturados (AGS).

Com base nesses conhecimentos, no crescimento do mercado *plant-based*, no desejo do consumidor por produtos com teor reduzido de gordura e nas atuais mudanças nas legislações brasileiras sobre bases lipídicas, notamos a importância de estudos que buscam tecnologias para a substituição de lipídios de origem animal que possam viabilizar o desenvolvimento de formulações de análogos à carne na comunidade acadêmica, e que sejam voltados para futura aplicação na indústria alimentícia.

Este trabalho está dividido em duas partes, a saber: a) uma revisão bibliográfica sobre produtos análogos à carne e lipídios, com informações retiradas de livros técnicos especializados, literatura científica, legislação pertinente e instituições de fomento de pesquisas; b) uma revisão bibliográfica sobre bases lipídicas para análogos de carne, feita com base nos resultados de uma busca de artigos científicos originais recuperados em uma base de dados internacional.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão bibliográfica sobre as alternativas tecnológicas para a obtenção de bases lipídicas visando a aplicação em produtos análogos à carne.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar aspectos relacionados à definição, ao marco regulatório e aos desafios na obtenção de bases lipídicas para a utilização em produtos análogos à carne;
- Apresentar as características tecnológicas desejadas para estes novos produtos, com foco na contribuição dos lipídios para as mesmas;
- Fazer um levantamento de estudos científicos sobre os lipídios e as tecnologias que têm sido desenvolvidas para produtos análogos à carne.

## 2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Para a realização da revisão bibliográfica deste estudo, foi efetuada uma busca avançada de artigos científicos utilizando a base de dados *Science Direct*. A base foi utilizada por abranger revistas de referência para a área de ciência e tecnologia de alimentos. Para a execução da pesquisa, foram utilizados os seguintes filtros: ano de 2000 a 2023 (considerando artigos já aceitos para publicação nesta data) e apenas artigos de pesquisa, os quais foram ordenados por relevância. Foi feita a leitura dos títulos e dos resumos, e, quando necessário, do texto do artigo na íntegra. As publicações que não se relacionavam ao tema de interesse foram desconsideradas. As palavras-chave utilizadas foram: *fat mimetics plant-based meat products*, que permitiram a recuperação de 60 (sessenta) resultados, sendo que 8 (oito) artigos foram selecionados para leitura. Utilizaram-se também as palavras-chave *meat analogues fat replacement*, que proporcionaram a recuperação de 360 (trezentos e sessenta) resultados, dos quais 8 (oito) artigos foram escolhidos para avaliação.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PRODUTOS ANÁLOGOS À CARNE

Produtos análogos à carne são alimentos que simulam as propriedades sensoriais dos produtos tradicionais de carne (BOHRER *et al.* 2019), normalmente, são conhecidos como produtos à base de plantas (*plant-based*), no entanto, também existem outros modos de sintetizar esses produtos, por exemplo, por meio de carne cultivada e por fermentação (GFI, 2022a; GFI, 2022b).

Cabe mencionar que os produtos *plant-based* não mimetizam somente a carne, mas também leite e ovos.

As propriedades organolépticas, físico-químicas e nutricionais dos produtos cárneos já são bem estabelecidas na literatura. O desafio das indústrias, agora, é recriá-las com ingredientes à base de plantas, para atendê-las e satisfazer o consumidor (SHAHBAZI; JÄGER; CHEN; ETTELAIE, 2021b).

##### 3.1.1 Definição Legal

No Brasil, ainda não há uma definição legal para análogos à carne, porém, pode-se referir aos produtos *plant-based* como: produtos à base de ingredientes de origem vegetal que possuem similaridade quanto à aparência, textura e outras características dos produtos tradicionais de origem animal (BRASIL, 2021a).

###### 3.1.1.1 Marco Regulatório

Os produtos *plant-based* são novidade no mercado brasileiro, razão pela qual legislações ainda estão sendo elaboradas para que esses novos produtos possam ser regulamentados. Em junho de 2021, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), juntamente com a Secretaria de Defesa Agropecuária, convidou o público a participar da Tomada Pública de Subsídios pela portaria nº 327 de 2 de junho de 2021. O objetivo era obter subsídios para fomentar a discussão sobre a regulação, no país, dos produtos processados de origem vegetal autodenominados "*plant-based*" (BRASIL, 2021b). Questões como

denominação, atributos essenciais, lealdade de concorrência e rotulagem desses produtos foram levantadas.

Atualmente, dois projetos de lei (PL) tramitam na Câmara dos Deputados, a saber: o PL 10556/2018 (BRASIL, 2018), que trata sobre a proibição do uso da palavra “leite” para produtos que não tenham como base o leite de origem animal; e o PL 2876/2019 (BRASIL, 2019), que dispõe sobre a proibição da utilização da palavra "carne" e seus sinônimos nas embalagens, rótulos e publicidade de alimentos análogos à carne.

### 3.2 NOVAS LEGISLAÇÕES SOBRE ROTULAGEM DE ALIMENTOS

A rotulagem de alimentos tem como objetivo apresentar as informações nutricionais de forma clara, correta, legível e acessível para toda população. Assim, o consumidor tem liberdade de escolha na sua alimentação (GOMES, 2020). Dessa forma, a ANVISA publicou duas novas legislações para que essa comunicação entre indústria e consumidor ficasse ainda mais clara a IN nº 75 de 08 outubro de 2020 (BRASIL, 2020a) e a RDC nº 429 de 08 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020b), que entram em vigor a partir de outubro de 2022.

A IN nº 75/ 2020 traz alterações no limite de quantidade não significativa das gorduras *trans* nos alimentos. A quantidade para declarar a presença de ácidos graxos *trans* (AGT) passou de menor ou igual a 0,2 g, para menor ou igual a 0,1 g. Ou seja, a tolerância aceita para não declarar as gorduras *trans* diminuiu. Outra mudança realizada foi a implementação da rotulagem nutricional frontal. Agora, com a RDC nº 429/2020 será obrigatório a declaração de alto conteúdo de nutrientes (açúcar adicionados, sódio, gordura saturada) no painel principal do rótulo de alimentos embalados na ausência do consumidor, como consta no Anexo XV da Instrução Normativa - IN nº 75/2020. Nos alimentos com gordura saturada igual ou acima de 6g/100g do alimento, a seguinte frase deve constar no seu rótulo frontal: alto em gordura saturada, como mostra o Quadro 1 e a Figura 1.

Quadro 1 — Limites de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio para fins de declaração da rotulagem nutricional frontal, segundo a IN n° 75 de 08 de outubro de 2020 da ANVISA (BRASIL, 2020a).

<b>Nutrientes</b>	<b>Alimento sólido ou semissólido</b>	<b>Alimento líquido</b>
Açúcares adicionados.	Quantidade maior ou igual a 15 g de açúcares adicionados por 100 g do alimento.	Quantidade maior ou igual a 7,5 g de açúcares adicionados por 100 ml do alimento.
Gorduras saturadas.	Quantidade maior ou igual a 6 g de gorduras saturadas por 100 g do alimento.	Quantidade maior ou igual a 3 g de gorduras saturadas por 100 ml do alimento.
Sódio.	Quantidade maior ou igual a 600 mg de sódio por 100 g do alimento.	Quantidade maior ou igual a 300 mg de sódio por 100 ml do alimento.

Fonte: Brasil (2020a).

Na Figura 1, observa-se um dos modelos que pode ser utilizado na realização de uma rotulagem nutricional frontal, caso necessário.

Figura 1 — Modelo de sinalização que deve ser usados em alimentos cujas quantidades de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódio sejam iguais ou superiores aos limites definidos na IN n° 75, de 2020 (BRASIL, 2020a).



Fonte: Brasil (2020a).

No que se refere a ácidos graxos *trans*, a RDC n° 632, de 24 de março de 2022 foi publicada para a restrição do uso de gorduras *trans* industriais em alimentos. Essa resolução se aplica a todos os alimentos, incluindo bebidas, ingredientes, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia, inclusive aqueles destinados exclusivamente ao processamento industrial e os destinados aos serviços de alimentação (BRASIL, 2022).

Sabe-se que os AGT causam danos à saúde dos consumidores, como doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (WHO, 2021). A Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO), estabeleceu diretrizes e planos de ação para reduzir a 0,,,,,, relacionada à alimentação não saudável e ao sedentarismo, nessas diretrizes consta a eliminação de ácidos graxos *trans* da alimentação (WHO, 2006 ). Em paralelo, a OMS lançou em 2021 uma meta de eliminação global de AGTs produzidos industrialmente até 2023. A eliminação mundial dessa substância da dieta pode evitar 500 mil mortes por ano (WHO, 2021).

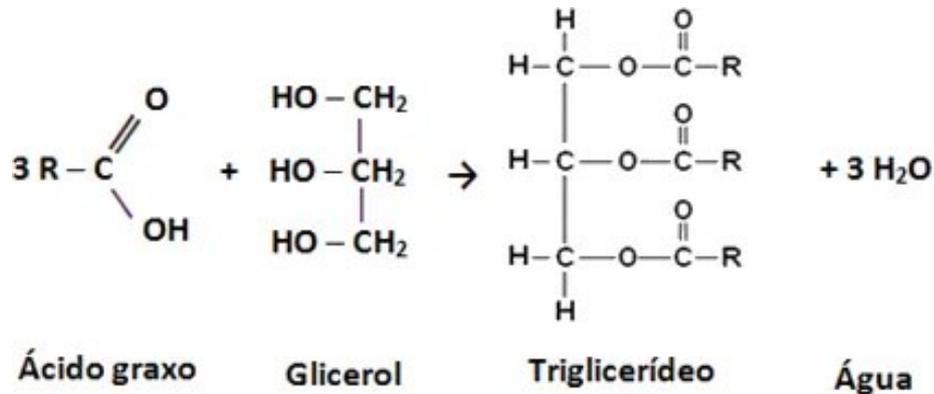
Por isso, faz-se necessário o estudo de tecnologias para substituição de AGT e para a diminuição de AGS nos alimentos. Para definir os ingredientes e as tecnologias mais adequadas para o desenvolvimento de bases lipídicas para análogos à carne, é fundamental entender as características estruturais dos lipídios e a composição da carne.

### 3.3 LIPÍDIOS

Os óleos e as gorduras compõem muitos alimentos, contribuindo para várias características do produto, como aparência, textura e sensação na boca (NARINE; MARANGONI, 1999). Além disso, são componentes importantes para a dieta humana, pois, além de fornecer energia, podem conter ácidos graxos essenciais, bem como auxiliam no transporte e na absorção das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (EMBRAPA, 2000).

São macromoléculas compostas por triacilglicerídeos (TAGs) (Figura 2), substâncias constituídas por três moléculas de ácidos graxos (AG) ligados a uma molécula de glicerol. A composição e a posição desses AG mudam as características físicas e químicas da gordura. As gorduras, por exemplo, geralmente têm consistência sólida em temperatura ambiente e os óleos têm aspecto líquido (ISEO, 2016).

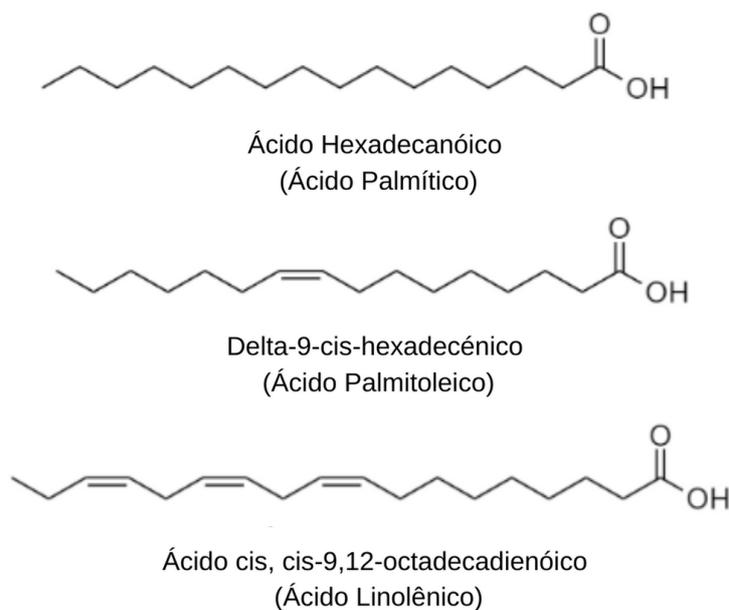
Figura 2 — Estrutura genérica de triacilglicerídeos.



Fonte: Autora (2022).

Os ácidos graxos, por sua vez, são os componentes principais dos lipídios. Contêm uma cadeia alifática e um grupo ácido carboxílico (FENNEMA *et al.*, 2010). São classificados de acordo com seu grau de saturação: os ácidos graxos saturados não apresentam ligações duplas entre átomos de carbono, enquanto os insaturados apresentam, pelo menos, uma ligação dupla entre átomos de carbono (ISEO, 2016). Na Figura 3, são apresentados exemplos de ácidos graxos saturados (ácido palmítico; ácido hexadecanoico; C16:0), insaturado (ácido palmitoleico; delta-9-*cis*-hexadecenoico; C16:1) e poli-insaturado (ácido linolênico; ácido *cis*, *cis*-9,12-octadecadienoico; C18:3).

Figura 3 — Exemplos de estruturas de ácidos graxos.



Fonte: Autora (2022).

### 3.4 ÁCIDOS GRAXOS *TRANS*

Isômeros geométricos da sua forma *cis* (encontrada naturalmente em óleos vegetais), são moléculas que apresentam fórmulas químicas idênticas, mas com diferentes estruturas espaciais em relação a sua forma *cis*. Esses ácidos graxos são termicamente mais estáveis, por seu arranjo espacial, e menor densidade eletrônica, sendo menos reativos e mais resistentes a oxidação do que sua forma *cis* equivalente (FENNEMA *et al.*, 2010).

Na carne e leite de ruminantes pode, também, haver ácidos graxos *trans* (AGT) pela biohidrogenação, que é um processo onde bactérias que habitam seus estômagos convertem, de forma natural, as duplas ligações em configurações *trans*. Na indústria, os AGT podem suceder por meio de certos processos como a hidrogenação parcial de óleos vegetais. Procedimento que converte óleos vegetais em gorduras semi-sólidas para uso comercial e culinário (MOZAFFARIAN *et al.*, 2006).

O alto consumo de gorduras *trans* e saturadas são preocupações de agências governamentais de saúde ao redor do mundo, dado aos altos índices de ocorrência de DCNTs, como mencionado anteriormente (WHO, 2021). Fato relevante para a indústria alimentícia ter em vista para a fabricação de novos produtos. Na síntese de produtos análogos à carne não é diferente. Por essa razão, é preciso entender a composição da matriz utilizada e quais são os possíveis desafios que pode-se encontrar para a realização desses novos produtos.

### 3.5 COMPOSIÇÃO DA CARNE E DESAFIOS RELACIONADOS ÀS GORDURAS PARA USO EM ANÁLOGOS À CARNE

A carne animal, como por exemplo a bovina, é composta por água, proteína, lipídios (ácidos graxos mono e poli-insaturados e saturados) colesterol, carboidratos, vitaminas e minerais (UNICAMP; NEPA, 2011). Ainda é vista como uma das principais fontes de gordura na dieta, principalmente quando falamos de ácidos graxos saturados, associados a diversas doenças crônicas não transmissíveis (WOOD *et al.*, 2004).

Contudo, nas últimas décadas, o conhecimento sobre os malefícios dos ácidos graxos saturados resultou na diminuição no material estruturante cristalino sólido da composição de produtos cárneos, o que gera a diminuição do teor de gordura sólida, criando um desafio para a indústria de alimentos, já que esses AGs são essenciais para a estrutura física de alguns produtos de matriz cárnea.

Por essa razão, uma das etapas necessárias para formulação de análogos à carne é entender a composição dos ácidos graxos das carnes tradicionais que deseja-se imitar. Nos Quadros 2, 3 e 4 pode-se observar o perfil de ácidos graxos das carnes mais consumidas no Brasil (carne de boi, frango e suíno) (GFI, 2021).

Quadro 2 — Perfil de ácidos graxos de gordura bovina (acém).

<b>Nomenclatura IUPAC</b>	<b>Nome comum AG</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Composição (%)</b>
Ácido tetradecanóico	Mirístico	14:0	3,43
Ácido 9-tetradecanóico	Miristoleico	14:1 (n-5)	1,58
Ácido Palmítico	Palmítico	16:0	26,4
Ácido 9-hexadecenóico	Palmitoleico	16:1 (n-7)	5,57
Ácido octadecanóico	Estearico	18:0	10,8
Ácido 9-octadecenoico	Oléico	18:1 (n-9)	40,2
Ácido 11-octadecenóico	Vacênico	18:1 (n-11)	1,55
Ácido 9.12-octadecadienóico	Linoléico	11c-18:1	1,86

Fonte: Turk *et al.* (2008).

Quadro 3 — Perfil de ácidos graxos de gordura de frango.

<b>Nomenclatura IUPAC</b>	<b>Nomenclatura usual</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Composição (%)</b>
Ácido dodecanóico	Láurico	12:0	0,1–0,2
Ácido tetradecanóico	Mirístico	14:0	0,9–1,3
Ácido 9-tetradecanóico	Miristoleico	14:1	0–0,2
Ácido Palmítico	Palmítico	16:0	21,6–23,2
Ácido 9-hexadecenóico	Palmitoléico	16:1	5,7–6,5

<b>Nomenclatura IUPAC</b>	<b>Nomenclatura usual</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Composição (%)</b>
Ácido heptadecanóico	Margárico	17:0	0–0,3
Ácido Octadecanóico	Esteárico	18:0	6–6,4
		18:1 (não atribuído)	37–41,6
Ácido 9.12-octadecadienóico	Ácido linoleico	18:2	18,9–20
		18:3 (não atribuído)	1–1,3
Acido 5,8,11, 14-eicosatetraenóico	Ácido araquidônico	20:4	0–0,1
		Colesterol	99 (850 mg/kg)

Fonte: Firestone (2013).

Quadro 4 — Perfil de ácidos graxos de gordura suína (banha).

<b>Nomenclatura IUPAC</b>	<b>Nomenclatura usual</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Composição (%)</b>
Ácido octanóico	Ácido caprílico	8:0	0–0,1
Ácido decanóico	Ácido cáprico	10:0	0–0,1
Ácido tetradecanóico	Ácido mirístico	14:0	0,5–2,5
Ácido 9-tetradecanóico	Ácido miristoleico	14:1	0–0,2
Ácido pentadecanóico	Ácido pentadecanóico	15:0	0–0,2
Ácido hexadecanóico	Ácido palmítico	16:0	20–32
Ácido 9-hexadecanóico	Ácido palmitoleico	16:1	1,7–5,0
Ácido heptadecanóico	Ácido margárico	17:0	0–0,5
Ácido octadecanóico	Ácido esteárico	18:0	5–24
		18:1 (não atribuído)	35–62

Nomenclatura IUPAC	Nomenclatura usual	Simbologia	Composição (%)
		18:2 (não atribuído)	13–16
		18:3 (não atribuído)	0–1,0
Ácido eicosanóico	Ácido araquidônico	20:0	0–1,3
		20:1 (não atribuído)	0–1,0
Ácido 11,14-eicosadienóico		20:2	0–0,4
Ácido 5,8,11, 14-eicosatetraenoico	Ácido araquidônico	20:4	
		Colesterol	950 mg/kg

Fonte: Firestone (2013).

A gordura do animal, isoladamente, possui características plásticas quando submetidas a estresse mecânico (MARANGONI; NARINE, 2013). O tecido adiposo apresenta características elásticas, fato que acontece pois é composto por gordura líquida e sólida agregada em uma rede de tecido conjuntivo (DREHER *et al.*, 2020b). Isso torna a estrutura da gordura da carne complexa, uma vez que existem redes de cristais de gordura introduzidas no tecido conjuntivo do animal, aprisionando o óleo líquido em uma estrutura tridimensional de cristais de triglicérides auto-organizados (ACEVEDO; MARANGONI, 2010; ACEVEDO; PEYRONEL; MARANGONI, 2011) em uma rede de proteínas, principalmente colágeno, que fornece firmeza e elasticidade para a carne (DREHER *et al.*, 2020b; WOOD *et al.*, 2004).

Desta forma, essa característica elástica do tecido adiposo animal oferece propriedades de fusão e de corte que contribuem para a realização e a qualidade de distintos produtos cárneos, como linguiças, salsichas e hambúrgueres (DREHER, BLACK, TERJUNG, GIBIS, WEISS, 2020). Nestes produtos, a proteína, isoladamente, não é capaz de contribuir, por exemplo, para aspectos de mordida e textura, sendo necessário observar também os atributos relacionados aos óleos e às gorduras utilizados (DREHER *et al.*, 2021; DREHER *et al.*, 2020).

### 3.5.1 REDES DE CRISTAIS DE GORDURA

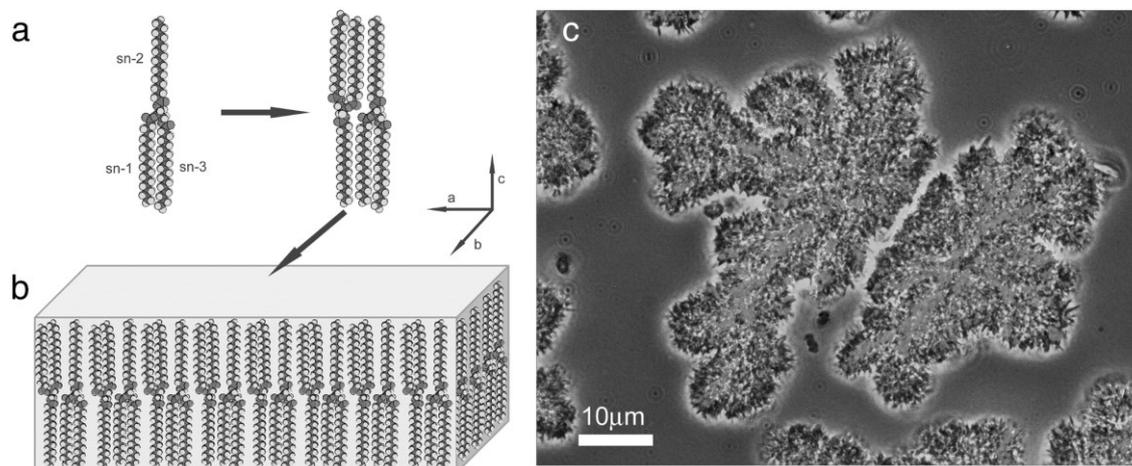
A temperatura de fusão e de cristalização dos diversos TAGs que compõem as gorduras alimentares podem ser distintas umas das outras. Com isso, dependendo da temperatura ambiente, essas misturas podem conter paralelamente uma fração sólida, em formato de cristais, e uma líquida (DREHER; BLACH; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2020).

Com o aglomerado complexo e organizado que os TAGs podem formar, é gerado flocos de cristais de gordura (ACEVEDO; PEYRONEL; MARANGONI, 2011), que podem ser encontrados como partículas individuais dispersas na fase líquida, ou podem ser identificadas interagindo entre si para a formação de redes tridimensionais semelhantes a um gel coloidal floculado, o qual aprisiona o óleo líquido (ACEVEDO; MARANGONI, 2010). Essas interações são realizadas principalmente devido a forças de Van der Waals (NARINE; MARANGONI, 2002).

Essas redes tridimensionais são responsáveis pelas características sólidas do material (ACEVEDO; PEYRONEL; MARANGONI, 2011).

Acevedo, Peyronel e Marangoni (2011) demonstraram na Figura 4 a estrutura cristalina das gorduras: a) representação esquemática de uma molécula de triacilglicerol em uma conformação diapasão e a interação típica com outras moléculas de TAG. b) diagrama representando o arranjo espacial longitudinal de uma camada de moléculas de TAGs. c) micrografia de luz polarizada mostrando um mesocristal de uma mistura de óleo de canola totalmente hidrogenado e óleo de girassol de alto teor oleico na forma  $\beta$  polimórfica. Na figura é possível distinguir a estrutura de um mesocristal formado pela agregação de unidades cristalinas menores.

Figura 4 — Estrutura cristalina das gorduras.



Fonte: Acevedo; Peyronel; Marangoni (2011).

Acevedo, Peyronel e Marangoni (2011) descrevem que as propriedades de produtos alimentícios estruturados em gordura, como textura, aparência, sabor, assim como a sua estabilidade térmica, mecânica e química, estão relacionadas à estrutura de sua rede cristalina de gordura e à força das interações intercristalinas presentes nessa rede.

Tendo em vista os desafios tecnológicos para a realização de miméticos de gorduras, é necessário conhecer as tecnologias utilizadas para a produção de bases lipídicas.

### 3.6 EMULSÕES

Dispersão coloidal que pode ser classificada de diferentes maneiras, como: água em óleo, ou óleo em água. A primeira consiste em pequenas gotículas de água dispersas em uma fase contínua de óleo, a segunda é o inverso, gotículas de óleo dispersas em fase contínua de água. As emulsões são sistemas termodinamicamente instáveis, os quais tentam reverter para fases separadas de água e óleo ao longo do tempo por meio de diferentes mecanismos físico-químicos (MCCLEMENTS *et al.*, 2011).

Contudo, emulsões apresentam características fracas de gel, mesmo com a utilização de altas concentrações de óleo (DREHER; BLACH; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2020a).

Mais recentemente, géis de emulsão, ou seja, matrizes compostas por redes reticuladas de proteínas ou carboidratos contendo lipídios emulsionados, têm sido investigadas (DREHER; BLACH; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2020) em diversos produtos análogos à carne como, bacon suíno (HERZ *et al.*, 2021), hambúrgueres bovinos (SHAHBAZI *et al.*, 2021a) e linguiça tipo salame (DREHER *et al.*, 2020a).

### 3.7 GÉIS

Caracterizados pela predominância de solvente e pela presença de uma matriz contínua de material interligado. Essa rede preenchida fornece seu caráter sólido (FENNEMA *et al.*, 2010).

### 3.8 EMULSIFICANTES

Dado a pouca estabilidade termodinâmica de emulsões (MCCLEMENTS *et al.*, 2011), a separação de fases de óleo e água podem ocorrer, por isso, é feito o uso de emulsificantes, substâncias que proporcionam estabilidade à dispersão e distribuem homoganeamente suas gotas na matriz contínua do gel (TORRES *et al.*, 2016; ISEO, 2016). Como exemplos de emulsificantes podemos ver algumas moléculas anfifílicas como surfactantes com moléculas pequenas, fosfolípidos, proteínas e polissacarídeos (MCCLEMENTS *et al.*, 2018).

### 3.9 GÉIS DE EMULSÃO

“Géis de emulsão” (*emulsion gels*), também identificado como “hidrogel de emulsão” (*emulsion hydrogel*), “emulgel” (*emulgel*), “gel preenchido de emulsão” (*emulsion-filled gel*) são denominados como sólidos moles onde gotículas de lipídios emulsificadas são aprisionadas em uma matriz de gel. Proporcionando a estabilização e liberação de compostos lipofílicos em matrizes alimentícias (TORRES *et al.*, 2016).

#### 3.9.1 FORMAÇÃO DO GEL DE EMULSÃO

Na formação de gel, geralmente, observam-se duas etapas. A primeira é a de formação de gel de emulsão por meio de uma emulsão óleo em água, com fases bem definidas. Mediante à homogeneização ou processos de alto grau de cisalhamento, as proteínas globulares, como por exemplo as do soro de leite (Figura 5), se desdobram e adsorve na superfície das gotas de óleo devido às suas propriedades tensoativas, o que diminui a tensão interfacial entre o lipídeo e a fase aquosa, estabilizando as gotículas de óleo por meio de estabilização eletrostática (TORRES *et al.*, 2016).

A segunda etapa envolve a formação de uma rede tridimensional de proteínas detendo as gotículas de óleo emulsionadas, gelificando a fase contínua por tratamento com calor, sal e/ou ácido (TORRES *et al.*,2016).

Figura 5 — Esquema de formação de gel de emulsão usando proteína de soro de leite.



Fonte: adaptado de Torres *et al.*, (2016).

#### **4 PANORAMA DAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE BASES LIPÍDICAS DESENVOLVIDAS PARA ANÁLOGOS À CARNE**

O foco desta etapa do trabalho foi fazer um levantamento das substituições de gorduras que têm sido desenvolvidas para o uso em produtos análogos à carne. Foram encontrados diversos artigos demonstrando o uso de miméticos de gordura para a redução, principalmente, de lipídios saturados e hidrogenados, em produtos cárneos. Tendo em vista que essas bases podem futuramente ser testadas em produtos 100% *plant-based*, esses estudos não foram descartados desta pesquisa.

As tecnologias encontradas na literatura consultada para mimetizar gordura animal com aplicação direta em produtos à base de plantas ou aplicação em produtos cárneos para a redução de gordura estão apresentadas nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

Nos quadros, é apresentado um resumo dos artigos recuperados, envolvendo as informações a seguir: tecnologia utilizada para a substituição de gordura animal, objetivo da pesquisa, ingredientes utilizados para a obtenção do mimético de gordura e a textura final obtida para o produto, uma vez que este parâmetro é essencial para a aceitabilidade do consumidor final (GFI, 2021; HOEK *et al.*, 2011; SHAHBAZI; JÄGER; CHEN; ETTOLAIE, 2021b).

Quadro 5 — Tecnologias encontradas para miméticos de gordura em produtos análogos à carne.

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
Gel de emulsão / Redes de cristais de gordura emulsionada e reticulada (EC-FCNs.)	Foi analisada a montagem de um sistema mimético de gordura com extrusados para produzir um produto que se assemelha ao bacon de origem animal.	<b>Proteína de soja; transglutaminase; extrudado de proteína vegetal a base de ervilha; fração estearina de manteiga de karité; óleo de canola; glucono-<math>\delta</math>-lactona; sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub>); cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>); cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>); NaCl.</b>	Não mencionado.	(HERZ; HERZ; DREHER; GIBIS; RAY; PIBAROT; SCHMITT; WEISS, 2021).
Gel de emulsão.	Estudar o desenvolvimento de um gel de emulsão com baixo teor de gordura à base de proteína de soja e para potencial aplicação no processo de impressão 3D, considerando a funcionalidade de diferentes biopolímeros tensoativos anfífilos variantes (biossurfactantes).	<b>Isolado de proteína de soja; inulina de cadeia longa; etil (hidroxietil) celulose; amido acetilado, amido alimentar modificado; amido OSA; dimetilsulfóxido; óleo de canola e sal; suco de beterraba (corante).</b>	Os géis de emulsão com baixo teor de gordura exibiram comportamento pseudoplástico com propriedades viscoelásticas, onde a recuperação da viscosidade, o ponto de cruzamento de frequência e o módulo de armazenamento aumentaram com o aumento da proporção de biossurfactantes.	(SHAHBAZI; JÄGER; ETTOLAIE; CHEN, 2021a).

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
Redes de cristais de gordura emulsionada e reticuladas.	Foi investigado o efeito da concentração de isolado de proteína de soja no comportamento reológico e textural de redes de cristais de gordura emulsionadas e reticuladas contendo várias quantidades de gordura sólida.	<b>Isolado de proteína de soja; óleo de canola; transglutaminase microbiana;</b> óleo de canola com alto teor de ácido erúico totalmente hidrogenado; ácido clorídrico de grau analítico.	A textura e a reologia das (EC-FCNs), destinadas a imitar o tecido adiposo animal, até certo ponto, podem ser controladas variando a quantidade de teor de proteína utilizada para formar a emulsão inicial antes da reticulação enzimática.	(DREHER; BLACH; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2020 b).
Redes de cristais de gordura emulsionada e reticuladas.	Análogos de linguiça tipo salame à base de plantas foram produzidos contendo miméticos de gordura animal.	<b>Isolado de proteína de soja; óleo de canola; transglutaminase microbiana;</b> ácido clorídrico de grau analítico; <b>gordura sal (<i>Shorea robusta</i>) interesterificada;</b> proteínas de soja extrudadas; pó de beterraba; glucono-delta-lactona; aroma de salame; e pimentão em pó.	Com o aumento da proporção de gordura sal, a dureza aumentou, enquanto a coesão e a elasticidade diminuíram. A estrutura das partículas de gordura afetou substancialmente as propriedades dos análogos do tipo salame (aumentando a dureza e diminuindo as propriedades elásticas causadas pela gordura sal).	(DREHER; KÖNIG; HERRMANN; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2021a).

<b>Tecnologia utilizada</b>	<b>Objetivo do estudo</b>	<b>Ingredientes utilizados</b>	<b>Textura do produto final</b>	<b>Referência</b>
Gel de emulsão.	Investigou-se o comportamento de cominuição em um cortador de tigela de lipídios estruturados com propriedades mecânicas variadas.	<b>Isolado de proteína de soja; óleo de canola refinado; transglutaminase microbiana;</b> cor caramelo; ácido clorídrico de grau analítico; <b>óleo de canola totalmente hidrogenado;</b> gelatina.	Concentrações mais altas de proteína aumentaram a dureza. Estas amostras mantiveram a sua integridade estrutural após a trituração, produzindo partículas intactas individuais.	(DREHER; WEIßMÜLLER; HERRMANN; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2021b).

Fonte: Autora (2022).

Quadro 6 — Tecnologias encontradas para a redução de gordura com miméticos de gordura em produtos cárneos.

<b>Tecnologia utilizada</b>	<b>Objetivo do estudo</b>	<b>Ingredientes utilizados</b>	<b>Textura do produto final</b>	<b>Referência</b>
Gel de emulsão.	Verificar o potencial de vários géis de emulsão (óleo em água) de grau alimentício para uso como substitutos de gordura mais saudáveis.	<b>Azeite de oliva extra virgem; óleo de linhaça; óleo de peixe;</b> caseinato de sódio; <b>isolado de proteína de soro de leite*;</b> <b>proteína isolada de soja com e sem adição de taninos condensados</b> extraídos da alfarroba; gelatina bovina*, <b>transglutaminase microbiana.</b>	Não mencionado.	(FREIRE; COFRADES; PÉREZ-JIMÉNEZ; GÓMEZ-ESTACA; JIMÉNEZ-COLMENERO; BOU, 2018).
Gel de emulsão.	O efeito de géis de emulsão preparados com chia e aveia usados como substitutos de	<b>Azeite de oliva; farinha de chia ou farelo de aveia; água; gelificante à base de</b>	Das amostras com baixo teor de gordura, os valores de força de cisalhamento de	(PINTADO; HERRERO; JIMÉNEZ-

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
	gordura animal em linguiça frescal com baixo teor de gordura durante o armazenamento refrigerado.	<b>alginato</b> (alginato de sódio, de sulfato de cálcio e de pirofosfato de sódio).	Kramer foram maiores nas que continham um gel de emulsão. Essa força geralmente aumentou durante o armazenamento em todas as amostras. O gel de emulsão afetou as propriedades sensoriais. Porém, as linguiças foram consideradas aceitáveis.	(COLMENERO; CAVALHEIRO; RUIZ-CAPILLAS, 2018).
Géis de emulsão.	Estudo das propriedades físico-químicas, reológicas e microestruturais de géis de konjac reidratados (KGs) sem calor para uso como substitutos de gordura na formulação de produtos cárneos reduzidos em gordura, afetados pelo armazenamento refrigerado e congelamento/descongelamento.	Farinha de konjac; amido de milho pré-gelificado; i-carragenina e Ca(OH) <sub>2</sub> .	O comportamento reológico e a microestrutura confirmam a excelente estabilidade de armazenamento em refrigeração dos KGs. O processo de congelamento/descongelamento afetou as características do KG, com diminuição substancial de capacidade de ligação de água e aumento da dureza e mastigabilidade, com alterações morfológicas; no entanto, não houve alterações apreciáveis atribuíveis ao armazenamento congelado.	(JIMENEZ-COLMENERO; COFRADES; HERRERO; SOLAS; RUIZ-CAPILLAS, 2013).

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
			Os efeitos do congelamento/descongelamento na textura do análogo de gordura parecem ser amplamente superados pelo aquecimento.	
Gel de emulsão.	O enxerto de aminoácidos L-glicina, ácido L(+)-glutâmico e L-lisina em pectina na interface bifásica sólido-líquido de temperatura ultrabaixa sob catálise de papaína foi investigado, e os efeitos da amidação de aminoácidos na viscosidade e propriedades de gel da pectina foram analisados. As características de imitação de gordura também foram avaliadas.	<b>Pectina;</b> papaína; caseína*; brometo de potássio; glicina, ácido L(+)-glutâmico, L-lisina e laurilsulfato de sódio; hidrogenofosfato dissódico dodeca-hidratado; di-hidrogenofosfato de sódio di-hidratado; ácido clorídrico; ácido tricloroacético; cloreto de cálcio; ácido etilendiamina tetracético; álcool etílico absoluto.	A viscosidade dinâmica da pectina amidada foi maior que a da pectina pouco esterificada. Porém, devido ao afinamento por cisalhamento, a viscosidade da pectina amidada com aminoácidos diminuiu com o aumento da velocidade de rotação. Todas as amostras de pectina amidada apresentaram alta viscosidade e força de gel.	(ZHENG; ZHANG; DING; HUANG; ZHANG; FEI, 2022).
Gel de emulsão.	Examinar a utilização de um sistema de gel composto por proteína de ervilha e ágar-ágar para substituir parcialmente ou totalmente a gordura em emulsões de carne.	Paleta de bovino desossada; toucinho de boi; proteína de ervilha; <b>ágar-ágar em pó</b> ; aditivos de cura.	A substituição total da gordura pelo gel deu uma textura mais macia, porém mais adesiva.	(ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, 2021).
Gel de emulsão.	Formular uma nova emulsão gelificada de baixa energia com	<b>Óleo de algas (<i>Cryptocodinium cohnii</i>);</b>	Todas as amostras apresentaram reduções na	(ALEJANDRE; PASSARINI;

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
	<p>óleo de algas como fonte lipídica como substituto de gordura total em hambúrgueres bovinos. A estabilidade da emulsão gelificada selecionada sob diferentes condições de armazenamento foi avaliada para uma compreensão clara do comportamento deste análogo de gordura.</p>	<p><b>Kappa-carragenina;</b> polissorbato 80; Lombo de vaca picado.</p>	<p>dureza durante o armazenamento.</p>	<p>ASTIASARÁN; ANSOARENA, 2017)</p>
<p>Reposição de proteína e gordura por fibra de trigo hidratada.</p>	<p>Avaliar os efeitos de diferentes níveis de fibra de trigo hidratada substituindo carne e gordura em hambúrgueres bovinos sobre características tecnológicas, aceitação sensorial e satisfação da fome.</p>	<p>Carne bovina; toucinho suíno; fibra de trigo, água e mistura para hambúrguer.</p>	<p>Diminuiu a dureza, elasticidade e mastigabilidade dos hambúrgueres. A substituição parcial de carne e gordura animal por fibra de trigo hidratada não afetou a coesividade.</p>	<p>(CARVALHO; PIRES; BALDIN; MUNEKATA; CARVALHO; RODRIGUES; POLIZER; MELLO; LAPA-GUIMARÃES; TRINDADE, 2019).</p>
<p>Redução de gordura com a utilização de inulina.</p>	<p>Determinar o efeito da redução de gordura e adição de inulina na textura e propriedades sensoriais de linguiças fermentadas secas com baixo teor de gordura e compará-las com produtos elaborados com o teor médio de gordura atualmente utilizado pela</p>	<p>Carne de porco; Carne magra; toucinho de porco; Sal; especiarias.</p>	<p>A redução do teor de gordura resultou em aumento da dureza, gomosidade e mastigabilidade e diminuição da elasticidade, coesão e adesividade.</p>	<p>(MENDOZA; GARCÍA; CASAS; SELGAS, 2001).</p>

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
	indústria.			
Gel de inulina.	Realizar uma caracterização detalhada e otimização dos efeitos da inulina como uma alternativa mais saudável à gordura em salsichas usando uma abordagem de design de mistura.	Paleta de porco fresca completa; toucinho de porco; <b>inulina</b> ; água, tostão; temperos.	O aumento da concentração de inulina, reduziu a perda de cozimento e melhorou a estabilidade da emulsão, mas resultou em maior modificação de textura e qualidade sensorial em comparação com os controles, particularmente nos extremos (substituição integral de gordura).	(KEENAN; RESCONI; KERRY; HAMILL, 2014).
Gel de emulsão.	O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de géis de emulsão funcional contendo isolado de proteína de soja, inulina; e isolado de proteína de soja, inulina e farinha de chia, substituindo o toucinho de porco nas propriedades físico-químicas, reológicas, microestruturais e nutricionais da linguiça Bolonha.	<b>Isolado de proteína de soja</b> , caseinato de sódio, <b>farinha de chia</b> , <b>carragenina</b> , <b>inulina</b> e tripolifosfato de sódio, <b>óleo de soja</b> , carne suína e toucinho.	Em geral, as salsichas preparadas com diferentes géis de emulsão apresentaram maior dureza, mastigabilidade e força de cisalhamento, e menos coesividade e resiliência do que as respectivas formulações controle.	(PAGLARINI; FURTADO; HONÓRIO; MOKARZEL; VIDAL; RIBEIRO; CUNHA; POLLONIO, 2019).
Organogéis.	Caracterizar organogéis de óleo comestível estruturados, com/sem surfactante (monoestearato de sorbitano;	<b>Etilcelulose</b> , <b>óleo de canola e monoestearato de sorbitano</b> ; carne magra, NaCl, tempero de salsicha; tripolifosfato de	Não mencionado.	(BARBUT; WOOD; MARANGONI, 2016).

Tecnologia utilizada	Objetivo do estudo	Ingredientes utilizados	Textura do produto final	Referência
	para plastificar o gel) e determinar a eficácia da substituição de gordura animal saturada por organogéis nas propriedades de textura de emulsões de carne.	sódio, NaNO <sub>2</sub> ; gelo;		

Fonte: Autora (2022).

\* É importante salientar que alguns ingredientes utilizados para géis de emulsão **não** poderiam ser utilizados para a elaboração de produtos para o público vegano e vegetariano, como por exemplo, óleo de peixe, caseinato de potássio e soro de leite. Informações sobre estes ingredientes foram mantidas neste estudo para conhecimento e possíveis substituições por matérias-primas com funções semelhantes.

#### 4.1 TECNOLOGIAS PARA MIMETIZAR GORDURA ANIMAL COM APLICAÇÃO EM PRODUTOS À BASE DE PLANTAS

Para a substituição de gorduras animais em produtos análogos à carne, percebe-se que as tecnologias mais utilizadas foram os géis de emulsão e as redes de cristais de gordura emulsionada e reticulada, juntamente com a tecnologia das transglutaminases.

No estudo de Herz *et al.* (2021), por exemplo, foi avaliada a montagem de um sistema mimético de gordura com extrusados para a obtenção de um produto que se assemelha ao bacon de origem animal. Foram testadas variáveis como concentração de proteína isolada de soja, temperatura, coagulantes e adição de transglutaminase. Para a fase oleosa, foi utilizado óleo de canola e fração estearina de manteiga de karité, fundida no óleo líquido para imitar as propriedades de fusão da gordura animal.

Os resultados mostraram que os extrudados e miméticos de gordura não conseguiram se aderir apenas por meio do calor, independentemente da porcentagem de proteína isolada de soja aplicada. A adesão das camadas apenas foi bem sucedida com a adição de transglutaminase. Isso indica que, para que haja a formação dos géis, há a necessidade da formação de ligações covalentes de isopeptídeos, para assim, atuarem como aglutinantes funcionais em um análogo ao bacon. Essas ligações se formam a partir da utilização da enzima citada.

No estudo de Shahbazi *et al.* (2021a), foi avaliada a adição de diferentes biossurfactantes hidrofobicamente modificados para a substituição parcial e total de óleo, visando a elaboração de géis de emulsão com teor reduzido de gordura, à base de proteína de soja, para posterior aplicação em alimentos impressos em impressora 3D. Obteve-se como resultado que determinadas tintas ofereceram estruturas estáveis para a formação do gel, como a inulina dodecenil succinilada e etilcelulose. Assim, concluíram que a impressão 3D por biossurfactantes é favorável à formação de tintas cisalhantes, viscoelásticas e tixotrópicas para formação de miméticos de gordura em análogos à carne.

Dreher *et al.* (2020a) observaram a influência de variáveis do teor de proteína em redes de cristais de gordura emulsionada e reticulada à base de plantas para imitar o tecido adiposo animal. O estudo expõe a importância da rede de proteínas envolvendo a fase lipídica emulsionada, para conferir características elásticas a redes de cristais de gordura emulsionados, uma vez que apenas a gordura, derivada de planta, emulsionada apresenta somente comportamento plástico. Para a formação do gel, óleo de canola e óleo de canola com alto teor de ácido erúico totalmente hidrogenado foram utilizados para a fase lipídica. Os resultados mostraram que o comportamento do produto final pode ser alterado até certo ponto, variando a

concentração de proteína para alcançar o teor de gordura sólido desejado. Essa observação abre novas possibilidades para a indústria alimentícia para eventuais alterações, dependendo do tipo do produto que se deseja desenvolver.

De forma semelhante, análogos de linguiça tipo salame à base de plantas foram produzidos contendo miméticos de gordura animal na pesquisa de Dreher; König; Herrmann; Terjung; Gibis; Weiss (2021a); O estudo utilizou diferentes teores de óleo de canola e gordura sal (*Shorea robusta*), gordura que tem sido proposta como alternativa à gordura de palma, na mistura. Concluiu-se que a formulação da fase lipídica influenciou na textura, aparência e características sensoriais, sendo que as formulações com baixas e médias concentrações de gordura sólida foram as que obtiveram melhores pontuações na avaliação sensorial. Em um estudo anterior, os mesmos pesquisadores mostraram que, desde que não seja utilizado gordura sólida demasiadamente, as redes de cristais de gordura emulsionada reticulada à base de plantas são capazes de imitar as propriedades mecânicas da gordura animal (DREHER; BLACH; TERJUNG; GIBIS; WEISS, 2020b).

Em paralelo, o mesmo grupo de pesquisa, Dreher, Weißmüller, Herrmann, Terjung, Gibis e Weiss (2021b), estudou a influência que o teor de proteínas e gordura sólida exercia sobre as propriedades mecânicas e no comportamento de fragmentação de lipídios estruturados à base de plantas. Esses lipídios foram constituídos para exibir propriedades elásticas. Notou-se que as propriedades texturais variaram de forma relevante de acordo com o teor de proteína e gordura sólida e que, após trituração, as amostras mantiveram a sua estrutura íntegra.

#### 4.2 TECNOLOGIAS PARA MIMETIZAR GORDURA ANIMAL COM APLICAÇÃO EM PRODUTOS CÁRNEOS PARA REDUÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS *TRANS* E SATURADOS

No que se refere a encontrar maneiras de substituir ou reduzir o teor de gordura de produtos cárneos, é possível encontrar diversos estudos, como observa-se no Quadro 6. No estudo de Freire *et al.* (2018), foi verificado o potencial de géis de emulsão, óleo em água, para utilizar como substituto de gordura lipídeos mais saudáveis, com ácidos graxos ômega 3 e taninos condensados. Para a formulação dos géis foi utilizado uma base lipídica rica em ômega 3, azeite de oliva extravirgem, óleo de linhaça e óleo de peixe, com diferentes emulsificantes, caseinato de sódio, isolado de proteína de soro de leite e proteína isolada de soja. Foi utilizado também transglutaminase bacteriana para a realização das ligações cruzadas com componentes

proteicos e, assim, formar géis de emulsão termicamente estáveis. Com o estudo, pôde-se concluir que os géis tiveram excelentes propriedades de ligação e estabilidade lipídica adequada durante o armazenamento, e que assim, podem ser utilizados como substitutos de gordura animal.

Em paralelo, Pintado *et al.* (2018), estudaram o efeito de géis de emulsão de chia e aveia como novos substitutos de gordura animal e fontes bioativas saudáveis na formulação de linguiça frescal. Os géis de chia foram elaborados com farinha de chia, azeite de oliva, água e gelificante à base de alginato; realização do segundo gel, foi utilizado farelo de aveia. As linguiças frescas com baixo teor de gordura foram consideradas aceitáveis pelos testes sensoriais, suas propriedades tecnológicas como a perda de cozimento e textura foram influenciadas positivamente em relação aos controles, sem redução de gordura.

Outro polissacarídeo que foi estudado para a aplicação de géis de emulsão por ser um agente espessante é o Konjac glucomannan, carboidrato produzido por uma planta nativa do leste da Ásia, *Amorphophallus konjac*, o qual desenvolve soluções pseudoplásticas altamente viscosas (JIMENEZ-COLMENERO *et al.*, 2013). Os pesquisadores Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) testaram o gel de Konjac para potencial utilização de análogo à gordura no desenvolvimento de produtos cárneos com teor reduzido de gordura, analisando seu comportamento ao ser refrigerado e congelado. Nas condições de refrigeração, o gel apresentou alta estabilidade, e a capacidade de ligação da água manteve-se regular, o mesmo aconteceu para a análise de perfil de textura. Em contrapartida, o congelamento alterou essas características de forma negativa, bem como aumentou a dureza e mastigabilidade dos produtos.

De forma semelhante, outro composto que foi estudado por Zheng *et al.* (2022), foi a pectina, que forma géis sob acidez e teor de sólidos solúveis adequado. A formação desse gel pode mudar de acordo com o grau de esterificação da molécula, podendo ser com alto ou baixo teor de metoxil, diante disso, os autores investigaram os efeitos da amidação de aminoácidos na viscosidade e propriedades de gel da pectina e na avaliação da substituição de gordura em produtos cárneos. Como resultado, obteve-se que, sob baixa concentração de cálcio e sem açúcar, a viscosidade dinâmica e as propriedades de gel da pectina amidada foram melhores do que as da pectina pouco esterificada. Para os requisitos de mimético de gordura, o tamanho da partícula do gel atendeu as especificações.

Outro hidrocolóide bem conhecido, produzido pela alga vermelha (*Rhodophyta*), e já bem consolidado na indústria alimentícia, é o ágar-ágar (ŚCIESZKA; KLEWICKA, 2019), Öztürk-Kerimoğlu (2021) testou o ingrediente com proteína de ervilha para formar um complexo para substituir parcial e totalmente a gordura de carne bovina em produtos cárneos

emulsionados. O gel de ágar-ágar com proteína de ervilha levou a efeitos favoráveis, com o aumento das propriedades funcionais, químicas e nutricionais dos produtos, indicando ser uma emulsão adequada para incorporar em produtos cárneos processados.

De modo semelhante, os autores Alejandro *et al.* (2017) verificaram os efeitos do óleo de alga *Cryptocodinium cohnii* em géis formados juntamente com kappa-carragenina. O gel formado foi tecnologicamente estável sob refrigeração e embalagem a vácuo. A substituição da totalidade da gordura em hambúrgueres bovinos teve resultados positivos na análise sensorial e aumento nos índices de ácidos graxos eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA) e também houve redução da proporção de ácidos graxos saturados.

Em outro estudo para realizar a substituição parcial de carne e gordura, Carvalho *et al.* (2019) testaram as propriedades das fibras de trigo hidratada para realizar a substituição parcial de carne e lipídios em hambúrgueres bovinos para, assim, diminuir o valor energético, mantendo a sensação de saciedade. A substituição com até 32% de fibra de trigo hidratada apresentou boa aceitação sensorial e permitiu diminuir o valor energético dos hambúrgueres, permanecendo a sensação de saciedade do produto.

Em conjunto com esses estudos, outras substituições de gordura animal estão sendo realizadas pela utilização de inulina (MENDOZA *et al.*, 2001; KEENAN *et al.*, 2014; PAGLARINI *et al.*, 2019). A inulina é uma fibra alimentar solúvel extraída de plantas. Devido a suas propriedades, geralmente é utilizada como substituto de gordura para alimentos como bolos, chocolates (IZZO; FRANCK, 1998). Mendoza *et al.* (2001) utilizaram a inulina como substituto parcial de gordura em linguiças fermentadas secas com baixo teor de gordura. Concluiu-se que a inulina em pó pode ser um excelente substituto para a gordura nesses produtos, pois confere uma textura mais macia, elasticidade e adesividade similar às das linguiças convencionais. Além disso, em modelos de inclusão crescente da concentração de inulina, mostraram a diminuição de perda de cozimento, melhoria da estabilidade de emulsão e modificação da textura, com aumento da dureza em produtos cárneos processados (KEENAN *et al.*, 2014).

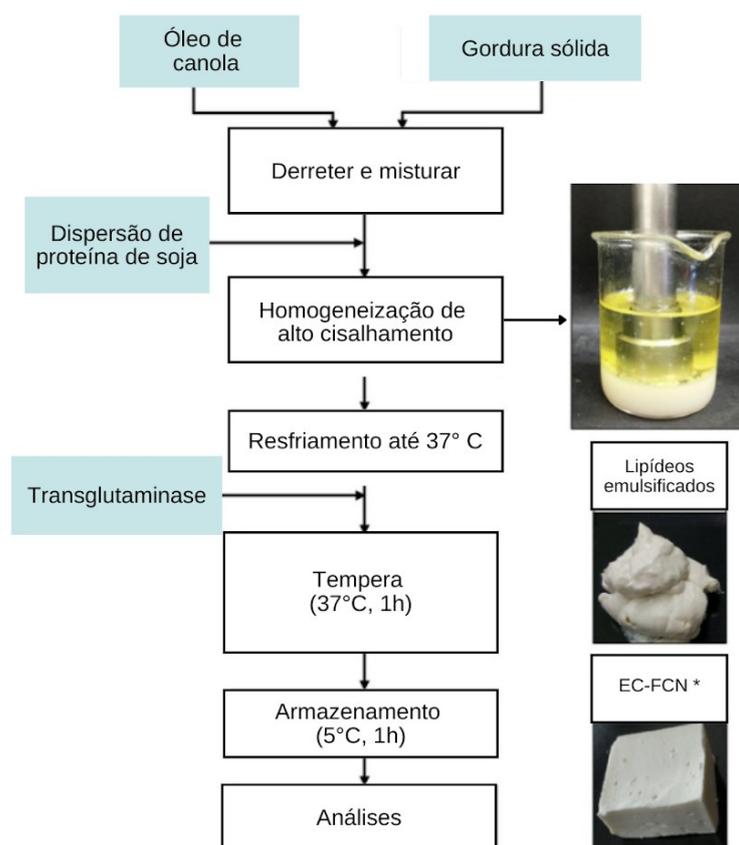
Ao mesmo tempo, Paglarini *et al.* (2019) testaram dois géis para substituição de toucinho suíno em salsicha de Bolonha, um de inulina com isolado de proteína de soja e outro com adição de farinha de chia, os dois com óleo de soja. Em geral, as linguiças preparadas com esses géis de emulsão apresentaram maior dureza, mastigabilidade e força de cisalhamento, além de menor coesão e resiliência em relação às formulações controle.

A tecnologia de organogéis também foi utilizada para a obtenção de substituto de gordura em produtos cárneos triturados, por Barbut, Wood e Marangoni (2016). A pesquisa

demonstrou efetiva a possibilidade de utilização de organogéis para substituir a gordura da carne bovina em linguiças frankfurters, principalmente os organogéis formulados com monoestearato de sorbitano. Assim, dependendo da formulação dos organogéis, pode-se manipular propriedades texturais desejadas para imitar a formulação de produtos de emulsão cárneos tradicionais, com teor reduzido de gorduras saturadas.

Nos Quadros 5 e 6, nota-se que diversos estudos analisados envolveram a aplicação das transglutaminases, utilizando a tecnologia assistiva enzimática para a elaboração de bases lipídicas para análogos à carne. Dreher, Blach, Terjung, Gibis e Weiss (2020) evidenciaram a diferença entre um gel de emulsão sem reticulação (lipídeos emulsificados) e o gel com reticulação induzida por transglutaminase bacteriana (EC-FCN) (Figura 6).

Figura 6 — Esquema de fabricação de redes de cristais de gordura emulsionada e reticuladas em processo assistido por transglutaminase.



\*EC-FCN - Redes de cristais de gordura emulsionada e reticulada

Fonte: Adaptado de Dreher; Blach; Terjung; Gibis; Weiss (2020a).

As enzimas transglutaminases (EC 2.3.2.13) são pertencentes à classe das transferases, subclasse Aciltransferases, sub-subclasse Aminoaciltransferases, proteína-glutamina  $\gamma$ -glutamiltransferase (IUBMB, 1983). São enzimas que catalisam reações acil-transferase entre grupos  $\gamma$ - carboxiamida de peptídeos, ligados a resíduos de glutamina e diversas aminas primárias (BONFIM *et al.*, 2015). Ou seja, formam ligações de isopeptídeos entre glutamina e resíduos de lisina em proteínas, induzindo ligações covalentes cruzadas intra e intermoleculares (KURAISHI *et al.*, 2001), o que favorece a coesão em produtos reestruturados, assim como, na melhora da força de géis em produtos cárneos emulsionados, melhorando a textura e mantendo o sabor dos produtos (BONFIM *et al.*, 2015). Devido à sua ampla ação catalítica, os estudos em que se utilizou transglutaminases para a elaboração de produtos análogos à carne têm se mostrado promissores.

## 5 CONCLUSÃO

Percebe-se que realizar a mimetização do tecido adiposo de animais para a utilização em produtos análogos à carne, dentre eles, *plant-based*, é um desafio devido à sua complexidade. Contudo, as diversas pesquisas apresentadas neste trabalho mostram que é possível fazer essa substituição de maneira que propriedades de interesse (organolépticas, reológicas e de resfriamento) sejam atendidas. Até mesmo processos e produtos mais complexos como análogo ao bacon suíno e carne sintetizada em impressora 3D à base de plantas já estão em perspectiva.

Estudos visando a formulação de produtos para a substituição de produtos cárneos também são de grande valia para o futuro desenvolvimento de mercadorias totalmente à base de plantas, uma vez que esses substitutos podem imitar a gordura e assim, trazer novas percepções de composições para posteriores testes em produtos *plant-based*.

Por meio dos resultados mostrados nos artigos estudados, nota-se que a tecnologia mais encontrada para a substituição de bases lipídicas em produtos análogos à carne são os géis de emulsão. Nesses géis, diferentes ingredientes podem ser utilizados, a saber, hidrocolóides, algas, fibras. Porém, esses componentes devem estar em uma rede conectada com proteínas para que estruturas parecidas com o tecido adiposo, onde há gotículas de gorduras agregadas com proteínas, como o colágeno, sejam criadas. Por vezes, essas redes podem necessitar de ligações covalentes para ocorrer, e o auxílio de enzimas como a transglutaminase se mostrou efetivo. Então, fatores como teor de proteína e de gordura sólida, utilização de catalisadores de ligações covalentes devem ser analisados para a obtenção de miméticos de gordura destinados a uso em análogos à carne. Assim, com a utilização dessas novas tecnologias, a indústria poderá obter produtos dentro das novas legislações brasileiras, atentando-se à diminuição de gorduras saturadas e a retirada dos ácidos graxos *trans* da formulação de alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, Nuria C.; MARANGONI, Alejandro G.. Characterization of the Nanoscale in Triacylglycerol Crystal Networks. *Crystal Growth & Design*, [S.L.], v. 10, n. 8, p. 3327-3333, 8 jul. 2010. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/cg100468e>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/cg100468e>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- ACEVEDO, Nuria C.; PEYRONEL, Fernanda; MARANGONI, Alejandro G.. Nanoscale structure intercrystalline interactions in fat crystal networks. *Current Opinion In Colloid & Interface Science*, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 374-383, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cocis.2011.05.004>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/251666303\\_Nanoscale\\_structure\\_intercrystalline\\_interactions\\_in\\_fat\\_crystal\\_networks](https://www.researchgate.net/publication/251666303_Nanoscale_structure_intercrystalline_interactions_in_fat_crystal_networks). Acesso em: 01 jun. 2022.
- ALEJANDRE, Marta; PASSARINI, Denis; ASTIASARÁN, Iciar; ANSORENA, Diana. The effect of low-fat beef patties formulated with a low-energy fat analogue enriched in long-chain polyunsaturated fatty acids on lipid oxidation and sensory attributes. *Meat Science*, [S.L.], v. 134, p. 7-13, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174016304120>. Acesso em: 07 maio 2022.
- ABIEC Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, BEEF REPORT 2022. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- BAKKER, Erik de; DAGEVOS, Hans. Reducing Meat Consumption in Today's Consumer Society: questioning the citizen-consumer gap. *Journal Of Agricultural And Environmental Ethics*, [S.L.], v. 25, n. 6, p. 877-894, 25 set. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10806-011-9345-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10806-011-9345-z>. Acesso em: 18 jun. 2022.
- BARBUT, S.; WOOD, J.; MARANGONI, A.. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Science*, [S.L.], v. 122, p. 155-162, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174016302492>. Acesso em: 07 maio 2022.
- BOHRER, Benjamin M.. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science And Human Wellness*, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 320-329, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2019.11.006>.
- BONFIM, Rosiane Costa; MACHADO, Jessica da Silva; MATHIAS, Simone Pereira; ROSENTHAL, Amauri. Aplicação de transglutaminase microbiana em produtos cárneos processados com teor reduzido de sódio. *Ciência Rural*, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 1133-1138, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131440>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/b35XSr8KF8VGnL87F77FJpP/?format=pdf&lang=pt>.

BOUVARD, Véronique et al. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, [S.L.], v. 16, n. 16, p. 1599-1600, dez. 2015. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1470-2045\(15\)00444-1](http://dx.doi.org/10.1016/s1470-2045(15)00444-1).

BRASIL. 2018, Congresso Nacional. Projeto de Lei nº 10556 de 17 de out. 2018. Dispõe sobre a utilização da palavra “leite” nas embalagens e rótulos de alimentos. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2181415>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRASIL. 2019, Congresso Nacional. Projeto de Lei nº 2876 de 14 de mai. 2019. Dispõe sobre a utilização da palavra "carne" e seus sinônimos nas embalagens, rótulos e publicidade de alimentos. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2203209>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRASIL. 2020(a), Diretoria Colegiada da ANVISA. Instrução Normativa - IN nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 195 ed. 113 p. 09 out. 2020. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de8-de-outubro-de-2020-282071143>. Acesso em: 15 mai. 2022.

BRASIL. 2020(b), Diretoria Colegiada da ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 195 ed. 106 p. 09 out. 2020. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRASIL. 2021(a) . Gerência-Geral de Alimento. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Oficina regulatória: Análise e identificação de problemas Produtos “plant-based”. Brasília, 2021. 16 slides, color. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. 2021(b), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de defesa agropecuária MAPA. Portaria nº 327, de 2 de junho de 2021. Dispõe sobre obter subsídios para fomentar a discussão sobre a regulação dos produtos processados de origem vegetal autodenominados "plant based". *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 108 ed. 23 p. 11 jun. 2021. Seção 1.

BRASIL. 2022, Colegiada da ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 632, de 24 de março de 2022. Dispõe sobre a restrição de uso de gorduras trans industriais em alimentos. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 61 ed. 299 p. 30 mar. 2020. Seção 1.

CARVALHO, Larissa Tátero; PIRES, Manoela Alves; BALDIN, Juliana Cristina; MUNEKATA, Paulo Eduardo Sichetti; CARVALHO, Francisco Allan Leandro de; RODRIGUES, Isabela; POLIZER, Yana Jorge; MELLO, Juliana Lolli Malagoli de; LAPA-GUIMARÃES, Judite; TRINDADE, Marco Antonio. Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, [S.L.], v. 147, p. 53-59, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174018301785>. Acesso em: 07 maio 2022.

DEKKERS, Birgit L.; BOOM, Remko M.; GOOT, Atze Jan van Der. Structuring processes for meat analogues. *Trends In Food Science & Technology*, [S.L.], v. 81, p. 25-36, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441830311X>. Acesso em: 06 jun. 2022.

DREHER. 2020 (a), Johannes; BLACH, Carolin; TERJUNG, Nino; GIBIS, Monika; WEISS, Jochen. Formation and characterization of plant-based emulsified and crosslinked fat crystal networks to mimic animal fat tissue. *Journal Of Food Science*, [S.L.], v. 85, n. 2, p. 421-431, fev. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.14993>. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.14993>. Acesso em: 06 jun. 2022.

DREHER. 2020 (b), Johannes; BLACH, Carolin; TERJUNG, Nino; GIBIS, Monika; WEISS, Jochen. Influence of protein content on plant-based emulsified and crosslinked fat crystal networks to mimic animal fat tissue. *Food Hydrocolloids*, [S.L.], v. 106, p. 105864, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105864>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X20300497>. Acesso em: 07 maio 2022.

DREHER. 2021 (a), Johannes; KÖNIG, Maurice; HERRMANN, Kurt; TERJUNG, Nino; GIBIS, Monika; WEISS, Jochen. Varying the amount of solid fat in animal fat mimetics for plant-based salami analogues influences texture, appearance and sensory characteristics. *Lwt*, [S.L.], v. 143, p. 111140, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111140>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821002930>. Acesso em: 07 maio 2022.

DREHER. 2021 (b), Johannes; WEIßMÜLLER, Maximilian; HERRMANN, Kurt; TERJUNG, Nino; GIBIS, Monika; WEISS, Jochen. Influence of protein and solid fat content on mechanical properties and comminution behavior of structured plant-based lipids. *Food Research International*, [S.L.], v. 145, p. 110416, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110416>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399692100315X>. Acesso em: 07 maio 2022.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja em números (safra 2020/21). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 01 jun. 2022.

FENNEMA, Owen R. et al. *Química de Alimentos de Fennema*. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2010.

FIRESTONE, David et al. *Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fat, and Waxes*. Urbana, Il: Aocs Press, 2013.

FREIRE, Maria; COFRADES, Susana; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; GÓMEZ-ESTACA, Joaquín; JIMÉNEZ-COLMENERO, Francisco; BOU, Ricard. Emulsion gels containing n-3 fatty acids and condensed tannins designed as functional fat replacers. *Food Research International*, [S.L.], v. 113, p. 465-473, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.041>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918305799>. Acesso em: 07 maio 2022.

GFI. 2021. O consumidor brasileiro e o mercado plant based. 2021. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-plant-based.pdf> Acesso em: 18 jun. 2022.

GFI. 2022(a). Carne Cultivada: Perspectivas e Oportunidades para o Brasil. 2022. Disponível em: [https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/06/WP-Carne-Cultivada-no-Brasil-GFI-Brasil-05\\_2022\\_.pdf](https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/06/WP-Carne-Cultivada-no-Brasil-GFI-Brasil-05_2022_.pdf). Acesso em: 18 jun. 2022.

GFI. 2022(b). Estudo Regulatório sobre Proteínas Alternativas no Brasil – Fermentação. 2022. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Estudo-Regulat%C3%B3rio-Fermenta%C3%A7%C3%A3o-GFI.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GODFRAY, H. Charles J.; AVEYARD, Paul; GARNETT, Tara; HALL, Jim W.; KEY, Timothy J.; LORIMER, Jamie; PIERREHUMBERT, Ray T.; SCARBOROUGH, Peter; SPRINGMANN, Marco; JEBB, Susan A.. Meat consumption, health, and the environment. *Science*, [S.L.], v. 361, n. 6399, 20 jul. 2018. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aam5324>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam5324>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GOMES, Juliana Figueiredo De Oliveira. A nova rotulagem nutricional da Anvisa e a influência no comportamento dos consumidores. Orientador: Prof. Marcio Cunha Filho. 2020. Monografia (Bacharel em Direito) - Universidade de Brasília, Brasília/ DF, 2020.

HERZ, Eva; HERZ, Laura; DREHER, Johannes; GIBIS, Monika; RAY, Joydeep; PIBAROT, Patrick; SCHMITT, Christophe; WEISS, Jochen. Influencing factors on the ability to assemble a complex meat analogue using a soy-protein-binder. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, [S.L.], v. 73, p. 102806, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102806>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856421002071>. Acesso em: 07 maio 2022.

HOEK, Annet C.; LUNING, Pieter A.; WEIJZEN, Pascale; ENGELS, Wim; KOK, Frans J.; GRAAF, Cees de. Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, [S.L.], v. 56, n. 3, p. 662-673, jun. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2011.02.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195666311000523?via%3Dihub>. Acesso em: 01 jul. 2022.

IBV; NRF, 2022. Consumers want it all. Disponível em: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/2022-consumer-study#>. Acesso em: 06 jun. 2022.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; COFRADES, S.; HERRERO, A.M.; SOLAS, M.T.; RUIZ-CAPILLAS, C.. Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: effect of chilled and frozen storage. *Food Hydrocolloids*, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 351-357, jan. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.06.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X1200152X>. Acesso em: 07 maio 2022.

KEENAN, Derek F.; RESCONI, Virginia C.; KERRY, Joseph P.; HAMILL, Ruth M.. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. *Meat Science*, [S.L.], v. 96, n. 3, p. 1384-1394, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013006438>. Acesso em: 07 maio 2022.

KURAIISHI, C. et al. Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, v.17, n.2, p.221-246, 2001

KYRIAKOPOULOU, Konstantina; DEKKERS, Birgit; GOOT, Atze Jan van Der. Plant-Based Meat Analogues. *Sustainable Meat Production And Processing*, [S.L.], p. 103-126, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-814874-7.00006-7>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148747000067>. Acesso em: 06 jun. 2022.

M. Izzo, A. Franck. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose conference. *Trends in Food Science and Technology*, 9 (1998), pp. 255-257

MARANGONI, Alejandro Gregorio; NARINE, Suresh S.. - Intermolecular Forces in Triacylglycerol Particles and Oils. *Structure And Properties Of Fat Crystal Networks*, [S.L.], p. 120-143, 25 set. 2012. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/b12883-5>.

MCCLEMENTS, David Julian et al. Edible nanoemulsions: fabrication, properties, and functional performance. *Soft Matter*, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 2297-2316, 2011. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c0sm00549e>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/sm/c0sm00549e/unauth#tab1>. Acesso em: 01 jun. 2022.

MCCLEMENTS, David Julian et al. Improving emulsion formation, stability and performance using mixed emulsifiers: a review. *Advances In Colloid And Interface Science*, [S.L.], v. 251, p. 55-79, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2017.12.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001868617303196#f0005>. Acesso em: 01 jun. 2022.

MENDOZA, E.; GARCÍA, M.L.; CASAS, C.; SELGAS, M.D.. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science*, [S.L.], v. 57, n. 4, p. 387-393, abr. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740\(00\)00116-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740(00)00116-9). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174000001169>. Acesso em: 07 maio 2022.

NARINE, Suresh s; MARANGONI, Alejandro G. Structure and mechanical properties of fat crystal networks. *Advances In Food And Nutrition Research*, [S.L.], p. 33-145, 2002. Elsevier. [http://dx.doi.org/10.1016/s1043-4526\(02\)44003-x](http://dx.doi.org/10.1016/s1043-4526(02)44003-x). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104345260244003X>. Acesso em: 20 maio 2022.

ONU United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). Population Facts No. 2019/6, December 2019: How certain are the United Nations global population projections?. Disponível em: [https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts\\_2019-6.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2019-6.pdf). Acesso em: 18 jun. 2022.

ÖZTÜRK-KERIMOĞLU, Burcu. A promising strategy for designing reduced-fat model meat emulsions by utilization of pea protein-agar agar gel complex. *Food Structure*, [S.L.], v. 29, p. 100205, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foostr.2021.100205>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213329121000319>. Acesso

PAGLARINI, Camila de Souza; FURTADO, Guilherme de Figueiredo; HONÓRIO, Alice Raissa; MOKARZEL, Letícia; VIDAL, Vitor Andre da Silva; RIBEIRO, Ana Paula Badan; CUNHA, Rosiane Lopes; POLLONIO, Marise Aparecida Rodrigues. Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. *Food Structure*, [S.L.], v. 20, p. 100105, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foostr.2019.100105>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213329118300236>. Acesso em: 07 maio 2022.

PIMENTEL, David; PIMENTEL, Marcia. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, [S.L.], v. 78, n. 3, p. 660-663, 1 set. 2003. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660s>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/78/3/660S/4690010?login=true>. Acesso em: 30 jun. 2022.

PINTADO, T.; HERRERO, A.M.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F.; CAVALHEIRO, C. Pasqualin; RUIZ-CAPILLAS, C.. Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat Science*, [S.L.], v. 135, p. 6-13, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174016305010>. Acesso em: 07 maio 2022.

ŚCIESZKA, Sylwia; KLEWICKA, Elżbieta. Algae in food: a general review. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, [S.L.], v. 59, n. 21, p. 3538-3547, 18 nov. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1496319>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2018.1496319>. Acesso em: 05 maio 2022.

SHAHBAZI (a), Mahdiyar; JÄGER, Henry; ETTOLAIE, Rammile; CHEN, Jianshe. Construction of 3D printed reduced-fat meat analogue by emulsion gels. Part I: flow behavior, thixotropic feature, and network structure of soy protein-based inks. *Food Hydrocolloids*, [S.L.], v. 120, p. 106967, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106967>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X21003830>. Acesso em: 07 maio 2022.

SHAHBAZI (b), Mahdiyar; JÄGER, Henry; CHEN, Jianshe; ETTOLAIE, Rammile. Construction of 3D printed reduced-fat meat analogue by emulsion gels. Part II: printing performance, thermal, tribological, and dynamic sensory characterization of printed objects. *Food Hydrocolloids*, [S.L.], v. 121, p. 107054, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107054>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X21004707>. Acesso em: 07 maio 2022.

SPRINGMANN, Marco; CLARK, Michael; MASON-D'CROZ, Daniel; WIEBE, Keith; BODIRSKY, Benjamin Leon; LASSALETTA, Luis; VRIES, Wim de; VERMEULEN, Sonja J.; HERRERO, Mario; CARLSON, Kimberly M.. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, [S.L.], v. 562, n. 7728, p. 519-525, out. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>.

TORRES, Ophelie et al. Emulsion microgel particles: novel encapsulation strategy for lipophilic molecules. *Trends In Food Science & Technology*, [S.L.], v. 55, p. 98-108, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224416301546#bib54>. Acesso em: 05 jun. 2022.

TURK, S.N. et al. Carcass fatty acid mapping. *Meat Sci. Texas*, p. 658-663. 09 nov. 2008. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0309174008003689?token=29629D2B8A9E2242ABB113635897F36EB3DA96F6D773392AC77857EAA1735C3CE36B350478890C48B7BB5E7EADD8F845&originRegion=us-east-1&originCreation=20220703202719>. Acesso em: 30 jun. 2022.

UNICAMP Universidade Estadual de Campinas; NEPA Núcleo De Estudos e Pesquisas em Alimentação. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) 4ª ed.*, 2011.

WHO (World Health Organization).(2006). *Global strategy on diet, physical activity and health: a framework to monitor and evaluate implementation*.

WHO (World Health Organization).(2015). *Q&A on the carcinogenicity of the consumption of red meat and processed meat*. Disponível em: [https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/Monographs-QA\\_Vol114.pdf](https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/Monographs-QA_Vol114.pdf) (2015). Acesso em: 06 jun. 2022.

WHO (World Health Organization).(2021). *REPLACE trans fat: an action package to eliminate industrially produced trans-fatty*. Available: <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/replace-trans-fat>

WOOD, J.D et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, [S.L.], v. 66, n. 1, p. 21-32, jan. 2004. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740\(03\)00022-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740(03)00022-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174003000226?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jun. 2022.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). *Creating a Sustainable Food Future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050*. 2019, 564 p.

ZHENG, Chenmin; ZHANG, Zhigang; DING, Nengshui; HUANG, Bingqing; ZHANG, Guoguang; FEI, Peng. Synthesis of amidated pectin with amino acid using ultra-low temperature enzymatic method and its evaluation of fat mimic characteristics. *Food Hydrocolloids*, [S.L.], v. 125, p. 107454, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107454>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X21008705>. Acesso em: 07 maio 2022.