

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

Gerlane Souza de Lima

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM EMULSÃO DE ÓLEO
DE SEMENTE DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis f flavicarpa*)**

RECIFE

2023

GERLANE SOUZA DE LIMA

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM EMULSÃO DE ÓLEO
DE SEMENTE DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis f flavicarpa*)**

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

Área de concentração: Ciência de Alimentos

Orientador(a): Profa. Dra. Viviane Lansky Xavier de Souza Leão

Coorientador(a): Ma. Alessandra Silva Araújo

RECIFE

2023

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

Lima, Gerlane Souza de .

Elaboração e caracterização de sorvete com emulsão de óleo de semente de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f flavicarpa*) / Gerlane Souza de Lima. - Recife, 2023.

41 : il., tab.

Orientador(a): Viviane Lansky Xavier de Souza Leão

Cooorientador(a): Alessandra Silva Araújo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Nutrição - Bacharelado, 2023.

1. resíduo agroindustrial. 2. biopolímero. 3. partículas pickering. 4. sustentabilidade. 5. quitosana. I. Souza Leão, Viviane Lansky Xavier de . (Orientação). II. Araújo, Alessandra Silva . (Coorientação). III. Título.

610 CDD (22.ed.)

GERLANE SOUZA DE LIMA

**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM EMULSÃO DE ÓLEO
DE SEMENTE DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis f flavicarpa*)**

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

Área de concentração: Ciência de Alimentos

Aprovado em: 27/04/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

Ma. Alessandra Silva Araújo (Co-orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Marcela Sarmiento Valencia (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, Carmem e Sebastião.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por alcançar mais essa graça, pela força em meio a todas as dificuldades, pela luz que me guiou no caminho até aqui. Por maiores que parecessem os obstáculos, a fé me fez seguir sabendo que Ele tinha um propósito para mim e que eu deveria continuar.

Aos meus pais e meu irmão por todo o apoio, por estarem ao meu lado em todos os momentos, dividindo preocupações, alegrias e todas as conquistas.

À minha orientadora Viviane Lansky, por toda a ajuda antes mesmo de chegarmos ao desenvolvimento deste trabalho. Sempre aprendi muito com você, é um exemplo de pessoa e profissional para mim.

À minha amiga e co orientadora Alessandra Araújo, por todos os momentos compartilhados, sempre me ouvindo, me trazendo luz e calma. Seu amor e comprometimento pela ciência são uma grande inspiração.

Agradeço aos amigos Ethel, Thayna, Thaís, Dominique, Thiago, Ícaro, pessoas com quem dividi esses anos de graduação, aflições, conquistas, sempre nos apoiando mesmo à distância. Sou muito grata por ter convivido com vocês.

Aos professores do curso de Nutrição por terem contribuído tanto para a minha formação, por abrirem novos horizontes, por me fazerem crescer.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite e pelas contribuições.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente desde o início dessa jornada, agradeço de todo coração.

RESUMO

Sorvetes representam uma das sobremesas mais consumidas no mundo, cuja demanda vai além do seu valor nutricional. A produção de sorvetes com compostos funcionais, adicionados de ácidos graxos insaturados, compostos fenólicos e outros bioativos tem se tornado um crescente nicho de mercado. A adição de óleos vegetais em sorvetes se beneficia da sua incorporação em sistemas como emulsões. Dessa forma, esta pesquisa buscou desenvolver e caracterizar sorvetes adicionados de óleo de semente de maracujá emulsionado e estabilizado por partículas de quitosana. Foram desenvolvidas partículas de quitosana fúngica por desprotonação para estabilização de emulsões *pickering* com 10% de óleo de semente de maracujá. Três formulações de sorvete foram elaboradas, com 0 (controle), 5 e 10% de adição dessa emulsão. Essas formulações foram caracterizadas quanto a pH, acidez, percentual de *overrun*, taxa de derretimento e perfil de textura. A acidez das amostras variou significativamente entre o controle ($6,60 \pm 0,03$) e a adição de 5% ($6,48 \pm 0,28$) e 10% ($6,78 \pm 0,02$) de emulsão. A maior incorporação de ar ocorreu na formulação S2 (10% de emulsão). O produto com 5% de emulsão apresentou melhor taxa de derretimento (50 minutos). O perfil de textura foi alterado significativamente em relação aos parâmetros dureza, coesividade e mastigabilidade. A aplicação de partículas de quitosana representou uma tecnologia sustentável para a elaboração de emulsões *pickering* com óleo de semente de maracujá. A adição dessa emulsão influenciou significativamente para redução do pH, aumento da taxa de derretimento, dureza e coesividade dos produtos. Dessa forma, a formulação com 5% de emulsão se mostrou mais próxima das características da amostra controle, trazendo o benefício da inclusão do óleo de semente de maracujá e da quitosana, sem comprometer as propriedades do sorvete.

Palavras-chave: resíduo agroindustrial; biopolímero; partículas *pickering*; sustentabilidade; quitosana.

ABSTRACT

The ice cream represents one of the most consumed desserts in the world, whose demand goes beyond its nutritional value. The production of ice cream with functional compounds, added unsaturated fatty acids, phenolic compounds, and other bioactive substances, has become a growing market niche. The addition of vegetable oils in ice cream gains from its incorporation into systems such as emulsions. Thus, this research sought to develop and characterize ice creams added with passion fruit seed oil emulsified and stabilized by chitosan particles. Fungal chitosan particles were developed by deprotonation, for the stabilization of Pickering emulsions with 10% passion fruit seed oil. Three ice cream formulations were elaborated, with 0 (control), 5, and 10% addition of this emulsion. These formulations were characterized for pH, acidity, percentage of overrun, melting rate, and texture profile. The acidity of the samples varied significantly between the control (6.60 ± 0.03) and the addition of 5% (6.48 ± 0.28) and 10% (6.78 ± 0.02) of emulsion. The highest air incorporation occurred in the S2 formulation (10% emulsion). The product with 5% emulsion showed a better melting rate (50 minutes). The texture profile was significantly altered, concerning hardness, cohesiveness, and chewiness. The application of chitosan particles represented a sustainable technology for the elaboration of Pickering emulsions with passion fruit seed oil. The addition of this emulsion significantly influenced the reduction of pH and an increase in the melting rate, hardness, and cohesiveness of the products. Thus, the formulation with 5% emulsion was closer to the characteristics of the control sample, bringing the benefit of the inclusion of passion fruit seed oil and chitosan without compromising the properties of the ice cream.

Keywords: agroindustrial waste; biopolymer; pickering particles; sustainability; chitosan.

LISTA DE ABREVIACES

ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
EPQF	Emulsão <i>Pickering</i> com Quitosana Fúngica
OSM	leo da semente do maracujá
PQF	Partículas de Quitosana Fúngica
QF	Quitosana Fúngica
RDC	Resoluo de Diretoria Colegiada
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio s Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	SORVETES	12
2.1.1	Definição e Etapas de Fabricação	12
2.1.2	Parâmetros de qualidade	14
2.1.3	Sorvetes com compostos funcionais	15
2.2	EMULSÕES	16
2.2.1	Aspectos gerais de emulsões	16
2.2.2	Emulsões do tipo <i>Pickering</i>	18
2.3	ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ	20
3	OBJETIVOS	22
3.1	OBJETIVO GERAL:	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	MATERIAIS	23
4.2	MÉTODOS	23
4.2.1	Preparo das sementes e extração do óleo	23
4.2.2	Elaboração da emulsão	23
4.2.3	Desenvolvimento dos sorvetes	24
4.2.4	Caracterização dos sorvetes	25
4.2.5	Análises estatísticas	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SORVETES	27
6	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Sorvete é um dos gelados comestíveis mais consumidos no mundo, o equivalente a uma produção anual de 5,75 bilhões de litros (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Possuem composição variada, apresentando uma fase não congelada (soro), cristais de gelo, uma fase lipídica e bolhas de ar (HOMAYOUNI et al., 2018; KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022).

Observa-se o fortalecimento da procura por produtos que contemplem os aspectos nutricionais dos alimentos, mas também que apresentem composição mais natural e capaz de oferecer benefícios à saúde dos consumidores (GENOVESE et al., 2022; MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Nesse sentido, tem-se estudado o desenvolvimento de sorvetes funcionais acrescidos de compostos fenólicos, óleos vegetais, proteínas, vitaminas, fibras (ARSLANER; SALIK, 2020; MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020).

Mesmo trazendo benefícios por seu consumo, óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados são propensos à oxidação lipídica, tendo sua vida de prateleira e composição nutricional, sensorial e funcional comprometidas (OLIVEIRA et al., 2019). Outro ponto a ser avaliado é que, devido a sua alta hidrofobicidade, a aplicação de óleo *in natura* pode comprometer a estabilidade dos sorvetes. Assim, uma alternativa para minimizar esses efeitos seria a introdução desses óleos mediante sua incorporação em sistemas como emulsões, lipossomas, nanocarreadores e sólidos amorfos (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020).

Dentre os sistemas mencionados, as emulsões são definidas como sistemas formados por uma fase apolar (oleosa) e uma fase polar (aquosa). A porção hidrofóbica engloba óleos fixos e essenciais, vitaminas lipossolúveis, ceras, corantes, flavorizantes, enquanto a hidrofílica pode ser composta por açúcares, sais, proteínas, polissacarídeos (OZOGUL et al., 2022). Esse último grupo pode atuar como estabilizadores do sistema na forma de partículas sólidas (surfactantes coloidais), formando as emulsões do tipo *pickering* (SUN et al., 2022). Destacam-se entre os polissacarídeos aplicados, a quitosana, que tem papel crescente devido às suas características de bioatividade, biodegradabilidade, biocompatibilidade e

atividade antimicrobiana (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016; ZHONG *et al.*, 2021).

Um composto lipofílico com potencial de aplicação em emulsões é o óleo de semente de maracujá. Equivalente a 18-30% do total da semente, apresenta como principais componentes os ácidos linoleico (55-66%), oleico (18-20%) e palmítico (10-14%), fitoesteróis, tocoferóis, compostos fenólicos e carotenoides (PEREIRA *et al.*, 2019; REGIS; RESENDE; ANOTNIASSI, 2015). A aplicação de óleos de sementes de frutas transforma resíduos industriais em fontes alternativas de óleos com propriedades funcionais (antioxidante, antimicrobiana, citotóxica), que contribuem para reduzir o risco de doenças (PEREIRA *et al.*, 2019; PERTUZATTI *et al.*, 2015).

A ampliação da estabilidade de óleos adicionados em sorvetes pode ser alcançada por sua incorporação em emulsões, que também colaboram para uma melhor aparência, liberação e biodisponibilidade dos compostos emulsionados, assim como diversificar o tipo de produto nos quais podem ser aplicados (ÖZOGUL *et al.*, 2022). Dessa forma, esta pesquisa buscou desenvolver e caracterizar sorvetes adicionados de emulsão do óleo de semente de maracujá estabilizada por partículas de quitosana.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SORVETES

2.1.1 Definição e Etapas de Fabricação

Sorvetes fazem parte do grupo de produtos denominados gelados comestíveis, e são definidos como produtos congelados obtidos a partir de emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcares, apresentando densidade mínima de 475 g/L (BRASIL, 2022). A RDC 713/2022, que dispõe sobre gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis, complementa que, apesar de poderem ser adicionados de outros ingredientes, essa complementação não pode descaracterizar a base do produto.

A previsão para 2024 é de que sua produção mundial movimentará US\$ 75 bilhões de dólares (GENOVESE et al., 2022). São produtos de composição variada, sendo formados por uma fase não congelada (soro), cristais de gelo, uma fase lipídica e bolhas de ar (HOMAYOUNI et al., 2018; KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022).

Os principais componentes encontrados nesse produto são lipídios (10-18%) e açúcar (15-18%) (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022). Os sorvetes tradicionais têm como importante componente o leite, matéria prima fonte de proteínas, vitaminas e minerais e com alto valor nutritivo (SOUKOULIS; FISK; BOHN, 2014). Também estão associados à produção de sorvetes, produtos lácteos, água, açúcares, gemas de ovos, frutas, estabilizantes, aromatizantes e emulsificantes (SILVA; SILVA; TOZATO, 2022). Os sorvetes podem ser classificados de acordo com o seu teor de gordura, como observado na Tabela 1.

De acordo com suas etapas de fabricação, a produção de sorvetes se inicia pela elaboração de uma emulsão, também chamada de calda de sorvete, mediante batimento, incorporação de ar e congelamento, até se obter uma massa cremosa. Para a obtenção das três fases existentes nos sorvetes – ar, líquido e sólido – a mistura dos ingredientes empregados é submetida à pasteurização, homogeneização, resfriamento, maturação, aeração, envase e congelamento (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022; SEBRAE, 2017).

Tabela 1 - Classificação dos tipos de sorvete e suas respectivas composições e teores de gordura.

Tipo	Composição	Teor de gordura (%)
Sorbet	Água, polpa ou sucos de frutas.	0
Sherbet	Leite com teor reduzido de gordura e proteínas. A gordura precisa ser de origem láctea.	1-2
Sorvete tradicional	Leite e gordura não láctea.	6-10
Sorvete premium	Leite e outros ingredientes com teor de gordura superior a 10%.	10-16
Sorvete superpremium	Leite ou derivados lácteos e outros ingredientes com teor de gordura superior a 16%.	>16

Fonte: (SEBRAE, 2017).

A pasteurização objetiva conferir segurança microbiológica ao produto, em relação a microrganismos patogênicos e não esporulados (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022). Pode ser realizada de forma lenta, a 69-71°C por 30 minutos, ou rápida, empregando 80°C por 25 segundos. Essa etapa auxilia na solubilização dos ingredientes, culminando em uma calda mais uniforme e de sabor mais acentuado (SEBRAE, 2017).

A homogeneização dos ingredientes é uma etapa que pode ocorrer com aquecimento (40-45°C), a fim de melhorar a ação emulsificante de componentes como as proteínas do leite, como também reduzir e uniformizar das partículas de gordura. Pode ser realizado antes, durante ou após a pasteurização (ALHAJJ et al., 2020; MOSTAFAVI et al., 2017; SEBRAE, 2017).

O processo de maturação consiste no resfriamento da mistura a 5°C para que as proteínas do leite possam ser devidamente hidratadas e ocorra a cristalização dos glóbulos de gordura, por um intervalo de 4-12 horas. Graças a essa etapa, o sorvete adquire textura mais macia e se torna mais encorpado (BORRIN et al., 2017; KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022; SILVA; SILVA; TOZATO, 2022).

O processo de aeração se dá com o resfriamento rápido da mistura até -5°C, sob agitação, o que aumenta a formação das bolhas de ar e reduz o tamanho dos cristais de gelo formados, aumentando a cremosidade do produto. Durante essa etapa podem ser introduzidos sólidos secos, pedaços de frutas e outros componentes para a finalização do sorvete (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022; SILVA; SILVA; TOZATO, 2022). Após essa etapa, o sorvete é embalado e segue para congelamento, a fim de que a massa endureça rapidamente e não sejam

formados cristais de gelo grandes (SILVA; SILVA; TOZATO, 2022). O congelamento atua diretamente na qualidade, rendimento e sabor dos sorvetes produzidos (SEBRAE, 2017).

2.1.2 Parâmetros de qualidade

Parâmetros de avaliação da qualidade do sorvete apontam possíveis inadequações em tipo e proporção dos ingredientes, como também no processo de fabricação. Dentre os aspectos avaliados nesta pesquisa estão pH, acidez, sólidos solúveis totais, % de *overrun*, taxa de derretimento e textura.

Apesar de não haver um padrão legal para os parâmetros de acidez e pH em sorvetes, esses fatores são influenciados pelos componentes adicionados às formulações de sorvete. A concentração de ácidos interfere na qualidade nutricional, sensorial e sanitária de sorvetes. Um teor elevado de sólidos totais afeta o congelamento da mistura e podem ocasionar desestabilização da caseína e aumento da acidez nos produtos (FERREIRA et al., 2020).

O ar presente na estrutura do sorvete fornece uma textura leve e influencia as propriedades físicas, como dureza. A quantidade de ar incorporada é avaliada pelo *overrun*, um dos fatores fundamentais para se obter a textura ideal do produto, podendo fazer até mesmo que o volume de sorvete seja o dobro do volume da calda empregada na produção (SILVA; SILVA; TOZATO, 2022; SOFJAN; HARTEL, 2004).

O *overrun* também é influenciado pela realização adequada da maturação da calda do sorvete (SEBRAE, 2017) e pelo teor de gordura do produto (ATIK et al., 2021). Apesar de não haver limite mínimo para esse parâmetro, é indicado que não se ultrapasse uma taxa de incorporação de ar de 110%, uma vez que ar em excesso pode prejudicar a textura do produto, tornando-o extremamente leve (FERREIRA et al., 2020).

A taxa de derretimento em sorvetes pode ser alterada por diversos fatores, como as interações lipídicas, a cristalização da gordura, o tipo e a concentração dos emulsificantes, e o diâmetro dos glóbulos de gordura, com a formação de uma rede ao redor das bolhas de ar, elevando a resistência do produto ao derretimento (FERREIRA et al., 2020; SANTOS et al., 2021). O próprio *overrun* pode atuar positivamente em relação a esse parâmetro, uma vez que o ar se comporta como

isolante térmico, culminando em menor taxa de transferência de calor e derretimento prolongado (SANTOS et al., 2021).

Dentre os parâmetros de avaliação da textura de sorvetes, pode ser apontada a dureza, podendo ser influenciada pelo volume e tamanho dos cristais de gelo, pelo *overrun*, desestabilização da gordura e características reológicas da calda do sorvete (GHANDEHARI et al., 2020). O teor de gordura e a distribuição desse componente é fundamental para obtenção da dureza, resistência ao derretimento e maciez que se espera nesse tipo de produto (ATIK et al., 2021; BORRIN et al., 2017).

2.1.3 Sorvetes com compostos funcionais

Observa-se um aumento na demanda atual pelo desenvolvimento de produtos mais naturais que agreguem funções biológicas aos alimentos além de seu valor nutricional (GENOVESE et al., 2022; KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022). Os sorvetes enriquecidos correspondem a um nicho de mercado em fortalecimento, com previsão de lucro próximo a \$320 milhões de dólares nos próximos anos (GENOVESE et al., 2022).

A elaboração de sorvetes enriquecidos com compostos fenólicos, óleos vegetais, proteínas, vitaminas, fibras, entre outros componentes representam interesse tanto em nível acadêmico quanto industrial (ARSLANER; SALIK, 2020; MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Esses compostos, uma vez introduzidos no alimento, têm seu consumo elevado, o que pode contribuir para a prevenção e controle de sintomas de doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes, doenças inflamatórias intestinais (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022).

A introdução de emulsões em sorvetes modifica positivamente o perfil lipídico do produto, sem alterar seu sabor (AKBARI; ESKANDARI; DAVOUDI, 2019; KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022). Sua aplicação em sorvetes demanda cuidados no decorrer das etapas de produção para a manutenção da estabilidade do sistema como também de suas propriedades sensoriais e de textura, aspectos fundamentais para aceitação frente ao mercado consumidor (SYED, 2018; GENOVESE et al., 2022).

A pasteurização é uma etapa crítica para emulsões, uma vez que o calor pode comprometer sua estrutura (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022). O rápido

congelamento da mistura e a manutenção do sorvete a temperaturas inferiores a -10°C contribuem para formação de cristais de gelo menores, favorecendo a estabilidade dos sistemas emulsionados (KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022; SILVA; SILVA; TOZATO, 2022).

A introdução de óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados em sorvetes favorece a melhora na composição lipídica desses produtos, assim como pode reduzir o uso de gordura do leite, rica em ácidos graxos saturados, cujo consumo deve ser reduzido, segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2019). Tal recomendação reflete a associação da ingestão de ácidos graxos saturados com aumento dos níveis séricos de colesterol e doenças cardiovasculares; enquanto o consumo de ácidos graxos polinsaturados melhoram a proteção contra essas doenças por incrementar a ação da lipoproteína de alta densidade (HDL) (WANG *et al.*, 2022).

2.2 EMULSÕES

2.2.1 Aspectos gerais de emulsões

As emulsões são sistemas coloidais formados a partir de duas ou mais fases, com pelo menos uma fase aquosa e uma fase oleosa (SHARKAWY; BARREIRO; RODRIGUES, 2020; SUN *et al.*, 2022). Esse tipo de sistema possibilita o uso apenas de ingredientes naturais, tornando-os sistemas adequados para o transporte de fitoquímicos lipofílicos, podendo apresentar alta capacidade de coesão de fase interna. Macroscopicamente, são transparentes ou opacos. Entretanto, são sistemas termodinamicamente instáveis, propensos a fenômenos de agregação e separação de fases (JU *et al.*, 2020; McCLEMENTS, 2020).

As fases presentes nas emulsões podem ser classificadas como fases dispersas (descontínuas ou internas) representadas por gotículas. Por outro lado, o meio no qual as gotas estão dispersas é chamado de fase dispersante (contínua ou externa) (SUN *et al.*, 2022) (Figura 1). Uma emulsão é dita óleo em água quando a fase dispersa consiste em um meio oleoso e a fase dispersante consiste em um meio aquoso (Figura 1a). Para dispersões água-em-óleo (Figura 1b), o meio que forma as fases descontínua e contínua é invertido (SUN *et al.*, 2022).

As emulsões podem ser obtidas por processos de alta e baixa energia. A tecnologia de alta energia requer o uso de agitação mecânica para a formação do sistema. A aplicação conjunta de forças de cisalhamento ajuda a reduzir o tamanho das gotas formadas da microescala para a escala nanométrica. A energia mecânica fornecida ao sistema pode vir de homogeneizadores de alta pressão, microfluidizadores e ultrassom. Já os de baixa energia são baseados na formação espontânea de gotículas de óleo em sistemas óleo-água-surfactante e podem ser obtidos por inversão de fase (por composição ou temperatura) ou por emulsificação espontânea (McCLEMENTS, 2020, 2021).

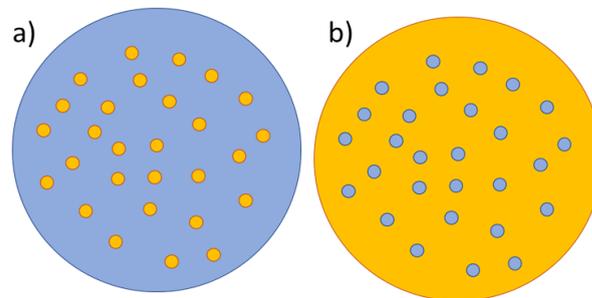


Figura 1 - Fases *aquosa* (azul) e *oleosa* (amarelo) das emulsões do tipo óleo em água (a) e do tipo água em óleo (b).

Fonte: Autoria própria (2022).

A estabilidade e as propriedades dos sistemas formados por esses métodos dependem de fatores como composição da amostra, concentração do surfactante, tensão superficial, viscosidade da fase e aspectos do aparelho empregado (vazão, energia fornecida ao sistema, temperatura) (McCLEMENTS, 2020).

Os surfactantes moleculares desempenham um papel importante na formação de emulsões, por sua estrutura anfifílica, capaz de interagir com as porções hidrofóbicas e hidrofílicas da emulsão, diminuindo a tensão superficial do sistema (SUN *et al.*, 2022). Entretanto, grandes quantidades de óleo podem exigir altas concentrações de surfactantes, alterando as características dos produtos aos quais a emulsão é aplicada, ou mesmo tornando-os impróprios para consumo (MATOS, 2019).

Esses sistemas têm sido extensivamente estudados para a veiculação de compostos lipídicos, onde a fase oleosa atua como um dispersante para fitoquímicos antes da emulsificação, melhorando a dispersão, bioacessibilidade e

biodisponibilidade em água (SUN *et al.*, 2022). Na literatura, é relatada a aplicação de sistemas contendo quercetina (CHEN *et al.*, 2020; DU *et al.*, 2022), betacaroteno (LI *et al.*, 2020), curcumina (MIAO *et al.*, 2021), zeaxantina (LIU *et al.*, 2022), óleo de krill (*Euphausia superba*) (EL-MESSERY *et al.*, 2020), óleo de coco (HONG *et al.*, 2022), óleo de macadâmia (ZHONG *et al.*, 2021), vitamina D (SHAH; XU; MRÁZ, 2021), óleo de painço (ZHAO *et al.*, 2022), óleo de colza (WYNNYCHUK *et al.*, 2021), vitamina E (RIBEIRO *et al.*, 2022), óleo de café (RIBEIRO *et al.*, 2020).

A aplicação de óleos em sorvetes como alternativa de incremento de seu perfil lipídico inicial requer cuidados durante o processamento do sorvete, a fim de não comprometer os sistemas empregados. Também é necessário avaliar o teor de adição das emulsões de forma a manter ou melhorar as características tecnológicas do produto (AKBARI; ESKANDARI; DAVOUDI, 2019; KLOJDOVÁ; STATHOPOULOS, 2022).

Na adição de emulsões em sorvetes deve-se avaliar não só o processo de elaboração, mas também as possíveis alterações sensoriais causadas no produto (OPPERMANN *et al.*, 2016). A estabilidade dos sistemas pode afetar as características sensoriais esperadas para esse tipo de produto. Nesse sentido, a aplicação de emulsões estabilizadas por partículas sólidas pode ser uma alternativa promissora para a incorporação desses sistemas em sorvetes (KUMAR *et al.*, 2021; QI *et al.*, 2021).

2.2.2 Emulsões do tipo *Pickering*

Além dos surfactantes clássicos empregados para estabilizar emulsões, existem os chamados estabilizadores coloidais. São partículas sólidas orgânicas ou inorgânicas capazes de interagir parcialmente com as fases oleosa e aquosa para reduzir a energia interfacial entre elas, em substituição dos emulsificantes convencionais (surfactantes). Tais produtos são classificados como emulsões do tipo *Pickering*. Essas partículas sólidas podem estabilizar o sistema fornecendo uma barreira rígida ao redor da gotícula, com redução de sua mobilidade, aumento do impedimento estérico da interfase (BERTON-CARABIN; SCROËN, 2015; ESPARZA; NGO; BOLUK, 2020; JIANG; SHENG; NGAI, 2020).

Em emulsões convencionais, a estabilização depende de um equilíbrio térmico do surfactante adsorvido na interface óleo-água. No caso das emulsões

Pickering, a energia de dessorção desses surfactantes coloidais é mais alta, promovendo sua adsorção irreversível à interface e, conseqüentemente maior estabilização ao sistema (SUN *et al.*, 2022).

A aplicação desse tipo de emulsão é benéfica na redução do uso de emulsificantes convencionais, compostos de baixo peso molecular incapazes de manter uma estrutura rígida ao redor das gotículas e estabilizá-las em outros processos, como a liofilização (ESPARZA; NGO; BOLUK, 2020). As emulsões do tipo *Pickering* são menos propensas à desestabilização por coalescência e amadurecimento de Ostwald (LV *et al.*, 2020; WANG *et al.* 2020). Dentre as partículas sólidas utilizadas, destacam-se as proteínas e os polissacarídeos, para a aplicação em sistemas voltados para alimentos e fármacos (LV *et al.*, 2020). Neste estudo, o foco de aplicação foi a quitosana.

Esse polímero é um polissacarídeo derivado da desacetilação da quitina, composto encontrado no exoesqueleto de crustáceos e na parede celular de fungos, principalmente zigomicetos (MELO *et al.*, 2018). Quimicamente, é um polissacarídeo policatiônico composto por unidades β -1,4-D-glucosamina ligadas a resíduos de N-acetil-glucosamina. É solúvel em soluções ácidas diluídas, mas não em água e solventes orgânicos. Em meios neutros e básicos, a quitosana possui grupos amina livres. Em pH ácido, esses grupamentos adotam uma conformação protonada, tornando o polímero solúvel em água (HAN *et al.*, 2020; MELO *et al.*, 2018; SHARKAWY BARREIRO; RODRIGUES, 2020).

À medida que o pH aumenta, esses polímeros floculam e ficam disponíveis para uso como estabilizadores em emulsões *Pickering*. Sua capacidade emulsificante é concentração dependente (maior que 0,75%) e decorre de sua heterogeneidade estrutural representando unidades D-glucosamina e grupos N-acetil como porções hidrofílicas e hidrofóbicas, respectivamente (SHARKAWY; BARREIRO; RODRIGUES, 2020). As vantagens de aplicação da quitosana incluem biofuncionalidade (atividade antibacteriana, antitumoral e antioxidante), biocompatibilidade, biodegradabilidade e atoxicidade (ARANAZ *et al.*, 2021; MELO *et al.*, 2020).

Além de suas propriedades biológicas, tem-se como benefícios o emprego de partículas desse polímero a liberação controlada de compostos, proteção contra a degradação e aumento da biodisponibilidade durante a digestão. Além das funções

acima, a aplicação de quitosana em alimentos, como fibra dietética, proporciona benefícios à saúde devido à sua capacidade de se ligar à gordura, contribuindo para o controle da obesidade e reduz o colesterol total e o LDL (HAN et al., 2020; SHARKAWY; BARREIRO; RODRIGUEZ, 2020).

2.3 ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ

O maracujá é uma fruta comum encontrada em regiões temperadas tropicais e temperadas em todo o mundo. A família Passiflora possui mais de 500 espécies, com destaque para o maracujá amarelo ou maracujá azedo, espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (PEREIRA et al., 2019; REIS et al., 2020; SANTOS et al., 2019). Seu cultivo é de grande importância para o Brasil, que produz anualmente de mais de 690.000 toneladas e tem um lucro de cerca de R\$ 1,3 bilhão (IBGE, 2021).

O processamento do maracujá amarelo, como muitas outras fontes vegetais, é muito alto e a quantidade de resíduos gerados é um grande gargalo para a indústria. Esses componentes rejeitados na produção, incluindo cascas, sementes, albedo, aparas e vesículas, possuem composições interessantes para a alimentação humana devido ao seu alto teor de fibras alimentares e compostos bioativos (MALACRIDA; JORGE, 2012; REIS et al., 2020). A utilização desses resíduos na alimentação favorece a fortificação dos alimentos, o aproveitamento integral das frutas, o aumento da agregação de valor das matérias primas e beneficia os produtores (BRANCO, 2017; MALACRIDA; JORGE 2012).

As sementes de maracujá correspondem entre 5-13% da fruta e são fonte de proteínas, fibras, lipídios e compostos bioativos. Além de sua função nutricional, a fração lipídica também concentra compostos fenólicos que atuam em processos bioquímicos e fisiológicos e exercem grande capacidade antioxidante (MALACRIDA; JORGE, 2012; PERTUZATTI et al., 2015; SANTOS et al., 2019).

As sementes do maracujá são utilizadas para a produção de óleo e abastecem as indústrias de cosméticos e alimentos (BARRALES; REZENDE; MARTÍNEZ, 2015; LIMA; XAVIER-JÚNIOR; STAMFORD, 2020). Este óleo é de cor amarelo pálido e tem um sabor agradável e aroma suave. Possui alto teor de betacaroteno (74%) e é considerada uma fonte potencial de provitamina A (REGIS; REENDE; ANOTNIASSI, 2015). Contêm ácidos graxos insaturados, fitoesteróis, carotenoides, tocoferóis, substâncias com papel importante na redução do risco de

doenças crônicas (cardiovasculares, neurológicas, oncológicas) e hipocolesterolemias. (LIMA; XAVIER-JÚNIOR; STAMFORD, 2020; LUCARINI et al., 2019; PEREIRA et al., 2019).

O alto teor de ácidos graxos insaturados no óleo de semente de maracujá é devido ao ácido linoleico (ômega-6; ω -6), ácido oleico (ω -9) e ácido linolênico (ômega-3; ω -3). São considerados essenciais porque desempenham funções fundamentais no corpo humano na manutenção das membranas celulares, desenvolvimento do sistema nervoso e transmissão de impulsos nervosos (VIANA; DANTAS; MENEZES, 2016; ZERAIK et al., 2010). Como esses ácidos graxos não são sintetizados pelo organismo, é imprescindível o consumo de alimentos fonte desses componentes. Tal necessidade aumenta a busca por fontes alternativas de óleos nutritivos e fontes de ácidos graxos cardioprotetores (ROJAS, 2018; SANTOS et al., 2019).

As propriedades físico-químicas desse óleo são semelhantes a outros óleos já incorporados na alimentação humana, como óleo de soja, óleo de milho e óleo de gergelim. Seu coeficiente de digestibilidade (98%) é próximo ao do óleo de caroço de algodão. A alta concentração de ácidos graxos insaturados e o baixo teor de ácidos graxos saturados tornam o óleo de semente de maracujá uma opção de alta qualidade para consumo humano, aumentando sua aplicabilidade na indústria alimentícia (DELFINI, 2016; MALACRIDA; JORGE 2012).

Pereira et al. (2019) analisaram óleo de semente de maracujá e detectaram a presença de ácido linoleico (66-68%), ácido oleico (17-18%), ácido palmítico (10,22-10,49%) e ácido esteárico (2,50-3,00%) e ácido α -linolênico (0,30-0,40%), tocoferóis (298-822 mg/kg), fenólicos totais (1,31 mg EAG/g) e fitoesteróis (209 mg fitoesteróis/100 g de amostra). O óleo inibiu o crescimento de bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*) e Gram-negativas (*Escherichia coli* e *Salmonella sp*). Esses resultados confirmam estudos anteriores (LOPES et al., 2010; MALACRIDA; JORGE, 2012; PERTUZATTI et al., 2015; PIOMBO et al., 2006; REGIS; RESENDE; ANOTNIASSI, 2015). As características reportadas desse óleo o tornam um uma fonte lipídica em potencial para aplicação em emulsões.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL:

Elaborar e caracterizar sorvetes adicionados de emulsão *pickering* à base de óleo de semente de maracujá e partículas de quitosana.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Extrair o óleo de semente de maracujá;
- Elaborar emulsão *pickering* de óleo de semente de maracujá com partículas de quitosana;
- Elaborar formulações de sorvetes adicionados de emulsão *pickering* de óleo de maracujá e quitosana
- Avaliar as características físico-químicas dos sorvetes com emulsão *pickering*

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAIS

As sementes do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) foram obtidas de empresa de polpas de frutas da Região Metropolitana do Recife, no período de abril a junho de 2019. A quitosana de origem fúngica, obtida do micélio do *Aspergillus niger* não geneticamente modificado, foi fornecida pela empresa Kitozyme. Todas as outras substâncias e insumos utilizados foram obtidos através de fontes comerciais e os reagentes aplicados apresentavam grau analítico.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Preparo das sementes e extração do óleo

As sementes foram obtidas congeladas (-18°C) e mantidas nessa condição durante transporte em caixas térmicas até a UFPE, onde foram processadas. Elas foram descongeladas sob refrigeração, lavadas em água corrente por 5 minutos, seguida de higienização com solução de hipoclorito de sódio (2,0% v/v), por 15 minutos, e de uma segunda lavagem com água corrente. As sementes foram secas a 60°C durante 8 horas em estufa de circulação de ar, resfriadas à temperatura ambiente em dessecador e armazenadas em sacos de polietileno a vácuo a -18°C para posterior extração do óleo (REGIS; RESENDE; ANOTNIASSI, 2015). A extração do óleo foi realizada em prensa hidráulica, seguido de centrifugação (30 min a 4000 rpm).

4.2.2 Elaboração da emulsão

A emulsão foi produzida seguindo metodologia de Ribeiro *et al.* (2020), com modificações. Primeiramente, foi elaborada uma solução de quitosana fúngica (QF) (1% m/v) em ácido acético a 1% (v/v), submetida à agitação magnética a 700 rpm por 24 horas. As partículas de QF foram produzidas pelo gotejamento de solução de NaOH a 6M, sob agitação magnética, até que as soluções de polímeros alcançassem pH de 6,7.

A suspensão de partículas de quitosana seguiu para homogeneização em Ultraturrax (T25, IKA, Alemanha) a 12000 rpm e foi adicionada de óleo de semente de maracujá (OSM) durante a agitação, por gotejamento, na proporção de 10%, sendo mantida sob homogeneização por 5 minutos (RIBEIRO *et al.*, 2020).

4.2.3 Desenvolvimento dos sorvetes

Os sorvetes contendo variadas proporções de emulsões (0, 5 e 10%) foram preparados segundo Mohammed, Muhialdin e Meor Hussin (2020), com modificações, e as proporções de seus componentes estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Formulações de sorvetes com EP-OSM.

INGREDIENTE	S1 (0%)	S2 (5%)	S3 (10%)
Leite integral líquido (mL)	100	100	100
Leite desnatado em pó (g)	10	10	10
Creme de leite (35% de gordura) (g)	10	10	10
Açúcar (g)	22	22	22
Emulsificante (g)	0,4	0,4	0,4
Estabilizante (g)	0,8	0,8	0,8
EP-OSM (g)	0	7,15	14,3

EP-OSM: emulsão *pickering* de óleo de semente de maracujá. S1: Formulação com 0% de adição de emulsão (controle). S2: Formulação com 5% de adição de emulsão. S3: Formulação com 10% de adição de emulsão.

As etapas de preparo dos sorvetes podem ser observadas na figura 2. O leite integral foi aquecido até 50°C, seguido da adição dos demais ingredientes, exceto a emulsão. A mistura foi aquecida até 85-90°C e mantida por cinco minutos para realização da pasteurização. Após esta etapa, a mistura foi resfriada rapidamente até 50°C para adição da emulsão e mantida em repouso por 2h a 10°C. Em seguida, a mistura foi adicionada em sorveteira (Ice Creamy Gourmet, Cuisinart) para rápido congelamento a -24°C. As amostras de sorvete foram mantidas em embalagens plásticas individuais de 50 mL e armazenadas sob congelamento (-18°C) por uma semana, até a realização das análises.

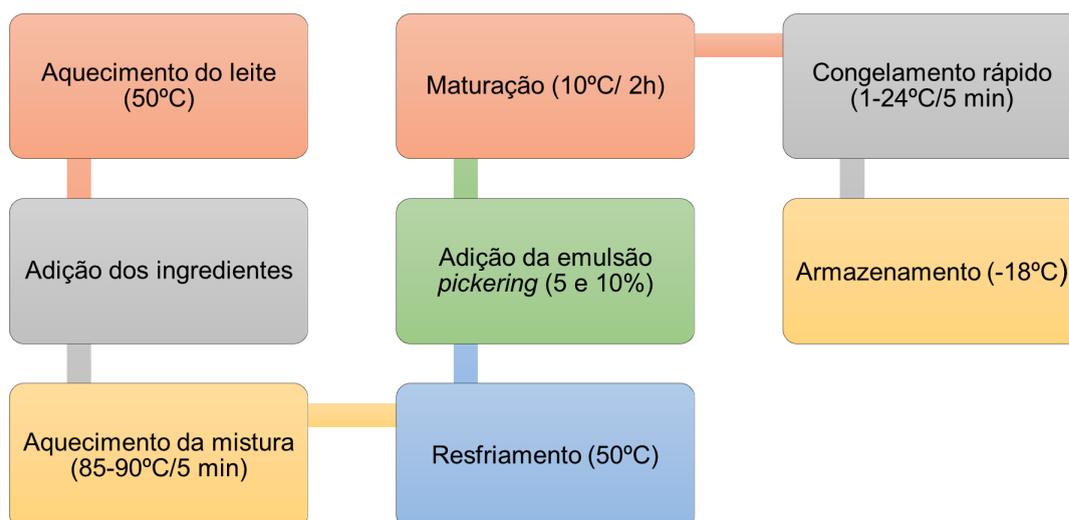


Figura 2 - Fluxograma de produção de sorvetes adicionados de EP-OSM.

Fonte: Autoria própria (2023).

4.2.4 Caracterização dos sorvetes

Os sorvetes foram caracterizados quanto aos aspectos físico-químicos pH e acidez titulável (AOAC, 2002). A primeira análise foi feita diretamente na amostra, enquanto na segunda houve diluição da amostra em água destilada, na proporção 1:10.

O percentual de *overrun* foi obtido a partir da Equação 1, como apresentado em Mohammed, Muhialdin e Meor Hussin (2020).

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{[(\text{massa da mistura}) - (\text{massa do sorvete})] \times 100}{\text{massa do sorvete}}$$

(Eq. 1)

A taxa de derretimento foi medida de acordo com Santos *et al.* (2021). Uma porção de 60g dos sorvetes foi colocada em malha de aço inoxidável, conectada a proveta graduada por um funil. A amostra foi mantida a 25°C e teve o volume derretido durante 60 minutos, com quantificação a cada 10 minutos. Os resultados foram expressos em tempo (min) por volume drenado (%).

O perfil de textura foi obtido em Analisador de Textura CT3 (Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, USA) acoplado a uma sonda cilíndrica com 38,1 mm de diâmetro (SANTOS *et al.*, 2021). As condições da análise da textura foram: profundidade de penetração (10 mm), força (6 g), velocidade da

sonda (2 mm/s). Os parâmetros obtidos foram dureza, referente à força de compressão no primeiro ciclo; elasticidade, que trata da altura recuperada entre o fim da primeira compressão e início da segunda; coesividade, razão entre as forças da segunda compressão e da primeira; e a mastigabilidade, representada pelo produto entre as três variáveis mencionadas. As amostras foram mantidas em -18°C até o momento do teste, realizado em temperatura ambiente.

4.2.5 Análises estatísticas

Os experimentos foram realizados em triplicata, ou mais repetições, e os resultados expressos como a média \pm desvio padrão. As análises para determinação de diferenças estatisticamente significantes entre os tratamentos aplicados foram determinadas por análise de variância (ANOVA *one way*), seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software GraphPad Prims 6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SORVETES

Para um produto ser denominado sorvete de leite, sua composição deve ser entre 70-80% apenas de produtos lácteos, como soro de leite, leite condensado, creme de leite, iogurte (SEBRAE, 2017). Nesse sentido, conforme apresentado na composição das formulações dos sorvetes (Tabela 2), o teor de lácteos representa 76,8%, indicando que os produtos elaborados nessa pesquisa se enquadram nessa classificação.

A composição do sorvete também afeta o equilíbrio das emulsões adicionadas ao produto. As proteínas do leite contribuem positivamente para a estabilidade de emulsões adicionadas nesse tipo de produto, pois restringem a formação dos cristais de gelo (ALHAJJ et al., 2020; MOSTAFAVI et al., 2017; SILVA et al., 2022). Durante o armazenamento até o momento das análises não foram observadas alterações que indicassem a desestabilização da emulsão adicionada aos sorvetes.

Os resultados para a avaliação de pH, acidez titulável e percentual de *overrun* dos sorvetes elaborados com emulsão de óleo de semente de maracujá estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Avaliação físico-química dos sorvetes com emulsão de óleo de semente de maracujá (OSM).

Parâmetros	S1	S2	S3
pH	6,60 ± 0,03 ^b	6,48 ± 0,28 ^c	6,78 ± 0,02 ^a
Acidez titulável (% de ácido láctico)	0,10 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,00 ^a
<i>Overrun</i> (%)	29,45 ± 6,31 ^a	27,17 ± 5,80 ^a	35,28 ± 3,13 ^a

Resultados expressos em média ± desvio padrão. S1: formulação controle. S2: formulação com 5% de emulsão *pickering* de OSM. S3: formulação com 10% de emulsão *pickering* de OSM. Letras sobrescritas diferentes na linha indicam diferença significativa entre as médias ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2023).

A adição da emulsão influenciou significativamente no pH, havendo uma queda desse parâmetro no sorvete com 5% (S2) e uma elevação na formulação com 10% (S3). Variações nesse parâmetro podem ocorrer mediante a composição dos componentes das emulsões. Logo, as oscilações observadas nessa pesquisa

podem ser derivadas da heterogeneidade das amostras. Mohammed, Muhialdin e Meor Hussin (2020) indicam que a presença de compostos fenólicos no óleo empregado pode ser um fator para modificação do pH observado em sorvetes.

O comportamento do pH dos sorvetes com emulsão de OSM foi diferente do observado em sorvetes elaborados com óleo de semente de *Nigella sativa*, planta nativa da Ásia e do Mediterrâneo. Mohammed, Muhialdin e Meor Hussin (2020) reportaram um declínio de 6,94 para 6,53 nas formulações com 0% e 10% das emulsões, respectivamente. Apesar das diferenças, ambos os estudos apresentaram amostras com pH próximo da neutralidade.

Mesmo sendo detectada variação nos valores de pH, a acidez dos produtos se mostrou baixa, sem variação significativa pela introdução da emulsão, sendo próximos à acidez reportada para sorvetes adicionados de óleo de avelã e azeite de oliva (6,61-6,64) (GÜVEN; KALENDER; TAŞPINAR, 2018). Esse parâmetro é um importante indicador sensorial do produto. Amostras com menores valores de acidez podem ser mais bem aceitas pelos consumidores.

A taxa de incorporação de ar (*overrun*) dos sorvetes elaborados não apresentou diferença significativa à medida que se elevou a adição da emulsão preparada. As taxas de *overrun* obtidas foram superiores às amostras de Alfaro e colaboradores (2015) (19-22%), que avaliaram sorvetes com emulsão de óleo de farelo de arroz, e àquelas reportadas para sorvete acrescido de óleo de soja (18,37-29,74%) (WANG et al., 2022). Por outro lado, foram inferiores às de sorvetes com óleo de semente de *Nigella sativa* (66,7-75,4%) (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020), possivelmente devido à diferenças na capacidade emulsificante e estabilizante dos polímeros empregados (caseinato de sódio e maltodextrina) no referido estudo.

Essa característica influencia diretamente no rendimento, na taxa de derretimento e na textura dos produtos e pode ter seus valores alterados pela presença de fibras nas formulações (FERREIRA et al., 2020). Um maior teor de fibra pode elevar o % de *overrun* de sorvetes (ATIK et al., 2021), assim como o aumento do *overrun* eleva a viscosidade dos produtos. Uma vez que as emulsões foram elaboradas em suspensões de quitosana, esse polissacarídeo pode ter contribuído para a oscilação do *overrun* das amostras, ainda que não tenha ocorrido variação

significativa pelo aumento da concentração de emulsão em relação ao sorvete controle.

A taxa de derretimento dos sorvetes elaborados com emulsão *pickering* de óleo de semente de maracujá e quitosana está apresentada na Figura 3. O gráfico mostra que a amostra com 5% de emulsão apresentou melhor resultado quanto ao parâmetro avaliado, por alcançar um tempo maior até seu derretimento total, em relação à sorvete controle e ao adicionado de 10% de emulsão. Apesar da diferença entre o tempo apresentado, não houve diferença significativa entre os tempos médios de derretimento entre as amostras S0 (40 minutos), S1 (50 minutos) e S3 (40 minutos).

A amostra S2 (5% de emulsão) registrou cerca de 25 minutos para que 50% da amostra derretesse, completando seu derretimento com 50 minutos, enquanto as demais amostras finalizaram seu derretimento após 40 minutos de análise. Esses tempos de derretimento foram inferiores ao valor reportado por Wang et al. (2022), cujos sorvete acrescido de óleo de soja apresentaram 50% ou menos de amostra derretida durante o mesmo intervalo avaliado (60 min).

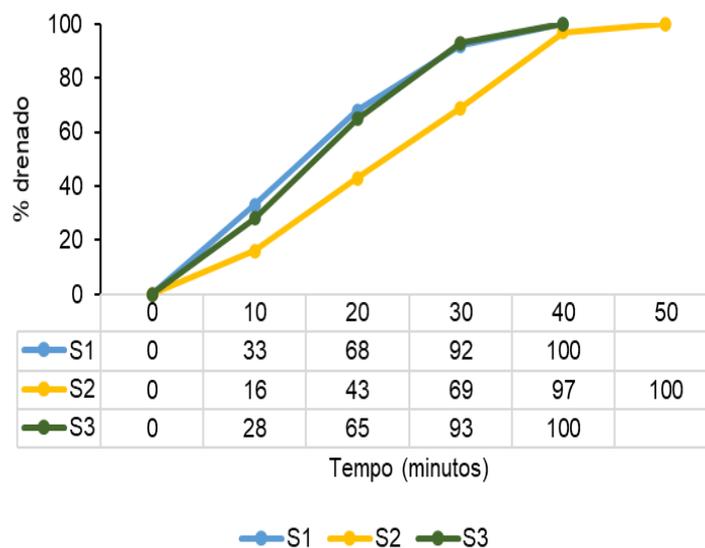


Figura 3 - Taxa de derretimento dos sorvetes com emulsão *pickering* de óleo de semente de maracujá (EP-OSM) e quitosana.

S1: formulação controle. S2: formulação com 5% de emulsão *pickering* de OSM. S3: formulação com 10% de emulsão *pickering* de OSM.

As propriedades dos componentes da emulsão podem contribuir para melhores taxas de derretimento, ou seja, tempos mais longos até o derretimento total dos sorvetes (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Sorvetes com óleo de avelã e azeite de oliva (GÜVEN; KALENDER; TAŞPINAR, 2018) e de *Nigella sativa* completaram o derretimento após mais de 50 minutos (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020).

A presença de ácidos graxos insaturados nas formulações pode contribuir para uma redução da taxa de derretimento, pelo aumento da viscosidade e redução da mobilidade das moléculas de água da amostra (WANG et al., 2022). A taxa de *overrun* também influencia a taxa de derretimento, uma vez que as bolhas de ar atuam como isolantes térmicos, fazendo com que o derretimento do produto seja mais lento (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Entretanto, essas variáveis não ocasionaram mudanças significativas na taxa de derretimento dos sorvetes desta pesquisa.

As características de textura são fundamentais para se alcançar propriedades organolépticas ideais e para a aceitação do produto perante o mercado consumidor (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Os perfis de textura dos sorvetes produzidos com emulsão de óleo de semente de maracujá e do sorvete controle estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Perfil de textura dos sorvetes com emulsão de óleo de semente de maracujá (OSM).

Parâmetros	S1	S2	S3
Dureza (g)	1.017 ± 293,45 ^b	6.253,80 ± 1421,64 ^a	4.020,00 ± 282,84 ^a
Coesividade (mJ)	0,14 ± 0,07 ^b	0,10 ± 0,04 ^b	0,24 ± 0,04 ^a
Elasticidade (cm)	0,86 ± 0,23 ^a	0,98 ± 0,05 ^a	0,97 ± 0,29 ^a
Mastigabilidade	233,68 ± 8,03 ^b	748,47 ± 3,92 ^b	1.226,22 ± 17,39 ^a

Resultados expressos em média ± desvio padrão. S1: formulação controle. S2: formulação com 5% de emulsão *pickering* de OSM. S3: formulação com 10% de emulsão *pickering* de OSM. Letras sobrescritas diferentes na linha indicam diferença significativa entre as médias ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2023).

Foi observada diferença significativa em relação à dureza apenas entre a formulação controle e as amostras com emulsão *pickering*. A presença de emulsificantes contribui modificações na textura dos sorvetes (ATIK et al., 2021). Uma vez que a quitosana atua como um emulsificante na estabilização da emulsão, suas

partículas também podem estar contribuindo para o aumento da firmeza dos produtos. Exceto a formulação S2, os sorvetes apresentaram firmeza inferior àqueles elaborados por Wang et al. (2022) (243,18-263,56 g), embora tenham sido bem mais elevados do que os obtidos em sorvetes com emulsão de óleo de *Nigella sativa* (176,58-251,02 g) (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020).

A coesividade da amostra com 10% de adição de emulsão (S3) apresentou uma redução significativa em comparação às demais formulações, enquanto a emulsão com 10% de óleo de *Nigella sativa* apresentou maior valor em relação às demais formulações ($0.429 \pm 0.09g$) (MOHAMMED; MUHIALDIN; MEOR HUSSIN, 2020). Essa propriedade remete à cremosidade do produto (SEBRAE, 2017). A presença de fibras pode aumentar a coesividade dos sorvetes (FERREIRA et al., 2020). Embora as amostras S2 e S3 apresentassem concentrações crescentes de quitosana, tal fato não foi observado, o que pode ser justificado pela quitosana presente nas formulações de sorvete não estar em sua forma solúvel, não sendo suficiente para modificar essa característica do produto.

Quanto à elasticidade, não houve diferença significativa entre nenhuma das formulações. Espera-se que a elasticidade de sorvetes seja baixa, de forma a não comprometer sua manipulação (SEBRAE, 2017), o que pode ser observado em todas as amostras produzidas. A mastigabilidade apresentou diferença significativa apenas em relação à formulação com 10% de emulsão. De forma semelhante, os sorvetes adicionados de óleo de soja, elaborados por Wang e colaboradores (2022) apresentaram aumento significativo desse parâmetro em relação à amostra controle (243.18 ± 5.15) e a formulação com 10% de óleo (263.56 ± 10.98).

Esses dois parâmetros estão correlacionados com a deformação reversível do sorvete e o tempo mastigação do produto antes de ser deglutido, respectivamente. No caso de sorvetes, um aumento da mastigabilidade prolonga o tempo do produto na boca, favorecendo a percepção oral de seus componentes (WANG et al., 2022).

De modo geral, houve diferenças significativas entre a formulação padrão e as amostras com emulsão. A formulação com 5% de emulsão se destaca por apresentar características físico-químicas semelhantes ao sorvete controle, combinado a uma maior taxa de derretimento. Uma vez que se busca o mínimo de alterações nas propriedades do produto que possam afetar negativamente sua aceitação, a formulação com 5% de emulsão de óleo de semente de maracujá se mostra mais apta do ponto de vista físico-químico e reológico.

6 CONCLUSÃO

A aplicação de partículas de quitosana representou uma tecnologia sustentável para a elaboração de emulsões com óleo de semente de maracujá sem surfactantes. A adição das emulsões influenciou significativamente para redução do pH, aumento da taxa de derretimento, dureza e coesividade dos produtos. Dessa forma, a formulação S2, com 5% de emulsão, mostrou-se mais próxima das características da amostra controle, trazendo o benefício da inclusão do óleo de semente de maracujá e da quitosana, sem comprometer as propriedades do sorvete.

A aplicação de emulsão *pickering* é benéfica para a redução do uso de emulsificantes convencionais e do seu impacto negativo tanto para o meio ambiente como para a saúde dos consumidores.

REFERÊNCIAS

- AKBARI, Mehdi; ESKANDARI, Mohammad Hadi; DAVOUDI, Zahra. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. **Trends in food science & technology**, v. 86, p. 34-40, 2019.
- ALFARO, Luis et al. Physical properties of a frozen yogurt fortified with a nano-emulsion containing purple rice bran oil. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 1184-1191, 2015.
- ALHAJJ, Maria J. et al. Lecithins from vegetable, land, and marine animal sources and their potential applications for cosmetic, food, and pharmaceutical sectors. **Cosmetics**, v. 7, n. 4, p. 87, 2020.
- AOAC. **Association of Official Analytical Chemistry - AOAC**. (2002). Official methods of analysis (17th ed.).
- ATIK, Ilker et al. The effect of cold press chia seed oil by-products on the rheological, microstructural, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream. **Foods**, v. 10, n. 10, p. 2302, 2021.
- AYYILDIZ, Hamide Filiz *et al.* Evaluation of fatty acid composition, tocopherols profile, and oxidative stability of some fully refined edible oils. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 9, p. 2064-2076, 2015.
- BARRALES, Francisco Manuel; REZENDE, Camila Alves; MARTÍNEZ, Julian. Supercritical CO₂ extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, p. 183-192, 2015.
- BERTON-CARABIN, Claire C.; SCHROËN, Karin. Pickering emulsions for food applications: background, trends, and challenges. **Annual review of food science and technology**, v. 6, p. 263-297, 2015.
- BORRIN, Thais R. et al. Technological and sensory evaluation of pineapple ice creams incorporating curcumin-loaded nanoemulsions obtained by the emulsion inversion point method. **International journal of dairy technology**, v. 71, n. 2, p. 491-500, 2018.
- Desenvolvimento de bolo com substituição parcial da farinha de trigo por farinha obtida a partir do subproduto de maracujá**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Mato Grosso.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução – RDC N° 713, de 1° de julho de 2022. **Dispõe sobre os requisitos sanitários dos gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1° de julho de 2022.
- CHEN, Bingcan et al. Design of foods with bioactive lipids for improved health. **Annu. Rev. Food Sci. Technol**, v. 4, n. 1, p. 35-56, 2013.

CHEN, Wenye *et al.* Rice bran protein-based nanoemulsion carrier for improving stability and bioavailability of quercetin. **Food Hydrocolloids**, v. 108, p. 106042, 2020.

COSTA, Ana Letícia Rodrigues; GOMES, Andresa; CUNHA, Rosiane Lopes. One-step ultrasound producing O/W emulsions stabilized by chitosan particles. **Food research international**, v. 107, p. 717-725, 2018.

DANAEI, M. *et al.* Impact of particle size and polydispersity index on the clinical applications of lipidic nanocarrier systems. **Pharmaceutics**, v. 10, n. 2, p. 57, 2018.

DELFINI, Fernando de Toledo. **Microencapsulação de óleo da semente de maracujá através da secagem por atomização**. 2016. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

DU, Xiaoqian *et al.* Development and evaluation of delivery systems for quercetin: A comparative study between coarse emulsion, nano-emulsion, high internal phase emulsion, and emulsion gel. **Journal of Food Engineering**, v. 314, p. 110784, 2022.

DUHAN, Neha; BARAK, Sheweta; MUDGIL, Deepak. Bioactive lipids: Chemistry & health benefits. **Biointerface Res. Appl. Chem**, v. 10, n. 6, p. 6676-6687, 2020.

ELGEGREN, Mariela *et al.* Ultrasound-assisted encapsulation of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo.) oil in alginate-chitosan nanoparticles. **Polymers**, v. 11, n. 8, p. 1245, 2019.

EL-MESSERY, Tamer Mohammed *et al.* The effect of spray-drying and freeze-drying on encapsulation efficiency, in vitro bioaccessibility and oxidative stability of krill oil nanoemulsion system. **Food Hydrocolloids**, v. 106, p. 105890, 2020.

ESPARZA, Yussef; NGO, Tri-Dung; BOLUK, Yaman. Preparation of powdered oil particles by spray drying of cellulose nanocrystals stabilized Pickering hempseed oil emulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 598, p. 124823, 2020.

FERREIRA, Kássia Barros *et al.* Desenvolvimento e Caracterização Físico Química de Sorvete Utilizando Polpa de Croá (Sicana Odorífera). **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos-Volume 3**, v. 3, n. 1, p. 184-199, 2020.

GENOVESE, Alessandro *et al.* Functional ice cream health benefits and sensory implications. **Food Research International**, p. 111858, 2022.

GHANDEHARI YAZDI, Amir Pouya *et al.* Physicochemical properties and organoleptic aspects of ice cream enriched with microencapsulated pistachio peel extract. **International Journal of Dairy Technology**, v. 73, n. 3, p. 570-577, 2020.

GOH, Kelvin KT; YE, Ai-qian; DALE, Nicola. Characterisation of ice cream containing flaxseed oil. **International journal of food science & technology**, v. 41, n. 8, p. 946-953, 2006.

GOWDA, Avinash et al. Process optimization and oxidative stability of omega-3 ice cream fortified with flaxseed oil microcapsules. **Journal of food science and technology**, v. 55, n. 5, p. 1705-1715, 2018.

GÜVEN, Mehmet; KALENDER, Murat; TAŞPINAR, Tansu. Effect of using different kinds and ratios of vegetable oils on ice cream quality characteristics. **Foods**, v. 7, n. 7, p. 104, 2018.

HAMED, Imen; ÖZOGUL, Fatih; REGENSTEIN, Joe M. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 48, p. 40-50, 2016.

HAN, Jing *et al.* Environmental stability and curcumin release properties of Pickering emulsion stabilized by chitosan/gum Arabic nanoparticles. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2020.

HOMAYOUNI, Aziz et al. Advanced methods in ice cream analysis: a review. **Food Analytical Methods**, v. 11, n. 11, p. 3224-3234, 2018.

HONG, Su Jung *et al.* Enhanced bioaccessibility and stability of iron through W/O/W double emulsion-based solid lipid nanoparticles and coating with water-soluble chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 209, p. 895-903, 2022.

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2021

JIANG, Hang; SHENG, Yifeng; NGAI, To. Pickering emulsions: Versatility of colloidal particles and recent applications. **Current opinion in colloid & interface science**, v. 49, p. 1-15, 2020.

JU, Mengnan et al. A novel pickering emulsion produced using soy protein-anthocyanin complex nanoparticles. **Food Hydrocolloids**, v. 99, p. 105329, 2020.

KIEFER, Johannes et al. Identification of passion fruit oil adulteration by chemometric analysis of FTIR spectra. **Molecules**, v. 24, n. 18, p. 3219, 2019.

KLOJDOVÁ, Iveta; STATHOPOULOS, Constantinos. W/o/w multiple emulsions: A novel trend in functional ice cream preparations?. **Food Chemistry: X**, p. 100451, 2022.

KUMAR, Ganesh et al. Stability of nanoparticle stabilized oil-in-water Pickering emulsion under high pressure and high temperature conditions: comparison with surfactant stabilized oil-in-water emulsion. **Journal of Dispersion Science and Technology**, v. 42, n. 8, p. 1204-1217, 2021.

LI, Siqi *et al.* Development of antibacterial nanoemulsions incorporating thyme oil: Layer-by-layer self-assembly of whey protein isolate and chitosan hydrochloride. **Food Chemistry**, v. 339, p. 128016, 2021.

LI, Xiao-Min *et al.* Chitosan hydrochloride/carboxymethyl starch complex nanogels stabilized Pickering emulsions for oral delivery of β -carotene: Protection effect and in vitro digestion study. **Food chemistry**, v. 315, p. 126288, 2020.

LIMA, Gerlane Souza; XAVIER-JÚNIOR, Francisco Humberto; STAMFORD, Thayza Christina Montenegro. Óleo de semente de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*): composição química e funcionalidade em alimentos. *In: Equidade e Sustentabilidade no Campo da Segurança Alimentar Global*. Ed. Atena, Ponta Grossa-PR, p. 388-416, 2020.

LIU, Yang *et al.* Effect of emulsifier composition on oil-in-water nano-emulsions: Fabrication, structural characterization and delivery of zeaxanthin dipalmitate from *Lycium barbarum* L. **LWT**, v. 161, p. 113353, 2022.

LOPES, Renata Miranda *et al.* Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de *Passifloras* nativas do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 498-506, 2010.

LUCARINI, Massimo *et al.* Passion Fruit (*Passiflora* spp.) Seed Oil. *In: Fruit Oils: Chemistry and Functionality*. Springer, Cham, p. 577-603, 2019.

LV, Peifeng *et al.* Pickering emulsion gels stabilized by high hydrostatic pressure-induced whey protein isolate gel particles: Characterization and encapsulation of curcumin. **Food Research International**, v. 132, p. 109032, 2020.

MALACRIDA, Cassia Roberta; JORGE, Neuza. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis f. flavicarpa*): physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 1, p. 127-134, 2012.

MARÍN-SUÁREZ, Marta *et al.* Production and characterization of ice cream with high content in oleic and linoleic fatty acids. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 118, n. 12, p. 1846-1852, 2016.

MATOS, Ricardo. **Nanoemulsificação de óleo de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) pelo método do ponto de inversão da emulsão e encapsulação de vitamina D3**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2019.

MCCLEMENTS, David Julian. Advances in edible nanoemulsions: Digestion, bioavailability, and potential toxicity. **Progress in lipid research**, v. 81, p. 101081, 2021.

MCCLEMENTS, David Julian. Advances in nanoparticle and microparticle delivery systems for increasing the dispersibility, stability, and bioactivity of phytochemicals. **Biotechnology advances**, v. 38, p. 107287, 2020.

MELO, Natália Ferrão Castelo Branco *et al.* Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 56-66, 2018.

MELO, Natália Ferrão Castelo Branco *et al.* Quality of postharvest strawberries: comparative effect of fungal chitosan gel, nanoparticles and gel enriched with edible nanoparticles coatings. **International Journal of Food Studies**, v. 9, n. 2, 2020.

MIAO, Jinyu *et al.* Fabrication of polysaccharide-based high internal phase emulsion gels: Enhancement of curcumin stability and bioaccessibility. **Food Hydrocolloids**, v. 117, p. 106679, 2021.

MOHAMMED, Nameer Khairullah; MUHIALDIN, Belal J.; MEOR HUSSIN, Anis Shobirin. Characterization of nanoemulsion of Nigella sativa oil and its application in ice cream. **Food science & nutrition**, v. 8, n. 6, p. 2608-2618, 2020.

MOSTAFAVI, F. S.; TEHRANI, M. M.; MOHEBBI, Mohebbat. Rheological and sensory properties of fat reduced vanilla ice creams containing milk protein concentrate (MPC). **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, n. 2, p. 567-575, 2017.

MOTA, Nádia SRS *et al.* In vivo antitumor activity of by-products of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Rich in medium and long chain fatty acids evaluated through oxidative stress markers, cell cycle arrest and apoptosis induction. **Food and Chemical Toxicology**, v. 118, p. 557-565, 2018.

NADEEM, Muhammad; SITU, Chen; ABDULLAH, Muhammad. Effect of olein fractions of milk fat on oxidative stability of ice cream. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 4, p. 735-745, 2015.

OLIVEIRA, Jocilane Pereira. *et al.* Preparation and characterization of microparticles loaded with seed oil of Caatinga passion fruit obtained by spray drying. **Biomedical and Biopharmaceutical Research**. V.16, n.1, p.97-104, 2019.

OPPERMANN, A. K. L. *et al.* Descriptive sensory profiling of double emulsions with gelled and non-gelled inner water phase. **Food Research International**, v. 85, p. 215-223, 2016.

OZOGUL, Yesim *et al.* Recent developments in industrial applications of nanoemulsions. **Advances in Colloid and Interface Science**, p. 102685, 2022.

PEREIRA, Marlene G. *et al.* Effect of extraction process on composition, antioxidant and antibacterial activity of oil from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Var. *Flavicarpa*) seeds. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, n. 9, p. 2611-2625, 2019.

PIOMBO, Georges *et al.* Characterization of the seed oils from kiwi (*Actinidia chinensis*), passion fruit (*Passiflora edulis*) and guava (*Psidium guajava*). **Oléagineux, Corps Gras, Lipides**, v. 13, n. 2-3, p. 195-199, 2006.

QI, Jun-ru et al. Citrus fiber for the stabilization of O/W emulsion through combination of Pickering effect and fiber-based network. **Food Chemistry**, v. 343, p. 128523, 2021.

REGIS, Suelen Alvarenga; RESENDE, Eder Dutra de; ANTONIASSI, Rosemar. Oil quality of passion fruit seeds subjected to a pulp-waste purification process. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 977-984, 2015.

REIS, Luzia Caroline Ramos dos *et al.* Characterization of Orange Passion Fruit Peel Flour and Its Use as an Ingredient in Bakery Products. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 18, n. 3, p. 214-230, 2020.

RIBEIRO, Andreia *et al.* In vitro digestion and bioaccessibility studies of vitamin E-loaded nanohydroxyapatite Pickering emulsions and derived fortified foods. **LWT**, v. 154, p. 112706, 2022.

RIBEIRO, Elisa Franco *et al.* Chitosan and crosslinked chitosan nanoparticles: Synthesis, characterization and their role as Pickering emulsifiers. **Carbohydrate polymers**, v. 250, p. 116878, 2020.

ROJAS, Valquiria Maedal. **Encapsulação de óleos de alto valor nutricional para formulação de alimentos**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ROLON, M. Laura et al. Effect of fat content on the physical properties and consumer acceptability of vanilla ice cream. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 7, p. 5217-5227, 2017.

SANTOS, Orquídea Vasconcelos. *et al.* Efeitos do Consumo de Produtos e Subprodutos do Maracujá (*Passiflora edulis*) nas Doenças Crônicas não Degenerativas/Effects of Consumption of Passion (*Passiflora edulis*) Products and By-Products on Non-Degenerative Chronic. **Diseases. Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 6, p. 6226-6244, 2019.

SANTOS, Viviane Michele dos *et al.* Evaluation of physicochemical properties and viability of starter culture of liquid cheese whey-based frozen yogurts supplemented with inulin. **Ciência Rural**, v. 51, 2021.

SEBRAE, Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cartilha de boas práticas de fabricação na indústria de gelados comestíveis**. 2017. 62 p. Disponível em: Acesso em: 06 mar. 2023.

SHAH, Bakht Ramin; XU, Wei; MRÁZ, Jan. Fabrication, stability and rheological properties of zein/chitosan particles stabilized Pickering emulsions with antioxidant activities of the encapsulated vit-D3. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 191, p. 803-810, 2021.

SHARKAWY, Asma; BARREIRO, Maria Filomena; RODRIGUES, Alírio E. Chitosan-based Pickering emulsions and their applications: A review. **Carbohydrate polymers**, v. 250, p. 116885, 2020.

SILVA, Vania Santos; ORLANDELLI, Ravelly Casarotti. Desenvolvimento de Alimentos Funcionais nos Últimos Anos: Uma Revisão. **Revista Uningá**, v. 56, n. 2, p. 182-194, 2019.

SILVA, Maria Silvia Lemos; SILVA, Rafaela Guadalupe G.; TOZATO, Regina Célia. **Dossiê Técnico Produção artesanal e industrial de sorvete**. Órgão emissor: SBRT. Agência USP de Inovação / Disque-Tecnologia. São Paulo, 62 2022.

SILVA, Kariny Pereira et al. Caracterização Físico-Química de Sorvete Produzido no Brasil em Época da Pandemia do Covid-19: um Estudo de Revisão. **Educação e Pesquisa em Química-Volume 2**, v. 2, n. 1, p. 23-33, 2022.

SOFJAN, Rosalina P.; HARTEL, Richard W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International dairy journal**, v. 14, n. 3, p. 255-262, 2004.

SOUKOULIS, Christos; FISK, Ian D.; BOHN, Torsten. Ice cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: Conceptualization and overview of quality and storage stability. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 627-655, 2014.

SUN, Zhu et al. Pickering emulsions stabilized by colloidal surfactants: Role of solid particles. **Particuology**, v. 64, p. 153-163, 2022.

SYED, Qamar Abbas et al. Effects of different ingredients on texture of ice cream. **Journal of Nutritional Health and Food Engineering**, v. 8, n. 6, p. 422-435, 2018.

ULLAH, Rahman; NADEEM, Muhammad; IMRAN, Muhammad. Omega-3 fatty acids and oxidative stability of ice cream supplemented with olein fraction of chia (*Salvia hispanica* L.) oil. **Lipids in health and disease**, v. 16, n. 1, p. 1-8, 2017.

VIANA, Dayse Emanuelle de Lima; DANTAS, Mikaeli Medeiros; MENEZES, Maria Emília da Silva. Ácidos graxos das séries ômega-3 e ômega-6 e sua utilização no tratamento de doenças cardiovasculares: uma revisão. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 5, n. 2, p. 65-83, 2016.

WANG, Xiao-Yan et al. Chitosan-stabilized emulsion gels via pH-induced droplet flocculation. **Food Hydrocolloids**, v. 105, p. 105811, 2020.

WANG, Wan et al. Effects of soybean oil body as a milk fat substitute on ice cream: Physicochemical, sensory and digestive properties. **Foods**, v. 11, n. 10, p. 1504, 2022.

WHO. Healthy diet. **World Health Organization**. Regional Office for the Eastern Mediterranean. 2019

WYNNYCHUK, Carter *et al.* Long-term stable emulsions prepared from lentil protein fibrillar aggregates. **Food Structure**, v. 29, p. 100204, 2021.

XIAO, Jie; LI, Yunqi; HUANG, Qingrong. Recent advances on food-grade particles stabilized Pickering emulsions: Fabrication, characterization and research trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 55, p. 48-60, 2016.

YE, Fan *et al.* Structure and physicochemical properties for modified starch-based nanoparticle from different maize varieties. **Food Hydrocolloids**, v. 67, p. 37-44, 2017.

ZERAIK, Maria Luiza *et al.* Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 459-471, 2010.

ZHAO, Sheliang *et al.* High internal phase emulsions stabilized by native and heat-treated lactoferrin-carboxymethyl chitosan complexes: Comparison of molecular and granular emulsifiers. **Food Chemistry**, v. 370, p. 130507, 2022.

ZHONG, Yejun *et al.* Spray drying and rehydration of macadamia oil-in-water emulsions: Impact of macadamia protein isolate to chitosan hydrochloride ratio. **Food Chemistry**, v. 342, p. 128380, 2021.

ZHOU, Yan *et al.* Preparation and antimicrobial activity of oregano essential oil Pickering emulsion stabilized by cellulose nanocrystals. **International journal of biological macromolecules**, v. 112, p. 7-13, 2018.