



ADRISE APARECIDA RODRIGUES

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO TOTAL E PARCIAL DO
EMULSIFICANTE COMERCIAL POR MUCILAGEM DE
ORA-PRO-NOBIS (*PERÉSKIA ACULEATA* MILLER) NA
RECRISTALIZAÇÃO DE GELO EM SORVETES DE SABOR
CHOCOLATE**

**LAVRAS – MG
2022**

ADRISE APARECIDA RODRIGUES

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO TOTAL E PARCIAL DO
EMULSIFICANTE COMERCIAL POR MUCILAGEM DE
ORA-PRO-NOBIS (*PERESKIA ACULEATA* MILLER) NA
RECRISTALIZAÇÃO DE GELO EM SORVETES DE SABOR
CHOCOLATE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Alimentos da
Universidade Federal de Lavras, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Alimentos.

Prof Dr Jaime Vilela Resende
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

ADRISE APARECIDA RODRIGUES

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO TOTAL E PARCIAL DO
EMULSIFICANTE COMERCIAL POR MUCILAGEM DE
ORA-PRO-NOBIS (*PERESKIA ACULEATA* MILLER) NA
RECRISTALIZAÇÃO DE GELO EM SORVETES DE SABOR
CHOCOLATE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Lavras, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em 25 de abril de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Jaime Vilela Resende (ORIENTADOR)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Fabiano Freire Costa
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Sergio Henrique Silva
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

LAVRAS – MG
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me guiar e conceder forças para chegar a esta etapa.

Aos meus pais, Jairo e Dorinha por todo amor, carinho, atenção, incentivo e por nunca medir esforços para me ajudar.

Ao meu irmão Alex pelo amor, companheirismo e paciência.

Ao professor Dr. Jaime Vilela de Resende pela orientação, confiança e disposição em me auxiliar na execução deste trabalho.

Ao meu grande amigo Giovanni Aleixo, que mesmo longe se fez sempre presente.

A minha amiga Natália Leite, que esteve ao meu lado todos os anos de iniciação científica e principalmente neste trabalho.

A todos do Laboratório de Refrigeração de Alimentos- LARA pelos ensinamentos, companheirismo, amizade e por estarem sempre disponíveis para me ajudar, em especial Ana Cristina, Ana Cláudia, Larissa, Iasmin, Isabelle, Sérgio, Amanda e Camila.

Ao professor Luís Ronaldo e técnica Creusa, por permitir utilizar a planta de laticínios do Laboratório de Leites e pelos conselhos.

Ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro à pesquisa.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos pela ajuda e convivência diária.

Muito obrigada!

RESUMO

O sorvete é um alimento amplamente conhecido e consumido mundialmente, definido como um coloide alimentar complexo, composto de glóbulos de gordura, bolhas de ar, espuma e cristais de gelo dispersos em uma fase contínua de proteínas, sais e açúcares dissolvidos. Um dos ingredientes empregados para sua produção é o mix de emulsificante/estabilizante, que confere textura cremosa, e retarda o aparecimento de cristais de gelo. A busca por novas fontes naturais de ingredientes alimentícios propulsiona a pesquisa neste setor. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adição da mucilagem extraída da folha da *Pereskia aculeata* Miller (MOPN) como agente emulsificante/estabilizante na produção de sorvete, avaliando as características microestruturais e sensoriais do produto em substituição total ou parcial aos emulsificantes-estabilizantes comumente empregados. Os sorvetes foram produzidos em bateladas na planta de laticínios do Laboratório de Leites no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) em diferentes concentrações de MOPN, identificadas por 0%A, 25%B, 50%C, 75%D, e 100%E. A avaliação sensorial ocorreu pelo grupo focal, pelo método *Check-all-that-apply* (CATA), composta por 10 consumidores de sorvete, em duas fases, uma antes do sorvete passar pelo processo de simulação de recristalização e uma após o processo. Também realizou-se as análises de fotomicrografias para determinação do tamanho dos cristais de gelo. Para os provadores, as amostras com maiores concentrações de MOPN – 50%-C, 75%-D e 100%-E possuíram semelhanças na cremosidade do sorvete, bem como apresentaram menores valores para os diâmetros dos cristais de gelo. Além disso, a adição de MOPN reduziu o tamanho dos cristais de gelo após o processo de recristalização. Consequentemente, essas amostras tiveram uma maior aceitação pelos provadores no requisito cremosidade e maior impressão global. Avaliando a percepção dos provadores e análises fotomicrográficas, o sorvete 100%-E de substituição foi o mais indicado.

Palavras-chaves: Análise microestrutural. Sensorial. Recristalização.

ABSTRACT

Ice cream is a food widely known and consumed worldwide, defined as a complex food colloid, composed of fat globules, air bubbles, foam and ice crystals dispersed in a continuous phase of proteins, salts and dissolved sugars. One of the ingredients used for its production is the emulsifier/stabilizer mix, which gives a creamy texture and delays the appearance of ice crystals. The search for natural sources of food ingredients boosts research in this sector. Thus, the aim of the present study was to evaluate the effect of adding mucilage extracted from the leaf of *Pereskia aculeata* Miller (MOPN) as an emulsifying/stabilizing agent in the production of ice cream. evaluating the microstructural and sensory characteristics of the product in total or partial replacement of emulsifiers-stabilizers commonly used. The ice creams were produced in batches at the dairy plant of the Milk Laboratory at the Department of Food Science (DCA) at different concentrations of MOPN, identified by 0%A, 25%B, 50%C, 75%D, and 100%E. Sensory evaluation was carried out by the focus group, using the *Check-all-that-apply* (CATA) method, composed of 10 ice cream consumers, in two phases, one before the ice cream goes through the recrystallization simulation process and one after the process. Photomicrograph analysis was also performed to determine the size of ice crystals. For panelists, samples with higher concentrations of MOPN – 50%-C, 75%-D and 100%-E had similarities in the creaminess of the ice cream, as well as lower values for the diameters of the ice crystals. Besides, the MOPN addition reduced the size of the ice crystals after the recrystallization process. Consequently, these samples had a greater acceptance by the panelists in the creaminess requirement and greater overall impression. Evaluating the perception of the panelists and photomicrographic analyses, the treatment 100%-E, with 100% of replacement of commercial mix for MOPN, was the most indicated.

Keywords: Microstructural analysis. Sensory. Recrystallization.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	9
2.1	Objetivo geral	9
2.2	Objetivos específicos.....	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1	Sorvete	10
3.2	Estabilizante e Emulsificante	12
3.3	Mucilagem de ora-pro-nobis (MOPN)	14
3.4	Cristalização.....	17
3.5	Análise Sensorial.....	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1	Obtenção da mucilagem de ora-pro-nobis	19
4.2	Fabricação do sorvete	20
4.3	Delineamento experimental	21
4.4	Ciclo de temperatura e análise de recristalização	22
4.5	Análise de Microestrutura	23
4.6	Análise Sensorial.....	23
4.7	Análise Estatística.....	25
5	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	25
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O sorvete é um coloide alimentar complexo composto de glóbulos de gordura, bolhas de ar, espuma e cristais de gelo dispersos em uma fase contínua de proteínas, sais e açúcares dissolvidos (AKDENIZ; AKALIN, 2019). A formação do sorvete envolve as etapas de pasteurização, homogeneização, maturação, congelamento e endurecimento (GOFF, 2005). Tanto o processamento quanto a formulação são fatores que modificam a textura e a aceitabilidade do produto, uma vez que influenciam no sabor e no tamanho dos cristais de gelo (JAVIDI; RAZAVI, 2019).

O tamanho dos cristais de gelo nos sorvetes é um importante atributo de qualidade, e estes devem estar entre 10 e 20 μm para dar ao produto textura suave e boa estabilidade de armazenamento. Enquanto, cristais de gelo maiores, entre 40 a 55 μm , se presentes em número suficiente resultam em textura granulada (HAGIWARA; HARTELT, 1995; KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA; ŁABA; JAKUBCZYK, 2022). A formação dos cristais de gelo acontece após o congelamento inicial, acelera nas primeiras horas após a produção e, sob flutuações de temperatura, durante a estocagem, os cristais de gelo crescem devido ao processo de recristalização, que é a fusão de alguns pequenos cristais e o crescimento dos existentes devido à coalescência e/ou migração (KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA et al., 2019; KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA; ŁABA; JAKUBCZYK, 2022).

A maneira mais adequada de evitar a recristalização é a manutenção da temperatura de armazenamento durante toda a vida de prateleira do produto (ideal $< -16\text{ }^{\circ}\text{C}$) (HAGIWARA; HARTELT, 1995), o que muitas vezes não ocorre nos centros de distribuição e transporte (LIKAR; JEVŠNIK, 2004; NDRAHA et al., 2018). Entretanto, a recristalização pode ser reduzida ou evitada com a adição de estabilizantes (BAHRAMPARVAR; GOFF, 2013; BAHRAMPARVAR; TEHRANI, 2011; HAGIWARA; HARTELT, 1995). Os estabilizantes, principalmente polissacarídeos, são usados em alimentos congelados para proteger o produto do desenvolvimento de uma textura grosseira durante as flutuações de temperatura que podem ocorrer durante o armazenamento e distribuição (GOFF, 2005).

Além dos estabilizantes, também são adicionados emulsificantes aos sorvetes. Os emulsificantes aumentam a desestabilização da gordura durante o congelamento, favorecendo a coalescência parcial entre os glóbulos de gordura mais próximos, de modo que as bolhas de ar sejam estabilizadas com uma distribuição homogênea resultando em uma textura suave com fusão lenta (LOFFREDI et al., 2021). Os emulsificantes e estabilizantes mais comuns para produção de sorvetes são os alginatos, carboximetilcelulose, carragena, goma de alfarroba,

goma guar e goma xantana (BAHRAMPARVAR; GOFF, 2013; BAHRAMPARVAR; TEHRANI, 2011). No entanto, pesquisas estão sendo elaboradas buscando fontes naturais de matéria-prima para extração de hidrocolóides que apresentem características semelhantes ou superior as características dos aditivos comerciais para aplicações em sorvetes, e estes devem ser investigados (JAVIDI; RAZAVI, 2019). Como exemplo, tem-se a mucilagem extraída da *Pereskia aculeata* Miller, popularmente conhecida como ora-pro-nobis, que vem sendo estudada por possuir propriedades emulsificante e estabilizante (CONCEIÇÃO et al., 2014; JUNQUEIRA et al., 2018, 2019; LAGO et al., 2019; MARTIN et al., 2017).

A mucilagem de ora-pro-nobis (MOPN) é um hidrocolóide obtido das folhas da *Pereskia aculeata* Miller, planta nativa dos trópicos americanos. (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974; DUARTE; HAYASHI, 2005; LIMA JUNIOR et al., 2013; SIERAKOWSKI, 1982, 1988). Este hidrocolóide é rico em carboidratos e proteínas, sendo composto por 6,08% (b.u.) de umidade, 1,68% (b.s) de lipídeos, 8,89% (b.s) de proteína, 0,49% de fibra bruta, 9,99% (b.s) de cinzas e 78,93% (b.s) de carboidratos (OLIVEIRA et al., 2019). Além disso, a aplicação de blendas de hidrocolóides contendo MOPN em bebidas lácteas fermentadas e em *Petit Suisse* liofilizado mostrou-se viável, uma vez que em ambos o uso da MOPN aumentou o teor proteico e a viscosidade, além de reduzir a sinérese dos produtos (AMARAL et al., 2018; SILVA et al., 2021).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi desenvolver sorvetes de chocolate substituindo total e parcialmente o mix de aditivos comerciais pela mucilagem de ora-pro-nobis, avaliando a prevenção do crescimento de cristais de gelo quando o sorvete é submetido a variações de temperatura ao longo do tempo, bem como identificar e comparar se as alterações na formulação e no ciclo de temperatura são percebidas pelos consumidores.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver sorvete de chocolate substituindo o mix de emulsificante/estabilizante comercial parcialmente/totalmente pela mucilagem de ora-pro-nóbis, e avaliando suas características microestruturais e sensorial dos sorvestes.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a viabilidade da utilização da mucilagem de ora-pro-nóbis em substituição total ou parcial do mix emulsificantes/estabilizantes químico para retardar o desenvolvimento de cristais de gelo no sorvete;
- Avaliar o efeito da adição da mucilagem relacionando as características microestruturais e sensoriais do sorvete após a substituição total ou parcial aos emulsificantes-estabilizantes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

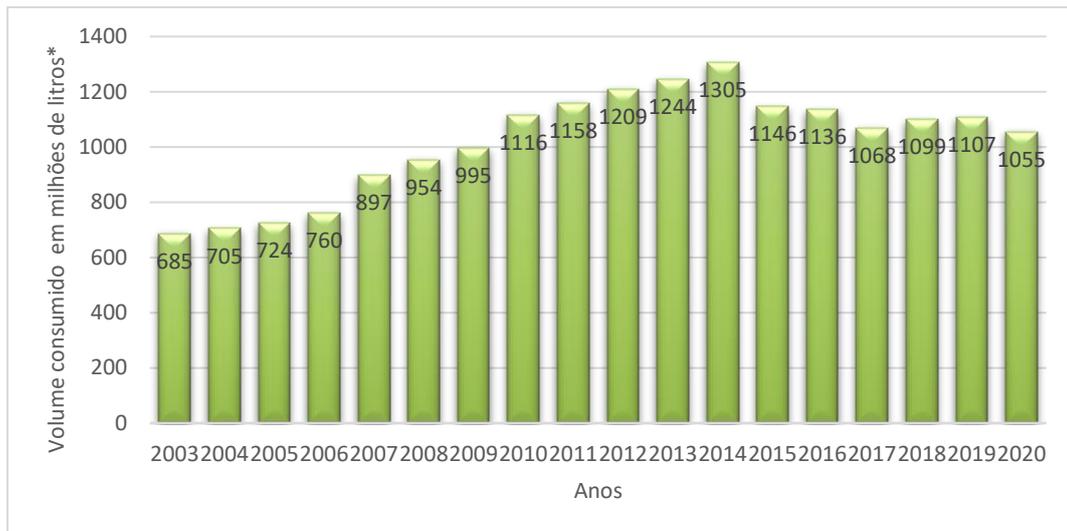
3.1 Sorvete

O sorvete é um alimento conhecido e consumido mundialmente, onde existem inúmeras histórias sobre sua origem, mas a mais aceita na atualidade é que o sorvete surgiu na China há cerca de 4 mil anos, quando o imperador chinês King Tang começou a consumir uma mistura de base de leite e arroz com o gelo. Essa mistura se tornou mundialmente conhecida somente em meados do século XVI, pois foi levada até Paris, ganhando espaço pela Europa e finalmente pelo mundo. Em 1851, em Baltimore nos Estados Unidos, a primeira fábrica de sorvete surgiu, sendo instalada em outras cidades como Washington, Boston e Nova York e se difundindo pelo mundo, a partir daí a receita foi modificada, incrementada e ganhou mais sabores. (BRANDÃO, 2018).

No Brasil, o sorvete chegou somente em 1834 quando comerciantes cariocas compraram uma base de sorvete dos Estados Unidos e começaram a produzir sorvetes de frutas tropicais na cidade do Rio de Janeiro (SOUZA et al., 2010). De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS), atualmente, no país, “o setor de sorvetes e Gelatos é composto por mais de 10.000 empresas, representando um faturamento anual de R\$ 13 bilhões” (ABIS, 2021). Dentre as empresas, cerca de 92% são micro e pequenos empreendimentos. Além disso, o setor gera mais de 300 mil empregos seja de maneira direta e/ou indireta (ABIS, 2021).

O consumo de sorvete no Brasil entre 2003 e 2020 pode ser visto no Gráfico 1.

Gráfico 1 – O consumo de sorvete no Brasil



*Sorvetes com base láctea representam cerca de 20 a 30% do volume. Ou seja, mais de 200 mil toneladas/ano

Fonte: Abis (2020), adaptado pela autora.

A partir do gráfico é possível perceber que o consumo de sorvetes, no Brasil, teve seu ápice no ano de 2014 com cerca de 1.305 milhões de litros consumidos, logo após teve uma queda e no ano de 2020 finalizou com 1.055 milhões de litros ingeridos (ABIS, 2021). Para o ano de 2022 a busca pelo aumento do consumo continua assim como a inovação dos produtos na área.

De acordo com Resolução RDC nº 266 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), sorvete ou gelado comestível são definidos como “produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar(es). Podem ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto” (BRASIL, 2005, anexo). Santos (2009) e Pereira (2014) definiram sorvete de acordo com o ponto de vista físico-químico, sendo ele considerado um alimento estruturalmente espumoso, sendo que as bolhas de ar presentes nele estão cobertas por cristais de gelo, cristais de lactose e glóbulos de gordura individualizados ou parcialmente fundidos. Além destes pode ser composto por ingredientes como emulsificantes e estabilizantes.

A composição do sorvete, quando à base de leite, é basicamente 10 a 16% de gordura láctea; 9 a 12% de sólidos não gordurosos do leite (SNGL); 9 a 12% de sacarose; 4 a 6% de xarope de milho; 0 a 0,5% de mistura estabilizantes/emulsificantes e 55 a 64% de água (GOFF, 1997).

Os emulsificantes, no sorvete, atuam “na formação de estruturas lipídicas apropriadas e para assegurar uma distribuição de ar necessária para garantir uma textura macia ao paladar,

assim como boas características de derretimento” (INSUMOS, 2022). Os estabilizantes proporcionam uma série de benefícios para a produção de sorvete, como o aumento da viscosidade do mix e incorporação de ar e sua distribuição; melhora o corpo, a textura e as propriedades de fusão e derretimento; e aumenta a estabilidade do produto durante o armazenamento (INSUMOS, 2022).

Normalmente utiliza-se uma mistura de emulsificantes e estabilizantes para a produção de sorvetes, denominados blends, e consistem basicamente na mistura de um ou mais emulsificante em um ou mais estabilizante (INSUMOS, 2022).

3.2 Estabilizante e Emulsificante

Por se tratar de um sistema coloidal complexo, o sorvete revela-se como um produto altamente instável ao longo das etapas de processamento e armazenamento, tornando necessário o uso de aditivos que proporcionem a este gelado comestível maior qualidade e vida útil. Neste contexto, os estabilizantes e emulsificantes se destacam por oferecem diversos efeitos tecnológicos benéficos, incluindo a minimização de danos estruturais ao sorvete durante o processo produtivo, a estocagem e o consumo (CLARKE, 2004).

Os estabilizantes, também chamados de espessantes e aglutinantes são compostos macromoleculares que se hidratam intensamente na presença de água, dando origem a soluções coloidais devido a formação de pontes de hidrogênio e de uma rede tridimensional que impede a mobilidade das moléculas de água (HARTEL, RANKIN e BRADLEY JR, 2017; JAVIDI e RAZAVI, 2018). Essa capacidade de retenção da água livre torna os estabilizantes ingredientes indispensáveis para sorvetes, uma vez que diminuem a quantidade de água suscetível à cristalização durante o congelamento, impedindo o crescimento de cristais de gelo e de lactose, bem como a recristalização provocada pelas variações de temperatura durante o período de conservação. Dessa forma, evitam o defeito de arenosidade, proporcionando uma uniformidade e maciez ao corpo do produto (COSTA, RESENDE e ABREU, 2012). Outras características que esses aditivos proporcionam é a melhoria das propriedades de batimento, aumentam a viscosidade da calda, contribuem para o melhoramento da textura do produto final, reduzem a taxa de derretimento, impedem o encolhimento. Além disso, evitam a separação do soro, facilitam a incorporação e a distribuição de ar durante a fabricação do sorvete, e por fim, promovem melhor estabilidade do produto durante o armazenamento (BAHRAMPARVAR e GOFF, 2013; HARTEL, RANKIN e BRADLEY JR, 2017; JAVIDI e RAZAVI, 2018).

Os benefícios gerados pelos estabilizantes em sorvetes sofrem influência direta do tipo e da concentração de aditivo empregado. No geral, gomas ou hidrocolóides como gelatina, carboximetilcelulose, alginato de sódio, goma guar, goma locusta, carragena e goma xantana são os mais comumente utilizados como estabilizantes em sorvetes, visto que são polissacarídeos naturais, solúveis em água e extraídos de vegetais, algas ou microrganismos. Ainda vale ressaltar que, alguns hidrocolóides podem ser submetidos à modificações químicas para alcançar a funcionalidade desejada (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2018). Finalmente, no que tange à concentração, os estabilizantes são utilizados em pequenas quantidades nas misturas de sorvetes. Segundo Souza et al. (2010) o teor varia de 0,1 a 0,5 %, sendo dependente da quantidade de sólidos da mistura, do tipo de equipamento e das propriedades desejadas.

Nas emulsões lácteas, além dos estabilizantes, também devem ser empregados os emulsificantes a fim de atuar na interface gordura/água e promover maior homogeneidade ao produto. Por definição, os emulsificantes são substâncias químicas com uma parte da molécula hidrofóbica e outra hidrofílica, que possibilitam a formação de uma emulsão reduzindo a tensão superficial (GOFF; SPAGNUOLO, 2001; SOUZA et al., 2010).

No sorvete existem dois tipos de emulsão, a emulsão gordura em água e emulsão ar em calda, parcialmente congelada. Dessa forma, os emulsificantes atuam neste tipo de produto promovendo uma uniformidade durante o batimento, reduzindo o tempo de batimento da calda, controlando a aglomeração e o reagrupamento da gordura durante a etapa de congelamento (estabiliza a emulsão de gordura), facilitando a distribuição das bolhas de ar e por fim, produzindo um sorvete com corpo e textura cremosa típica. Os emulsificantes também reduzem os efeitos negativos causados pela flutuação da temperatura e aumentam a resistência ao derretimento como consequência do aumento da rigidez da membrana que rodeia os glóbulos de gordura e da formação de uma rede mais sólida ao redor das bolhas de ar (SOUZA et al., 2010).

Apesar das inúmeras vantagens, o uso excessivo de emulsificante pode resultar em problemas tecnológicos como derretimento muito lento e alterações nas características desejáveis de corpo e textura do sorvete (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003). Sendo assim, a RDC nº 3, de 15 de janeiro de 2007 estabelece que a concentração máxima de emulsificantes permitida em sorvetes varia de 0,05 a 0,5 %, de acordo com o tipo de substância, sendo o monoestearato de sorbitana, os ésteres de mono e diglicerídeos, a lecitina e o polisorbato os emulsificantes mais comumente empregados neste gelado comestível (BRASIL, 2007)

Ainda com relação às substâncias empregadas como emulsificantes e estabilizantes em sorvetes, observa-se na indústria de alimentos a busca por novos hidrocolóides de fontes naturais, de baixo custo, biocompatíveis e que viabilizem a produção de alimentos de qualidade. Neste contexto, inúmeros estudos revelam fontes de emulsificantes/estabilizantes de origem vegetal, como o de Evangelho et al. (2017) que menciona a possível utilização do concentrado proteico do feijão preto tratado com alcalase como agente emulsificante. Porto e Cristianini (2014) verificaram que a goma de cajueiro, um biopolímero isolado do exsudato de cajueiro, contém compostos anfifílicos e conseqüentemente apresenta propriedades emulsionantes satisfatórias. Du et al. (2017) estudaram as características físico-químicas, propriedades funcionais e composição de aminoácidos dos extratos proteicos do feijão Mung para determinar o potencial na indústria alimentícia. E os resultados mostraram que a proteína extraída do feijão possui boa solubilidade, capacidade de retenção de água, capacidade de absorção de óleo, propriedades emulsificantes e espumantes. Por sua vez, Kaushik et al. (2015), observaram que a linhaça possui propriedades emulsificantes preferencialmente em emulsões óleo e água, podendo também ser aplicada como aditivo em alimentos. Por fim, pesquisas científicas com cactáceas, como a ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller), têm demonstrado que as mucilagens extraídas dessas plantas apresentam grandes quantidades de polissacarídeos e proteínas indicando seu potencial como estabilizantes e emulsificantes em produtos alimentícios (LIMA JUNIOR et al., 2013; MARTIN et al., 2017).

3.3 Mucilagem de ora-pro-nobis (MOPN)

A mucilagem de ora-pro-nobis (MOPN) é extraída das folhas da espécie *Pereskia aculeata* Miller, pertencente à família das Cactáceas (TAKEITI et al., 2009). Esta é uma planta nativa brasileira caracterizada pelo fácil cultivo, propagação e resistência à climas secos e, por isso, possui alto potencial de utilização (MARTINEVSKI et al., 2013).

As folhas de ora-pro-nobis, Figura 1, são atóxicas, ricas em conteúdo nutricional, sobressaindo-se quanto ao elevado teor de proteínas (25,0% na matéria seca com 85% de digestibilidade) e elevados teores de aminoácidos essenciais, sendo o triptofano o aminoácido mais abundante, e lisina e metionina como os aminoácidos limitantes (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974; LIMA JUNIOR et al., 2013, MERCÊ et al., 2001, TAKEITI et al., 2009). Ademais, são ricas nos microelementos como manganês (46,4 mg/100 g), zinco (26,71 mg/100 g) e ferro (14,18 mg/100 g), possuindo também elevados teores de cálcio, fósforo, magnésio e

vitaminas, A, C e ácido fólico (TAKEITI et al., 2009). Tal cactácea ainda, evidencia-se por apresentar alto teor do biopolímero arabinogalactana (MARTIN et al., 2017).

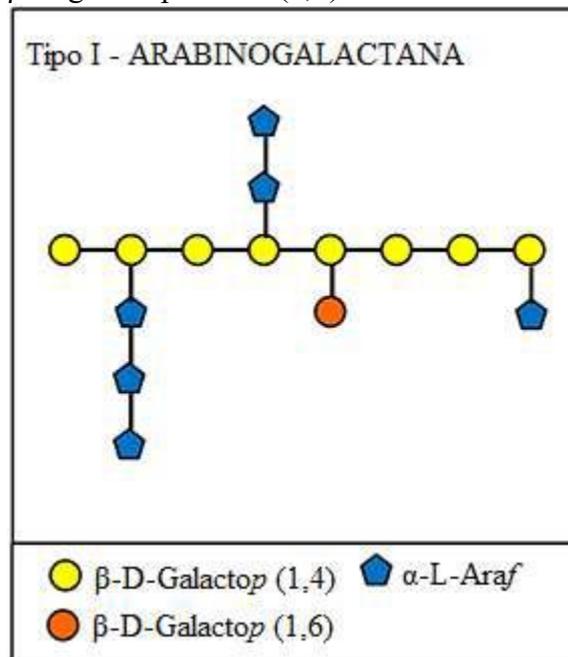
Figura 1 – Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller).



Fonte: Duarte e Hayashi (2005).

Arabinogalactanas são proteoglicanos complexos presentes na parede celular de plantas superiores e são parte do grupo de moléculas chamadas de hidrocoloides ou mucilagens (MERCÊ et al., 2001). Estudos realizados por Martin et al. (2017) e Mercê et al. (2001) caracterizaram a arabinogalactana das folhas de ora-pro-nobis como tipo I, Figura 2, devido à associação covalente dos proteoglicanos com as proteínas (Figura 2). Ainda segundo esses autores, a arabinogalactana é composta por: arabinose : galactose : ramnose : ácido galacturônico na proporção de 5,4 : 8,3 : 1,8 : 1,0, respectivamente; sendo a cadeia principal deste biopolímero composta por β -D-galactopiranosose ligadas (1 \rightarrow 4) e substituídas por unidades de arabinose e galactose (MARTIN et al., 2017). Tal arranjo exerce um papel crucial na determinação das propriedades estabilizantes e emulsificantes de hidrocoloides com alto valor comercial (LEE; MCCLEMENTS, 2010; YADAV et al., 2007).

Figura 2 – Estrutura da arabinogalactana do tipo I. Cadeia principal β -D-galactopiranosose (1,4) e ramificações de β -D-galactopiranosose (1,6) e α -L-arabinofucose



Fonte: Hijazi et al. (2014).

Em estudos recentes, a MOPN é apontada como uma fonte alternativa viável para aplicação em produtos alimentícios. Esta mucilagem apresenta um perfil macromolecular heterogêneo, com comportamento de polieletrólito, e potencial de uso como agente de emulsificação e de estabilização, em consequência das suas propriedades de adsorção interfacial (MARTIN et al., 2017). Ademais, tal hidrocoloide apresenta alta capacidade em formar géis e emulsão, em virtude de um aumento linear da viscosidade do meio em função da concentração da mucilagem e sua alta higroscopicidade, e da estabilidade térmica da emulsão formada em diferentes temperaturas (CONCEIÇÃO et al., 2014; LIMA JUNIOR et al., 2013).

Junqueira et al. (2018) revelaram que emulsões preparadas com maiores concentrações desta mucilagem apresentaram aumento no número e maior uniformidade no tamanho das gotas, além de estrutura morfológica estável. Além disso, estudos realizados por Amaral et al. (2018) mostraram que a combinação de MOPN com goma guar e goma arábica aumentou o pH, o teor de proteína, a viscosidade aparente, a firmeza e a adesividade de bebidas lácteas fermentadas, contribuindo para reduzir a quantidade de gordura adicionada neste alimento. Ainda, Lago et al. (2019) analisaram a capacidade da MOPN em formar nanoemulsões do tipo óleo-em-água por meio da técnica de ultrassom, observando que maiores concentrações de mucilagem (%) com menor quantidade de óleo de soja (%) favoreceram a formação de nanoemulsões. Finalmente, Ferreira (2020) avaliou o efeito da substituição do mix de

estabilizante/emulsificante por MOPN em sorvetes e observou que as formulações com maior teor de MOPN originaram sorvetes mais viscosos, com maior incorporação de ar ou *overrun*, menor grau de recristalização e menor taxa de derretimento.

Diante do exposto, observa-se que as características físico-químicas e à crescente demanda por novas perspectivas de aplicações da mucilagem de ora-pro-nobis viabilizam a exploração de seu potencial em muitos processos industriais, em especial, no desenvolvimento de produtos alimentícios à base de emulsão, como é o caso de sorvetes.

3.4 Cristalização

Um dos aspectos mais importantes que determinam a qualidade dos alimentos congelados, como o sorvete, é o curso de cristalização. A cristalização é o processo de formação de cristais de gelo devido ao ordenamento atômico que ocorre após o congelamento inicial e se acelera nas primeiras horas após a produção do sorvete. O tamanho, a morfologia e a localização dos cristais de gelo determinam a qualidade dos alimentos congelados. Pequenos (entre 10 e 20 μm) e numerosos cristais de gelo conferem aos sorvetes uma textura desejada, enquanto que cristais de gelo maiores que 50 μm podem conferir textura arenosa e desagradável (KAMINSKA-DWORZNICKA et al., 2019; RUSSELL et al., 1999).

Durante a produção, armazenamento e comercialização do sorvete, alterações importantes podem ocorrer em sua estrutura, visto que ele apresenta características físico-químicas que o tornam termodinamicamente instável (LOMOLINO et al., 2020). Quando ocorrem flutuações de temperatura ao longo do armazenamento, a água descongelada se difunde para a superfície dos cristais de gelo já existentes, aumentando o seu tamanho. Este processo é conhecido como recristalização e ocorre principalmente por meio de dois mecanismos, a coalescência e a migração. A coalescência, na cristalização, é o processo em que dois ou mais cristais de gelo adjacentes se unem formando um único cristal de gelo de maior tamanho. A migração, ou também denominada de maturação de Ostwald, consiste em duas etapas, na fusão de cristais menores e no movimento do líquido descongelado para a superfície de cristais com diâmetros maiores, devido às diferenças de pressão que ocorrem nessas superfícies. Comumente, os mecanismos de coalescência e migração ocorrem de forma simultânea (KAMINSKA-DWORZNICKA, LABA e JAKUBCZYK, 2022; KAMINSKA-DWORZNICKA, SKRZYPCZAK e GONDEK, 2016).

O processo de recristalização é indesejável porque afeta diretamente a textura e aparência dos produtos congelados, como o sorvete, devido a mudança na forma, no tamanho e no número

dos cristais de gelo (KIRAN-YILDIRIM et al., 2021). Segundo Lomolino et al. (2020), a ocorrência deste fenômeno depende das condições de armazenamento e da formulação do sorvete. Desta forma, a recristalização pode ser controlada pelo uso de aditivos como hidrocolóides e proteínas anticongelantes. Apesar dos hidrocolóides terem pouco ou nenhum efeito sobre a distribuição e tamanho inicial dos cristais de gelo no sorvete, sua presença influencia a taxa de crescimento dos cristais de gelo durante a recristalização (KIRAN-YILDIRIM et al., 2021) e aumenta a resistência ao choque térmico durante o armazenamento (MILLER-LIVNEY e HARTEL, 1997). A viscosidade da fase descongelada também influencia a taxa de crescimento do cristal. Soluções com viscosidade elevada geralmente tem temperaturas mais baixas, e com isso, energia cinética mais baixa. Isso faz com que a taxa de crescimento de cristais de gelo seja menor (ADAPA et al., 2000). Nesse sentido, o efeito protetor dos hidrocolóides também ocorre devido ao aumento da viscosidade em função da sua capacidade de interagir com a água e de formar gel (GOFF, FERDINANDO e SCHORSCH, 1999).

3.5 Análise Sensorial

Para avaliar a percepção dos consumidores, a análise sensorial, estuda quais sensações e reações um determinado alimento oferece ao ser consumido (NETO et al., 2015). Assim, o conjunto de características relacionados a textura, sabor e estabilidade possibilitam avaliar o comportamento dos consumidores, levando os mesmo a aprovar ou reprovar um produto avaliado (LEMOS, 2015). Desta forma, com a análise sensorial e conseqüentemente a avaliação do comportamento dos consumidores, é possível auxiliar a melhoria de produtos e lançamentos de novos produtos (LEMOS, 2018).

Segundo Dluzniewski, Gonçalves e Copetti (2014), os métodos qualitativos são aplicados em casos que conceituam as amostras quanto as propriedades sensoriais. Uma técnica aplicada aos métodos qualitativos é o grupo de foco, que possibilita a exploração de um tema pouco conhecido através de debates voltados à geração de hipótese (DLUZNIEWSKI;GONÇALVES; COPETTI, 2014), sendo capazes de criar padrões de amostras através de diferentes opiniões (LEMOS, 2018).

Com a intenção de coletar o máximo de informações possíveis, a metodologia Check-All-That-Apply (CATA), tem sido utilizada na avaliação dos consumidores. Isso, porque este método apresenta uma lista de possíveis atributos e possibilita os avaliadores a descrever as diversas sensações sensoriais que as amostras são capazes de oferecer, sem limita-los das

características notadas. Além disso, o método CATA, tem uma boa aplicação a partir da sua eficiência em caracterizar os produtos, de forma eficaz e ágil (ALCANTARA;FREITAS-SÁ, 2018).

O teste de aceitação, também é outro método muito utilizado, onde a percepção da qualidade e aceitação da amostrar pode variar de acordo com as expectativas criadas sobre o produto. Assim, o avaliador irá determinar a sua intenção de compra, através de escalas de aceitação ou não do produto, definidas como escala hedônicas (BRAGA, 2014).

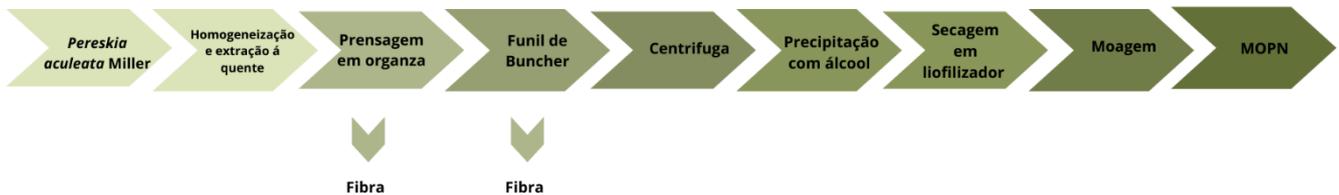
4 MATERIAL E MÉTODOS

As folhas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) foram colhidas na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os sorvetes foram produzidos em bateladas na planta de laticínios do Laboratório de Leites no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) a partir de ingredientes adquiridos no comércio do município de Lavras (MG).

4.1 Obtenção da mucilagem de ora-pro-nobis

Para o processo de extração da MOPN, Figura 3, foi utilizado uma adaptação de Lima Junior et al. (2013). Brevemente, primeiro as folhas de ora-pro-nobis foram homogeneizadas com água a 100 °C e, em seguida trituradas por 10 min em liquidificador industrial (marca: Metvisa, modelo LG10). Após a homogeneização, o material foi transferido para banho termostático (marca: Quimis, modelo q-15-2) à 65 °C onde permaneceu por 6 h. Após o tratamento térmico, foi submetido a primeira filtragem por prensagem manual com organza e a segunda em funil de Büchner acoplado a uma bomba de duplo estágio (marca: Lokring, modelo VP. 340D). Em seguida, o material foi centrifugado a 4680×G. Ao líquido remanescente, adicionou-se etanol na proporção de 3:1 (álcool: solução) e o precipitado foi retirado, congelado, seco em liofilizador (marca Edwards, modelo: L4KR) e moído em moinho de bola (marca: SP Labor, modelo SP-38) para obtenção da mucilagem em pó.

Figura 3 – Fluxograma do processo de extração da MOPN.



Fonte: Lima Júnior et al. (2013).

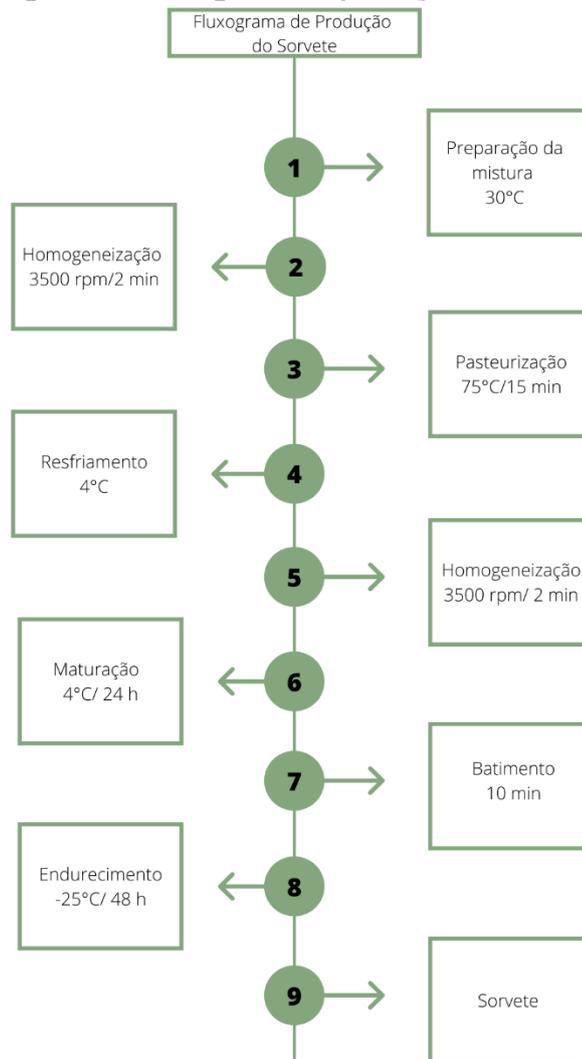
4.2 Fabricação do sorvete

A produção dos sorvetes, Figura 4, ocorreu no Departamento de Ciência dos Alimentos, na planta de laticínios do Laboratório de Leites, por batelada, seguindo todas as normas de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e boas condições de higiene como exigidas pela Resolução-RDC nº 267-03.

Para a elaboração da formulação, seguiu-se como referência a base de um sorvete, constituída de 15% de gordura de origem láctea (creme de leite), 11% de sólidos não gordurosos (leite em pó desnatado), 12% de sacarose, 4% de xarope de milho, 2% de mix estabilizante/emulsificante e 56% de água, Tabela 1 (FERREIRA, 2020).

Seguindo a metodologia de Pereira (2011) e Ferreira (2020) com algumas adaptações, a produção do sorvete se iniciou com a mistura do leite em pó e água previamente aquecida à temperatura de 30 °C, sob agitação (3500 rpm) em liquidificador industrial (Refrigás, Bauru, SP, Brasil), no qual os demais ingredientes foram dispersos sob agitação constante. O mix de emulsificante/estabilizante junto a MOPN, foram misturadas a sacarose, para facilitar a solubilização. A calda foi pasteurizada a 75 °C por 15 min em banho-maria, seguido do resfriamento até atingir a temperatura de 4 °C. Para uma homogeneização efetiva, a mistura foi submetida a agitação por 2 min a 3500 rpm em liquidificador industrial. A temperatura da calda foi ajustada novamente para 4 °C e mantida nessa temperatura por 24 h para cumprir o processo de maturação. Antes de iniciar o processo de batimento do sorvete, a calda foi submetida a agitação por 2 min a 3500 rpm em liquidificador industrial e adicionado o saborizante, de sabor chocolate. Logo todos os tratamentos foram submetidos às mesmas condições de batimento, que ocorreu em uma produtora descontínua horizontal, com tempo de batimento de 10 min. Em seguida, o sorvete foi envasado em embalagens adequadas e armazenados na câmara de congelamento a -25 °C, em que permaneceu nessa temperatura por 48 h para completar a fase de endurecimento (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma de produção do sorvete.



Fonte: Do autor (2022).

4.3 Delineamento experimental

Para estudo do efeito da substituição do mix de emulsificantes/estabilizantes pela MOPN nos sorvetes de chocolate utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos antes do processo de recristalização: 0%-A1, sem substituição (0% MOPN) e com substituição de 25%-B1 (25% MOPN), 50%-C1 (50 %MOPN), 75%-D1 (75 %MOPN) e 100%-E1 (100% MOPN) do mix, (Tabela 1); e após o processo de recristalização: 0%-A2, sem substituição (0% MOPN) e com substituição de 25%-B2 (25% MOPN), 50%-C2 (50 %MOPN), 75%-D2 (75 %MOPN) e 100%-E2 (100% MOPN) do mix.

Tabela 1 – Formulação do sorvete.

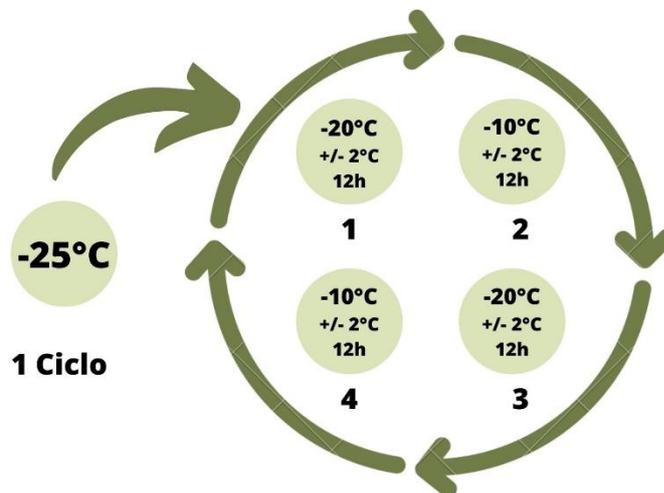
Componentes	Tratamentos				
	A 0%	B 25%	C 50%	D 75%	E 100%
Gordura Láctea	10%	10%	10%	10%	10%
SNGL	11%	11%	11%	11%	11%
Sacarose	10%	10%	10%	10%	10%
Xarope de Milho	4%	4%	4%	4%	4%
Mix Estabilizante/Emulsificante	2%	1,5%	1%	0,5%	0%
MOPN	0%	0,5%	1,0%	1,5%	2%
Água	63%	63%	63%	63%	63%

Legenda: A0% – 2% mix de estabilizante/emulsificante, B 25% – substituição de 0,5% do mix por mucilagem de OPN, C 50% – substituição de 1,0% do mix por mucilagem de OPN, D 75% – substituição de 1,5% do mix por mucilagem de OPN, E 100% substituição total do mix por mucilagem de OPN.

4.4 Ciclo de temperatura e análise de recristalização

Para simular a recristalização, as amostras de sorvete sofreram flutuações de temperatura durante o armazenamento. Para isto, as amostras foram armazenadas por 12 h à -20 °C, seguido por 12 h à -10 °C, novamente à -20 °C por 12h e, por fim 12 h à -10 °C, totalizando um ciclo de 48 h, Figura 5. Esse ciclo foi repetido sete vezes (COSTA et al., 2008; REGAND; GOFF, 2006). Para avaliar o efeito da recristalização nos sorvetes mensurou-se o tamanho dos cristais de gelo e realizou a análise sensorial das amostras antes e após o ciclo de temperatura.

Figura 5 – Processo de visual do ciclo de recristalização.



Fonte: Do autor (2022).

4.5 Análise de Microestrutura

Para iniciar a análise, as amostras foram transferidas 24 h antes para um freezer a -10°C . Analisou-se a microestrutura das amostras de cada tratamento antes e após o processo de recristalização. Para o preparo da amostra, cubos de aproximadamente 3 mm^3 foram espalhados em lâminas para realizar a microscopia. Em seguida, gotas de iso-amil-butanol (previamente resfriado a -10°C) foram usadas para dispersar os cristais de gelo. Após isto, as lâminas foram cobertas com as lamínulas e colocadas sobre um *cold stage*, por onde passa nitrogênio líquido. Para finalizar, as imagens dos cristais de gelos dispersos nas amostras de sorvetes foram obtidas usando uma câmera de vídeo (Cole-Palmer 49901-35, Cole-Palmer, Vernon Hills, USA), acoplada a um microscópio fotônico (Meiji ML 5000, Meiji Techno América, Santa Clara, USA). Para o processamento e análise das imagens foi utilizado o programa ImageJ (National Institutes of Health) (FERREIRA, 2020).

4.6 Análise Sensorial

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Lavras sob registro n° 22558919.2.0000.5148. A avaliação sensorial ocorreu pelo grupo focal composto por 10 consumidores de sorvete, em duas fases, antes e após o processo de recristalização.

O grupo focal foi realizado de forma online devido ao cenário de pandemia do COVID-19 vivenciados no ano de 2020. A pesquisa foi realizada de forma remota, com gravações do grupo de foco, com duração média de 1 h em duas seções, uma antes utilizando o sorvete antes do processo de variação de temperatura e outra após. Utilizou-se a análise de *Check-All-That-Apply* (CATA) e os atributos foram definidos por outro grupo focal através de Brainstorming. Além disto, os provadores caracterizaram quanto a impressão global. O teste de aceitação global foi realizado utilizando a escala hedônica de nove pontos (com variação de 1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente). As amostras com volume médio de 50 mL de sorvetes foram entregues na residência dos participantes, com a codificação de 3 dígitos, um dia anterior as entrevistas e armazenadas nos congeladores de suas respectivas geladeiras. Os resultados foram avaliados utilizando análise de variância (ANOVA) seguindo com o teste de Tukey com o nível de significância de 5%. Com a intenção de avaliar as perceptivas sensoriais dos consumidores, foi aplicado o método CATA, onde, os termos descritivos para aparência,

aroma, sabor e textura foram definidos a partir de um grupo focal. Assim, a ficha aplicada na sensorial seguiu o modelo abaixo, Figura 6.

Figura 6 – Ficha de Avaliação Sensorial.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL				
Nome:		Sexo: () Feminino () Masculino		
Faixa etária () 18 a 25 anos; () 26 a 30 anos; () 31 a 40 anos; () mais que 41 anos				
Frequência de consumo de sorvete: () 1 vez ao mês; () 2 vezes ai mês; () 1 vez por semana; () 2 vezes por semana; () todos os dias.				
Amostra n°:				
Nota Aparência	Nota Aroma	Nota Sabor	Nota Textura	Nota Impressão Global:
() Chocolate ao leite	() Chocolate	() Gelo	() Homogêneo	
() Marrom claro	() Leite	() Leite	() Cristalizado	
() Marrom escuro	() Baunilha	() Chocolate	() Cremoso	
() Esbranquiçado	() Achocolatado	() Achocolatado	() Aguado/Ralo	
() Homogêneo	() Doce/açucarado	() Doce	() Aerado	
() Outro: _____	() Outro: _____	() Creme () Outro: _____	() Outro: _____	
Amostra n°:				
Nota Aparência	Nota Aroma	Nota Sabor	Nota Textura	Nota Impressão Global:
() Chocolate ao leite	() Chocolate	() Gelo	() Homogêneo	
() Marrom claro	() Leite	() Leite	() Cristalizado	
() Marrom escuro	() Baunilha	() Chocolate	() Cremoso	
() Esbranquiçado	() Achocolatado	() Achocolatado	() Aguado/Ralo	
() Homogêneo	() Doce/açucarado	() Doce	() Aerado	
() Outro: _____	() Outro: _____	() Creme () Outro: _____	() Outro: _____	
Amostra n°:				
Nota Aparência	Nota Aroma	Nota Sabor	Nota Textura	Nota Impressão Global:
() Chocolate ao leite	() Chocolate	() Gelo	() Homogêneo	
() Marrom claro	() Leite	() Leite	() Cristalizado	
() Marrom escuro	() Baunilha	() Chocolate	() Cremoso	
() Esbranquiçado	() Achocolatado	() Achocolatado	() Aguado/Ralo	
() Homogêneo	() Doce/açucarado	() Doce	() Aerado	
() Outro: _____	() Outro: _____	() Creme () Outro: _____	() Outro: _____	
Amostra n°:				
Nota Aparência	Nota Aroma	Nota Sabor	Nota Textura	Nota Impressão Global:
() Chocolate ao leite	() Chocolate	() Gelo	() Homogêneo	
() Marrom claro	() Leite	() Leite	() Cristalizado	
() Marrom escuro	() Baunilha	() Chocolate	() Cremoso	
() Esbranquiçado	() Achocolatado	() Achocolatado	() Aguado/Ralo	
() Homogêneo	() Doce/açucarado	() Doce	() Aerado	
() Outro: _____	() Outro: _____	() Creme () Outro: _____	() Outro: _____	
Amostra n°:				
Nota Aparência	Nota Aroma	Nota Sabor	Nota Textura	Nota Impressão Global:
() Chocolate ao leite	() Chocolate	() Gelo	() Homogêneo	
() Marrom claro	() Leite	() Leite	() Cristalizado	
() Marrom escuro	() Baunilha	() Chocolate	() Cremoso	
() Esbranquiçado	() Achocolatado	() Achocolatado	() Aguado/Ralo	
() Homogêneo	() Doce/açucarado	() Doce	() Aerado	
() Outro: _____	() Outro: _____	() Creme () Outro: _____	() Outro: _____	

Fonte: Do autor (2022)

4.7 Análise Estatística

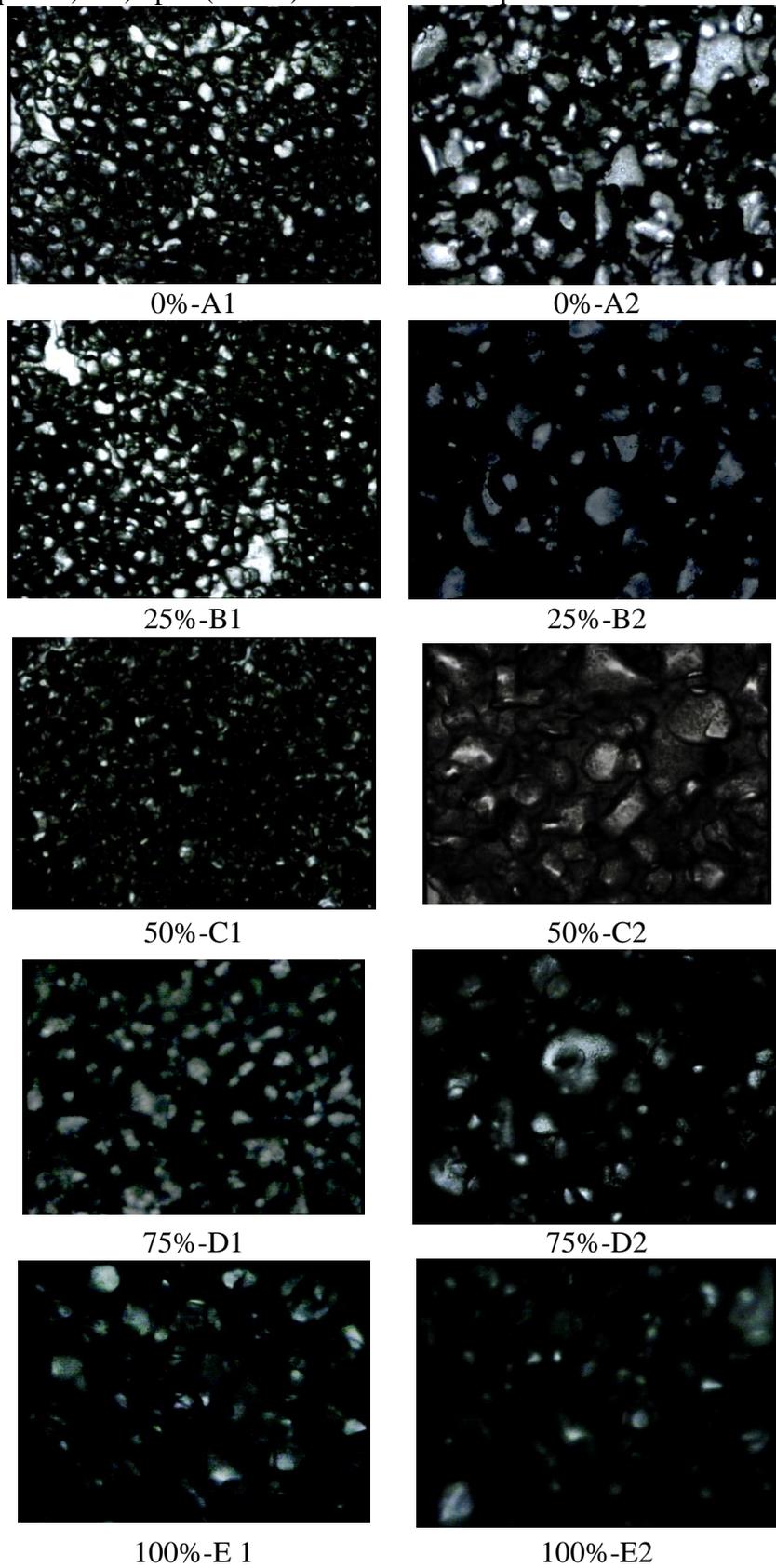
Os resultados das análises sensoriais dos sorvetes elaborados com diferentes concentrações de mucilagem de ora-pro-nóbis foram pré-tratados por meio de centragem na média e em seguida analisados por análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA). O software Chemoface (versão 1.61, Brasil) foi utilizado para realizar estas análises (NUNES et al., 2012). As imagens obtidas pela fotomicrografia dos cristais de gelo foram tratadas usando o software Inkscape (versão 0.92.4, EUA). Os resultados de impressão global e tamanho dos cristais de gelo das amostras de sorvete antes e após os ciclos de recristalização foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguido por teste de média Tukey ($p < 0,05$) com auxílio do software SensoMaker (versão 1.91, Brasil).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Recristalização

A Figura 7 ilustra as imagens de fotomicrografias dos cristais de gelo antes e após o ciclo de variação de temperatura. Após a adição da menor concentração de MOPN, B-25%, é possível observar que os tamanhos dos cristais de gelo reduziram, se diferenciando visualmente da amostra controle, 0%-A1 e 0%-A2. Esse fator também é visto nas demais imagens, apresentando valores decrescentes nas dimensões dos cristais, à medida que a concentração da MOPN aumentou.

Figura 7 – Fotomicrografia dos cristais de gelo dos tratamentos em escala de 5 μm a) 0%-A ; b) 25%-B; c) 50%-C); d) 75%-D e) 100%-E . Os números se referem a 1) antes (esquerda) e 2) após (direita) os ciclos de temperatura.



A redução de tamanho dos cristais de gelo é uma consequência comum entre a utilização de outros aditivos em sorvetes. Costa (2006) avaliou a adição de carragena e citrato em sorvetes e observou que ambos reduziram o tamanho médio dos cristais de gelo ao longo do tempo de estocagem. No estudo de Ferreira (2020), também com o efeito da variação das concentrações da MOPN em sorvetes, os autores mostraram que a utilização da mucilagem trouxe benefícios como a menor taxa de derretimento e maior viscosidade. Desta maneira, a MOPN presente reduziu a taxa de derretimento, evitando o processo de recristalização. Este processo, ocorre pela alta capacidade de retenção de água da MOPN onde é capaz de formar ligações de hidrogênios entre si, favorecendo a diminuição do número de cristais, devido à formação de uma rede tridimensional que reduz o deslocamento da água livre (COSTA, 2006; FENNEMA, 2010).

A Tabela 2 apresenta os valores médios do diâmetro dos cristais de gelos presentes nas amostras de sorvete. Como observado na Figura 7, tem-se uma redução dos tamanhos dos cristais das amostras conforme o teor de MOPN aumenta, variando de 10,39 μm a 6,53 μm . Entretanto, os tratamentos 50%-C1, 75%-D1 e 100%-E1 não obtiveram diferenças estatísticas entre si. Após o ciclo de temperatura, os sorvetes com 25%-A2, 50%-B2 e 75%-D2 não apresentaram diferenças significativas. Além disso, a amostra 75%-D2 não apresentou diferença estatística para a amostra 100%-E2, a qual se diferenciou das demais amostras, afirmando a redução de tamanhos dos cristais.

Tabela 2 – Escore médio para os tamanhos de diâmetro dos cristais de gelo.

Antes do processo de recristalização		Depois do processo de recristalização	
Tratamento	Diâmetro (μm)	Tratamento	Diâmetro (μm)
0% -A1	10,39 \pm 0,38 ^a	0% -A2	27,20 \pm 0,10 ^a
25%-B1	8,01 \pm 0,05 ^b	25%-B2	6,48 \pm 0,31 ^b
50%-C1	6,97 \pm 0,08 ^c	50%-C2	6,36 \pm 0,05 ^b
75%-D1	6,60 \pm 0,11 ^c	75%-D2	6,16 \pm 0,08 ^{bc}
100%-E1	6,53 \pm 0,04 ^c	100%-E2	5,73 \pm 0,23 ^c

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A utilização da MOPN influenciou não só o retardo da cristalização do sorvete, como também a redução do diâmetro deles. Para o tratamento sem a adição de MOPN, 0%-A1 e 0%-A2, quando comparado com as demais amostras apresentou diâmetros maiores de 10,39 μm e

27,20 μm , respectivamente. Entretanto, cristais de gelo com tamanho médio entre 10 μm e 20 μm não apresentam influências negativas na textura (KAMINSKA-DWORZNICKA et al., 2019; RUSSELL et al., 1999).

As amostras de controle 0%-A1 e 0%-A2, apresentaram um bom parâmetro quanto ao tamanho dos cristais e enquadrando nas referências científicas, com médias de 10 μm . Com isso, ao comparar os resultados das amostras de 25%-B1, 25%-B2, 50%-C1, 50%-C2, 75%-D1, 75%-D2, 100%-E1 e 100%-E2 foi possível observar uma redução dos tamanhos dos cristais ainda mais baixo que a amostra controle e a referência.

5.2 Análise Sensorial

O principal intuito da análise sensorial foi avaliar se a adição da MOPN iria influenciar e atender as expectativas dos provadores, gerando resultados satisfatórios. A Tabela 3 mostra as somatórias das vezes em que os provadores marcaram uma determinada característica da lista de cada atributo sensorial avaliado nos sorvetes com diferentes concentrações de MOPN e submetidos à variação de temperatura.

Para aparência, a cor escura destacou-se nas amostras 100%-E1 e 100%-E2 devido à maior concentração de MOPN, que é um pó com pigmentação marrom, o que proporcionou uma cor mais escura ao sorvete sendo perceptível sensorialmente. Já as amostras com menor teor de MOPN, MOPN 0%-A2 e 25%-B1, apresentaram maior somatória para o atributo para marrom claro. Além disso, a amostra 0%-A2, tratamento após o ciclo de temperatura, mostrou-se com característica esbranquiçada aos provadores. Para o aroma, os maiores escores foram para aroma de achocolatado com as amostras 75%-D1, 50%-C1, 0%- A1, 0%-A2 E 50%-C2. Assim como as amostras 75%-D1 e 50%-C1 apresentaram característica de sabor achocolatado, sendo justificável pela adição do saborizante de chocolate que também remete essa característica de achocolatado ao sorvete. Já os parâmetros de textura, tem-se as maiores notas de cremosidade para a amostra de 100%-E1 e 100%-E2, além das mesmas não receberem nenhuma ou mínima nota para a característica cristalizado.

Tabela 3 – Somatória dos escores dos atributos sensoriais de sorvete elaborados com diferentes concentrações de mucilagem de ora-pro-nóbis (MOPN), no teste CATA.

Tratamentos	Atributos sensoriais																				
	Aparência					Aroma					Sabor					Textura					
	Ap- CL	Ap- MC	Ap- ME	Ap- Es	Ap- Ho	Ar- Cho	Ar- L	Ar- B	Ar- Acho	Ar- D	S-G	S- L	S- Cho	S- Acho	S- D	S- Cr	T- Ho	T- Cr	T- Cre	T- Ag	T- Aer
0 % - A1	1	5	4	4	3	7	1	0	5	3	4	2	6	4	2	1	4	4	1	4	5
25 % - B1	5	8	0	3	1	4	5	2	6	3	3	5	3	6	7	1	7	1	4	2	3
50 % - C1	4	4	3	2	3	1	3	4	7	3	4	5	1	7	4	1	8	1	2	7	3
75 % - D1	5	3	5	2	2	1	7	1	9	3	3	4	3	7	6	0	9	0	6	2	5
100 % - E1	3	1	9	0	5	6	3	0	6	4	1	6	6	5	6	4	9	1	10	0	0
0 % - A2	1	8	0	8	1	0	3	4	9	1	7	3	2	6	5	1	2	5	0	6	1
25 % - B2	4	5	1	4	3	2	1	4	5	2	2	5	2	5	6	2	7	2	2	4	1
50 % - C2	4	6	1	3	4	1	3	1	9	5	5	5	3	6	4	0	5	3	1	6	1
75 % - D2	4	4	2	2	3	2	1	1	7	3	1	5	4	5	8	1	9	2	4	1	0
100 % - E2	1	0	10	0	4	6	4	1	4	2	0	3	8	2	5	3	10	0	9	0	3

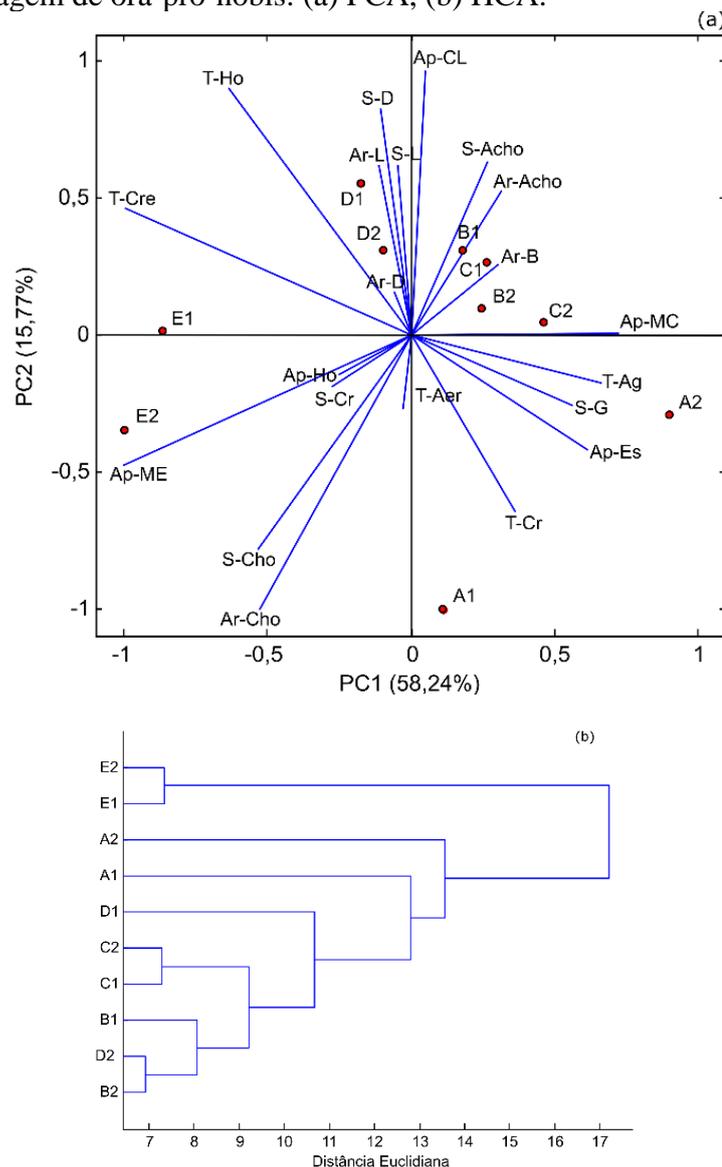
*Termos para aparência: chocolate ao leite (AP-CL); marrom claro (AP-MC); marrom escuro (AP-ME); esbranquiçado (AP-Es); homogêneo (AP-Ho); *Termos para aroma: chocolate (Ar-Cho); leite (Ar-L); baunilha (Ar-B); achocolatado (Ar-Acho); doce (Ar-D);

*Termos para sabor: gelo (S-G); leite (S-L); chocolate (S-Cho); achocolatado (S-Acho); doce (S-D); creme (S-Cr);

*Termos para textura: homogêneo (T-Ho); cristalizado (T-Cr); cremoso (T-Cre); aguado (T-Ag); aerado (T-Aer);

A Figura 8a mostra o gráfico de análise de componentes principais, onde verificou-se que as duas primeiras componentes principais (PC1 e PC2) explicam 74,01% da variância dos dados, sendo que a PC1, de acordo com a matriz *loading* apresentada na Tabela 4, foi positivamente correlacionada com os atributos de aparência, aroma, sabor e textura, antes e ao final do ciclo de variação de temperatura.

Figura 8 – Perspectivas descritiva de análise sensorial de sorvetes com diferentes concentrações de mucilagem de ora-pro-nóbis: (a) PCA, (b) HCA.



*Termos para aparência: chocolate ao leite (AP-CL); marrom claro (AP-MC); marrom escuro (AP-ME); esbranquiçado (AP-Es); homogêneo (AP-Ho);

*Termos para aroma: chocolate (Ar-Cho); leite (Ar-L); baunilha (Ar-B); achocolate (Ar-Acho); doce (Ar-D);

*Termos para sabor: gelo (S-G); leite (S-L); chocolate (S-Cho); achocolatado (S-Acho); doce (S-D); creme (S-Cr);

*Termos para textura: homogêneo (T-Ho); cristalizado (T-Cr); cremoso (T-Cre); aguado (T-Ag); aerado (T-Aer);

Observou-se pela análise de PCA e a análise complementar de HCA, que as amostras 25%-B2 e 75%-D2 não apresentaram diferenças para aparência nos atributos: aparência chocolate ao leite (25%-B2:4 e 75%-D2:4) e homogêneo (25%-B2:3 e 75%-D2:3); para aroma: chocolate (25%-B2:2 e 75%-D2:2) e leite (25%-B2:1 e 75%-D2:1); para sabor: leite (25%-B2:5 e 75%-D2:4) e achocolatado (25%-B2:5 e 75%-D2:5). Isto se justifica pela formulação utilizada, pois todos os tratamentos tiveram o mesmo processo de produção variando apenas as concentrações de aditivos. Além disso, para o atributo de textura, o critério para cristalizado (25%-B2:2 e 75%-D2:2) apresentou valores iguais, de acordo com os provadores, mesmo não estando próximas as suas concentrações de MOPN. Um fator que se deve levar em conta é a análise sensorial realizada por seres humanos, para Braga (2014) as variações de respostas podem ser influenciadas, por exemplo, pelas diferentes experiência e expectativas do provador.

Quando se relaciona as informações da análise sensorial com a análise de tamanho dos cristais de gelo, pode-se concluir que os provadores foram criteriosos e assertivos na avaliação para o atributo textura para o critério cristalizado. Pois, a nota para estas amostras foi igual (25%-B2:2 e 75%-D2:2). Além disso, na análise estatística dos tamanhos de cristais de gelo, os tratamentos 25%-B2 e 75%-D2 não apresentam diferenças significativas como mostrado na Tabela 2, com valores de 6,48 μm e 6,16 μm respectivamente.

Pela análise de HCA, Figura 8b, percebe-se que o tratamento 25%-B1 se agrupa aos tratamentos 75%-D2 e 25%-B2. Isto se justifica pelas semelhanças ao tratamento 25%-B2 e 25%B1, pois se tratam da mesma formulação diferenciando apenas pelo processo de recristalização, como pode ser visto na Figura 1a as amostras estão próximas. Ainda pela análise de HCA, Figura 8b, os tratamentos 50%-C1 e 50%-C2 se agruparam, se diferenciam apenas pelo ciclo de variação de temperatura, os provadores avaliaram com notas próximas para alguns parâmetros. Relacionando as análises de HCA e PCA, foi observado que os parâmetros que se assemelham para aparência de chocolate claro (50%-C1:4 e 50%-C2:4) e esbranquiçado (50%-C1:2 e 50%-C2:3); aroma de leite (50%-C1:3 e 50%-C2:3) e achocolatado (50%-C1:7 e 50%-C2:9); sabor gelo (50%-C1:4 e 50%-C2:5), leite (50%-C1:5 e 50%-C2:5), achocolatado (50%-C1:7 e 50%-C2:6) e doce (50%-C1:4 e 50%-C2:4); e textura aguado (50%-C1:7 e 50%-C2:6). Assim sendo, os provadores caracterizaram os sorvetes de forma negativas, o que afetou na nota de impressão global do produto apresentado na Tabela 5, indicando que os consumidores não tiveram as expectativas atingidas, com notas de 6,4 μm para o tratamento 50%-C1 e 6,5 μm para 50%-C2.

Tabela 4 –Análise de componente principal e *loading* das duas primeiras componentes.

Fator <i>loading</i>		Componentes principais	
		1	2
Aparência	Chocolate ao Leite	0,050	0,963
	Marrom Claro	0,727	0,008
	Marrom Escuro	-1,000	-0,477
	Esbranquiçado	0,615	-0,422
	Homogêneo	-0,249	-0,144
Aroma	Chocolate	-0,525	-1,000
	Leite	-0,110	0,619
	Baunilha	0,302	0,259
	Achocolato	0,315	0,525
	Doce/Açucarado	-0,058	0,157
Sabor	Gelo	0,564	-0,255
	Leite	-0,047	0,623
	Chocolate	-0,532	-0,786
	Achocolato	0,270	0,631
	Doce	-0,106	0,825
	Creme	-0,273	-0,191
Textura	Homogêneo	-0,634	0,901
	Cristalizado	0,363	-0,646
	Cremoso	-0,993	0,466
	Aguado/Ralo	0,664	-0,177
	Aerado	-0,026	-0,269

Em seguida, a interação de 75%-D1 agrupou-se aos demais tratamentos devido às semelhanças com a amostra 75%-D2. Pela análise de PCA, Figura 7a, é possível observar a proximidade das amostras 75% D, principalmente para o atributo de textura, com semelhanças na homogeneidade (75%-D1: 9 e 75%-D2:9) e cremosidade (75%-D1:6 e 75% D2:4) do sorvete. Quando relacionado as análises sensoriais e tamanho dos cristais de gelo para o critério de cremosidade, mostrou-se que a adição de MOPN na concentração de 75% (75%-D1 e 75% D2) foi favorável e perceptível pelos provadores.

Pela análise de PCA, Figura 8a, observou-se que o tratamento controle (0%-A1 e 0%-A2) foi o mais afetado pelo processo de variação de temperatura uma vez estas amostras se distanciaram dos demais tratamentos, Figura 8a. Esse fator pode ser explicado pelos grandes tamanhos de cristais de gelo, 10,39 e 27,20 μm respectivamente, o que também resultou em valores negativos para os aspectos cristalizados (0%-A1:4 e 0%-A2:5) e aguado (0%-A1:4 e 0%-A2:6). Gerando menores valores para a impressão global dos tratamentos sendo 6,20 para 0%-A1 e 4,20 para 0%-A2. Já as amostras de sorvete com 100% de substituição (100%-E1 e 100%-E2) apresentaram maiores valores na somatória dos escores para impressão global (7,20 e 8,20, respectivamente) e maiores somatória para textura cremosa (10 e 9, respectivamente), confirmando que a adição da MOPN implicou diretamente no controle da recristalização do produto ao longo do tempo, melhorando a textura e suavidade do sorvete (FERREIRA,2020).

Avaliando os dados da impressão global antes de passar pelo processo de simulação de recristalização, Tabela 5, observa-se que as amostras com adição da mucilagem 25%-B1, 50%-C1 e 75%-D1 tiveram uma melhor aceitação com as médias de $7,20 \pm 0,79$, $6,40 \pm 1,50$ e $7,20 \pm 0,92$, respectivamente, quando comparada com a amostra 0%-A1 ($6,20 \pm 1,62$), entretanto não apresentam diferença estatística.

Tabela 5 – Escore médio para impressão global.

Tratamentos	Impressão global
0 % - A1	$6,20 \pm 1,62^b$
25 % - B1	$7,20 \pm 0,79^{ab}$
50 % - C1	$6,40 \pm 1,50^{ab}$
75 % - D1	$7,20 \pm 0,92^{ab}$
100 % - E1	$7,20 \pm 1,32^{ab}$
0 % - A2	$4,20 \pm 1,75^c$
25 % - B2	$6,20 \pm 1,75^b$
50 % - C2	$6,50 \pm 0,97^{ab}$
75 % - D2	$6,90 \pm 1,10^{ab}$
100 % - E2	$8,20 \pm 0,42^a$

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Após a simulação de recristalização do sorvete, pode-se observar na Tabela 5 que houve diferença estatística entre as diferentes concentrações, sendo que a amostra com maior aceitação foi a de substituição total do emulsificante comercial pela MOPN, 100%-E2, com a média de $8,20 \pm 0,42$. Os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística com a amostra

controle (0% -A2). Essa relação acontece pela propriedade oferecida do aditivo ao sorvete, pois, a adição de MOPN influencia no aumento da viscosidade e uma forte estrutura de gel que reduzem a mobilidade da água (FERREIRA, 2020).

6 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que a MOPN foi capaz tanto de reduzir o tamanho dos cristais de gelo durante a produção de sorvetes, como de evitar o processo de recristalização quando submetido a variações de temperatura com o tempo de armazenamento. Este resultado impactou na análise sensorial, em que as amostras com maior teor de MOPN apresentaram maior aceitação pelos provadores no requisito cremosidade e maior impressão global. Por fim, concluiu-se que a substituição de 100% do aditivo comercial pela mucilagem de ora-pro-nobis foi a amostra com menor diâmetro de cristais de gelo e a preferida entre os provadores.

REFERÊNCIAS

- ADAPA, S.; SCHMIDT, K. A.; JEON, I. J.; HERALD, T. J. *et al.* Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: A review. **Food Reviews International**, v. 16, n. 3, p. 259-271, 2000.
- AKDENIZ, V.; AKALIN, A. S. **New approach for yoghurt and ice cream production: High-intensity ultrasound**. 2019.
- ALCANTARA, Marcela de; FREITAS-SÁ, Daniela De Grandi Castro. **Rapid and versatile sensory descriptive methods – an updating of sensory science**. Brazilian Journal of Food technology, Campinas, v. 21, p. 1-12, 31 dez. 2018.
- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do “Ora-pro-nobis” *Pereskia aculeata* Mill. **Revista Ceres**, v. 21, p. 105–111, 1974.
- AMARAL, T. N. *et al.* Blends of *Pereskia aculeata* Miller mucilage, guar gum, and gum Arabic added to fermented milk beverages. **Food Hydrocolloids**, v. 79, p. 331–342, 2018.
- BAHRAMPARVAR, M.; GOFF, H. D. Basil seed gum as a novel stabilizer for structure formation and reduction of ice recrystallization in ice cream. **Dairy Science and Technology**, v. 93, n. 3, p. 273–285, maio 2013.
- BAHRAMPARVAR, M.; TEHRANI, M. M. **Application and functions of stabilizers in ice cream** **Food Reviews International**, out. 2011.
- BRAGA, Adriano Cesar Calandrini. **Néctares De Frutas Exóticas: Estudos Com Consumidores**. 2014. Tese (Pós-Graduação) - Universidade Federal de Viçosa, [S. l.], 2014.

BRANDÃO, Virgínia. História do Sorvete. In: História do Sorvete, 2018. Disponível em: <https://guiagphr.com.br/noticias/historia-do-sorvete/>. Acesso em: 1 maio 2022.

BRASIL. Resolução RDC n.º 3, de 15 de janeiro de 2007. Regulamento técnico sobre Atribuição de Aditivos e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 3: Gelados Comestíveis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 jan. 2007. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/res0003_15_01_2007.html> Acesso em: 10 abr. 2022.

BRASIL. **Resolução-RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005**, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, Brasília, 22 set. 2005.

CLARKE, D. **The Science of ice cream**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2004. 187 p.

CONCEIÇÃO, M. C. et al. Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p. 104–114, 2014.

COSTA, F.F. **Efeitos de aditivos de cristalização do sorvete**, Dissertação do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais 2006.

COSTA, F. F.; RESENDE, J. V.; ABREU, L. R. Efeito da adição de cloreto de cálcio na estabilidade da gordura em sorvetes. **B.Ceppa**, v. 30, n. 1, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. 1120 p.

DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the cactacea *Pereskia aculeata* Mill., I: Extraction and composition. **Nutrition Reports International**, v. 15, p. 529–537, 1977.

DLUZNIIEWSKI, Deize Moigane; GONÇALVES, Evelin Sabrina; COPETTI, Marlucci. Análise Do Perfil De Compra E Consumo De Iogurtes Funcionais Nas Cidades De Matelândia E Medianeira Através Do Grupo Foca. 2014. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [S. l.], 2014. DU, M. et al. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. **Food Hydrocolloids**, v. 76, p. 131-140, 2017.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 2, p. 103–109, 2005.

EVANGELHO, J. A. et al. Black bean (*Phaseolus vulgaris L.*) protein hydrolysates: Physicochemical and functional properties. **Food Chemistry**, v. 214, p. 460–467, 2017.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2.ed. Tradução de Pedro Roncales Rabinal; et al. Zaragoza: Acribia, 1993. Tradução de: FoodChemistry.

- FERREIRA, Iasmin Aparecida Furtado. **Aplicação Da Mucilagem De Ora-Pro-Nobis (Pereskia Aculeata Miller) Em Sorvete**. In: **Ferreira, Iasmin Aparecida Furtado. Aplicação Da Mucilagem De Ora-Pro-Nobis (Pereskia Aculeata Miller) Em Sorvete**. 2020. Dissertação (Pós-Graduação) - Universidade Federal de Lavras, [S. l.], 2020. p. 56.
- FERNANDES, Daiana De Souza; SANTOS, Pricila Veiga Dos; LEONEL, Magali. **Avaliação Da Qualidade De Sorvete Adicionado De Maltodextrina E Farelo De Mandioca Ao Longo Do Armazenamento**. *Energia na Agricultura, Botucatu*, v. 34, n. 2, p. 297-305, 30 abr. 2019.
- GOFF, H. D.; FERDINANDO, D.; SCHORSCH, C. Fluorescence microscopy to study galactomannan structure in frozen sucrose and milk protein solutions. **Food Hydrocolloids**, v. 13, n. 4, p. 353-362, Jul 1999.
- GOFF, D. H. Interactions and Contributions of Stabilizers and Emulsifiers to Development of Structure in Ice-cream. In: **Food Colloids and Polymers**. [s.l: s.n.]. p. 71–74 2005.
- GOFF, H. D.; SPAGNULO, P. Effect of stabilizers on fat destabilization measurements in ice cream. **Milchwissenschaft - Milk Science International**, Kempten, v. 56, n. 8, p. 450-453, 2001.
- GOFF, H. D. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v. 7, n. 5–6, p. 432–437, 2002.
- HAGIWARA, T.; HARTELT, R. W. Effect of Sweetener, Stabilizer, and Storage Temperature on Ice Recrystallization in Ice Cream. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 735–744, 15 mar. 1995.
- HARTEL, R. W.; RANKIN, S. A.; BRADLEY JR, R. L. A 100-Year Review: Milestones in the development of frozen desserts. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10014 - 10025, 2017.
- INSUMOS. Emulsificantes em Sorvetes. **Sorvetes & Casquinhas**. Editora Insumos. 2022. Disponível em: <http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/128.pdf>. Acesso em 08 mar. 2022.
- JAVIDI, F.; RAZAVI, S. M. A. Rheological, physical and sensory characteristics of light ice cream as affected by selected fat replacers. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 3, p. 1872-1884, 2018.
- JAVIDI, F.; RAZAVI, S. M. A. **21 New Hydrocolloids in Ice Cream**. [s.l: s.n.] 2019.
- JUNQUEIRA, L. A. et al. Rheological behavior and stability of emulsions obtained from *Pereskia aculeata* Miller via different drying methods. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 10942912.2018.1437177, 2018.
- JUNQUEIRA, L. A. et al. Effects of Change in PH and Addition of Sucrose and NaCl on the Emulsifying Properties of Mucilage Obtained from *Pereskia aculeata* Miller. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, n. 3, p. 486–498, 2019.

KAUSHIK, P. et al. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate. **Food Chemistry**, v. 197, p. 212-220, 2016.

KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA, A. et al. **Characteristics of Instrumental Methods to Describe and Assess the Recrystallization Process in Ice Cream Systems**. 2019.

KAMIŃSKA-DWÓRZNICKA, A.; ŁABA, S.; JAKUBCZYK, E. The effects of selected stabilizers addition on physical properties and changes in crystal structure of whey ice cream. **LWT**, v. 154, 15 jan. 2022.

KAMINSKA-DWORZNICKA, A.; SKRZYPCZAK, P.; GONDEK, E. Modification of kappa carrageenan by beta-galactosidase as a new method to inhibit recrystallization of ice. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 31-35, Dec 2016.

KIRAN-YILDIRIM, B.; HALE, J.; WEFERS, D.; GAUKEL, V. Ice recrystallization inhibition of commercial kappa-, iota-, and lambda-carrageenans. **Journal of Food Engineering**, v. 290, Feb 2021.

LAGO, A. M. T. et al. Ultrasound-assisted oil-in-water nanoemulsion produced from *Pereskia aculeata* Miller mucilage. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 50, n. July 2018, p. 339–353, 2019.

LEE, S. J.; MCCLEMENTS, D. J. Fabrication of protein-stabilized nanoemulsions using a combined homogenization and amphiphilic solvent dissolution/evaporation approach. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 6–7, p. 560–569, 2010.

LEMOS, Thaís Amanda Ribeiro de Oliveira. **Grupo de Foco Como Ferramenta para a Elaboração de uma Ficha Padronizada de Análise Sensorial Para Avaliação de Preparações Gastronômicas**. 2018. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2018.

LEITER, A.; EMMER, P.; GAUKEL, V. Influence of gelation on ice recrystallization inhibition activity of kappa-carrageenan in sucrose solution. **Food Hydrocolloids**, v. 76, p. 194-203, Mar 2018.

LIKAR, K.; JEVŠNIK, M. Cold chain maintaining in food trade. **Food Control**, v. 17, p. 108–113, 20 set. 2004.

LIMA JUNIOR, F. A. et al. Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 1, p. 38–47, 2013.

LOFFREDI, E. et al. Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 137, p. 110499, 2021.

LOMOLINO, G.; ZANNONI, S.; ZABARA, A.; DA LIO, M. *et al.* Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation. **International Dairy Journal**, v. 100, Jan 2020.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice cream**. 6th ed. New York: Kluwer Academic/Plenum Publ., 2003. 366p.

MARTIN, A. A. et al. Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p. 20–28, 1 set. 2017.

MARTINEVSKI, C. S. et al. Utilização de Bertalha (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) e Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) na elaboração de pães. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 1–6, 2013.

MERCÊ, A. L. R. et al. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and Co^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , and Ni^{2+} . **Bioresource Technology**, v. 76, p. 29–37, 2001.

MILLER-LIVNEY, T.; HARTEL, R. W. Ice recrystallization in ice cream: Interactions between sweeteners and stabilizers. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 3, p. 447-456, Mar 1997.

NETO, Juracy Barroso et al. **Focal Group As A Tool For Acceptance Tests With Consumers: The Biofortified Corn Grits Case**. V Reunião de Biofortificação no Brasil, São Paulo, v. V, p. 208-211, 15 out. 2015.

NDRAHA, N. et al. **Time-temperature abuse in the food cold chain: Review of issues, challenges, and recommendations** *Food Control* Elsevier Ltd, , 1 jul. 2018.

NUNES, C, A, et al, **Chemoface: A novel free user-friendly interface for chemometrics**. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 23, n. 11, p. 2003–2010, 2012.

OLIVEIRA, N. L. et al. Development and characterization of biodegradable films based on *Pereskia aculeata* Miller mucilage. **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 499–510, 1 abr. 2019.

PEREIRA, C. Propriedades funcionais de sorvete de morango diet com adição da enzima lactase e transglutaminase otimizada através da metodologia de superfície de resposta. 35 2014. 232f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PERFETTO. Você sabe como surgiu o sorvete? Conheça a história dessa iguaria. 2020. Disponível em: < <https://www.perfetto.com.br/blog/voce-sabe-como-surgiu-o-sorvete-conheca-a-historia-dessa-iguaria/>>. Acesso em 08 mar. 2022.

PORTO, B. C.; CRISTIANINI, M. Evaluation of cashew tree gum (*Anacardium occidentale* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 1325-1331, 2014.

RODRIGUES, NPA.; SILVA, DR da.; GARCIA JÚNIOR, Élcio A. .; SILVA JÚNIOR, EF da .; GOMES, R. da S.; FERNANDES, KFD; OLIVEIRA, K. Árabe R. de . **Divulgação de informações sobre higiene e mudança de hábitos durante a pandemia de Covid-19**. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento* , [S. l.] , v. 10, n. 1, pág. e30910111739, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.11739. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11739>. Acesso em: 9 abr. 2022.

RUSSELL, A. B.; CHENEY, P. E.; WANTLING, S. D. Influence of freezing conditions on ice crystallisation in ice cream. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 2, p. 179-191, Feb 1999.

SANTOS, G.G. Sorvete: processamento, tecnologia e substitutos da sacarose. *Ensaio e Ciências: ciencias Biológicas, Agrárias e da Saúde*. Anhanguera. v. 13, n. 2, p. 95-109, 2009.
SILVA, S. H. et al. **Freeze-dried Petit Suisse cheese produced with ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller) biopolymer and carrageenan mix**. *Lwt*, v. 149, n. May 2020, 2021.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probióticos. **Alimentos e Nutrição.**, v.21, n.1, p. 155-165, 2010.

TAKEITI, C. Y. et al. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. S1, p. 148–160, 2009.

YADAV, M. P. et al. Chemical investigation of the structural basis of the emulsifying activity of gum arabic. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 2, p. 297–308, 2007.