

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO LISBOA FARIAS BIO

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE SORVETE SABOR BAUNILHA COM
REDUÇÃO DE GORDURA**

FRANCISCO BELTRÃO

2023

GUSTAVO LISBOA FARIAS BIO

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE SORVETE SABOR BAUNILHA COM
REDUÇÃO DE GORDURA**

Study of vanilla ice cream characteristics with fat reduction

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréa Cátia Leal Badaró

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt

FRANCISCO BELTRÃO

2023



Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GUSTAVO LISBOA FARIAS BIO

**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE SORVETE SABOR BAUNILHA COM
REDUÇÃO DE GORDURA**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Alimentos da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 12 de dezembro de 2023

Andréa Cátia Leal Badaró
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luciano Lucchetta
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO
2023

Dedico este trabalho à minha família, e amigos que fiz durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pelas oportunidades que me proporciona.

Gostaria de deixar agradecimentos a minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Andréa Cátia Leal Badaró, por se mostrar sempre disponível, pela sua paciência e dedicação.

Quero deixar meus agradecimentos a minha coorientadora, Prof^a. Dr^a. Vânia de Cassia da Fonseca Burgardt, por se mostrar sempre disponível, pela sua paciência e dedicação.

Ao Prof. Dr. Luciano Lucchetta, por se mostrar sempre disponível, pela sua paciência e dedicação.

Agradecer aos meus amigos que fiz durante esta caminhada, que transformaram a faculdade em uma experiência incrível.

Agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, com este trabalho.

Gostaria de deixar agradecimentos a meu primo, Mateus Farias Morais, pelo auxílio nas atividades dentro do Laboratório de Leite e Derivados da UTFPR-FB.

Gostaria de deixar agradecimentos a minha namorada, Bruna Tainara Sversutti, pelo apoio moral, ético e com alguns de seus utensílios domésticos para o auxílio do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Gostaria de deixar agradecimentos a meu amigo, Caio Zacarias da Rocha, pelo auxílio nas atividades dentro do Laboratório de Leite e Derivados da UTFPR-FB.

Gostaria de deixar agradecimentos a minha amiga, Natália Moraes, pelo auxílio nas atividades dentro do Laboratório de Leite e Derivados da UTFPR-FB.

Gostaria de deixar agradecimentos a minha amiga, Roberta Martins, pelo auxílio nas atividades dentro do Laboratório de Leite e Derivados da UTFPR-FB.

Gostaria de deixar agradecimentos a meu amigo, Alessandro G. Mattos, pelo auxílio nas atividades dentro do Laboratório de Leite e Derivados da UTFPR-FB.

Quero deixar meus cumprimentos aos meus colegas da Empresa Junior, "Foods Innovation", por todo aprendizado que foi proporcionado durante 1 ano e meio de gestão na área de "Diretor de projetos".

Por fim, quero agradecer profundamente meus pais e minha família em geral, que sempre me deram total apoio incondicional durante minha graduação, agradeço por serem meu exemplo de vida.

RESUMO

BIO, Gustavo Lisboa Farias. **Estudo das características de sorvete sabor baunilha com redução de gordura**. 2023. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 12 de dezembro de 2023.

O presente trabalho apresenta uma opção de substituto do creme de leite utilizado em receitas de sorvete, demonstrando análises e resultados referentes as propriedades físico-químicas do produto final. O estudo levou em consideração a substituição parcial em 50% do creme de leite na formulação F1 por polpa de abacate, já na formulação F2 teve a substituição total por polpa de abacate. De forma equivalente foram formuladas F3 e F4 utilizando como substituto as cascas de laranja. Uma formulação F5 foi experimentada, fazendo-se a substituição total de creme de leite, por frações equivalentes de cascas de laranja e polpa de abacate. Para controle do estudo foi produzida a receita tradicional de sorvete sabor baunilha (F0), como modo de comparação para as demais formulações criadas. Por meio da avaliação dos testes laboratoriais de *overrun*, taxa de derretimento, pH, colorimetria e teor de gordura, observou-se a capacidade de substituição sem alterações significativas nestes parâmetros. As análises de pH indicam um aumento na basicidade dos sorvetes com substitutos de gordura (de 5,25 para 6,5). As análises de *Overrun* indicam que os sorvetes produzidos alcançam uma incorporação de ar de até 50%. O teor de gordura do sorvete tradicional produzido (F0) foi reduzido em até 85% com a substituição do creme de leite pela casca de laranja. Na análise de colorimetria caracterizou-se o sorvete com uma coloração creme. O estudo conclui que é possível substituir a gordura láctea no sorvete descrito, propondo alternativas saudáveis com frutas quando se almeja o consumo de sorvetes de baixo teor de gordura.

Palavras-chave: gelados comestíveis; laranja; abacate; redução de gordura.

ABSTRACT

BIO, Gustavo Lisboa Farias. **Study of the characteristics of vanilla flavored ice cream with reduced fat.** 2023. 54f. Course Completion Work (Bachelor in Food Engineering) - Federal Technological University of Paraná, Francisco Beltrão, December 12, 2023.

The present work presents an option for replacing the cream used in ice cream recipes, demonstrating analyzes and results regarding the physical-chemical properties of the final product. The study took into account the partial replacement of 50% of the cream in formulation F1 with avocado pulp, whereas in formulation F2 there was a total replacement with avocado pulp. F3 and F4 were formulated equivalently using orange peels as a substitute. An F5 formulation was tested, completely replacing cream with equivalent fractions of orange peel and avocado pulp. To control the study, the traditional vanilla flavored ice cream recipe (F0) was produced, as a means of comparison for the other formulations created. Through the evaluation of laboratory tests of overrun, melting rate, pH, colorimetry and fat content, the replacement capacity was observed without significant changes in these parameters. pH analyzes indicate an increase in the basicity of ice creams with fat substitutes (from 5.25 to 6.5). Overrun analyzes indicate that the ice creams produced achieve an air incorporation of up to 50%. The fat content of the traditional ice cream produced (F0) was reduced by up to 85% by replacing the cream with orange peel. In the colorimetry analysis, the ice cream was characterized as having a cream color. The study concludes that it is possible to replace dairy fat in the ice cream described, proposing healthy alternatives with fruit when the aim is to consume low-fat ice cream.

Keywords: edible ice cream; orange; avocado; fat reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem de consumo de sorvete por regiões no Brasil.	16
Figura 2 - Etapas básicas da produção de sorvete.	21
Figura 3 - Etapas de obtenção da farinha de casca de laranja.....	35
Figura 4 - Índice de pH de sorvete sabor baunilha com adição de abacate e farinha de casca de laranja.	36
Figura 5 - Overrun para as diferentes formulações.	38
Figura 6 - Densidade aparente (gramas por mililitro) das formulações desenvolvidas.	40
Figura 7 - Tempo de derretimento para as formulações estudadas neste trabalho..	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das formulações de sorvete propostas.	29
Tabela 2 - Análise estatística para as amostras de pH.	37
Tabela 3 - Teor de gordura das diversas formulações de sorvete.	37
Tabela 4 - Dados de colorimetria para as diferentes formulações.	42
Tabela 5 - Valores estatísticos retirados da análise de variância para as amostras de diferença de tonalidade.	43
Tabela 6 - Teste de correlação entre Overrun e teor de gordura.	44
Tabela 7 - Teste de correlação entre Overrun e tempo de derretimento.	44
Tabela 8 - Teste de correlação entre Overrun e pH.	44
Tabela 9 - Teste de correlação entre teor de gordura e densidade aparente.	45
Tabela 10 - Teste de correlação entre teor de gordura e ângulo Hue.	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIS	Associação Brasileira de Indústrias de Sorvetes
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Sorvete	15
3.1.1 Composição do sorvete	19
3.1.2 Etapas de fabricação do sorvete	20
3.2 Casca de laranja	24
3.3 Polpa de abacate	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Obtenção da casca de laranja desidratada e triturada	28
4.2 Obtenção da polpa de abacate	28
4.3 Elaboração de sorvete de baunilha com diferentes formulações	28
4.4 Desenvolvimento de diferentes formulações de sorvete	29
4.5 Análises físico-químicas	30
4.5.1 pH	30
4.5.2 Densidade aparente	30
4.5.3 Teor de gordura	30
4.5.4 <i>Overrun</i>	31
4.5.5 Teste de derretimento	32
4.5.6 Determinação de cor instrumental	32
4.11 Análise estatística	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Cascas de laranja	35
5.2 pH	35
5.3 Teor de gordura	37
5.4 <i>Overrun</i>	38
5.5 Densidade aparente	39
5.6 Derretimento	41
5.7 Colorimetria	42
5.8 Testes de correlação de dados	43
6 CONCLUSÃO	46

REFERÊNCIAS.....	47
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Segundo a definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005), sorvete ou gelado comestível é caracterizado como um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteínas, podendo conter ou não outros ingredientes e substâncias. Alternativamente, pode ser elaborado a partir de uma mistura de água, açúcares e demais ingredientes e substâncias, submetida ao congelamento. Essas condições são estabelecidas de modo a assegurar a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado ao longo do armazenamento, transporte e entrega para consumo.

Os sorvetes são coloides complexos, compostos por bolhas de ar, glóbulos de gordura, cristais de gelo e uma fase de soro não-congelado, sendo a porcentagem de gordura variando de 10% a 16%, principalmente proveniente da gordura do leite (Goff, 1997; 2002). Em um cenário mundial, onde a demanda por alimentos saudáveis está em ascensão, a fabricação de sorvetes com baixo teor de gordura ganha destaque (Comas; Boff *et al.*, 2013; Surjawan; Abdillah, 2018).

O aumento da procura por uma alimentação saudável tem modificado as dinâmicas da indústria alimentícia, manifestando-se na busca por dietas equilibradas e produtos com teor reduzido de gordura (Surjawan; Abdillah, 2018). No âmbito dos sorvetes, tem-se observado a pesquisa e adoção de matérias-primas alternativas, tais como polpa de abacate, fibra de casca de laranja, maltodextrina, proteínas de soja e whey protein, com o intuito de substituir a gordura convencional do leite (Akalin; Karagözlü; Ünal, 2008; Akbari; Eskandari; Davoudi, 2019).

As frutas, em particular, despontam como alternativas saudáveis, sendo a fibra de casca de laranja uma opção atrativa, dada a abundância desse cítrico no Brasil, líder mundial na produção de laranjas (Neves *et al.*, 2010). O abacate, rico em gorduras totais, surge como uma outra alternativa para substituir a gordura do leite na produção de sorvetes, especialmente por não conter colesterol (Surjawan; Abdillah, 2018; Lye *et al.*, 2020).

A produção de alimentos com reduzido teor de gordura torna-se cada vez mais relevante, uma vez que consumidores mais exigentes buscam opções para suas dietas, optando por produtos mais saudáveis. Nesse contexto, a polpa de abacate destaca-se como um potencial substituto para a gordura do leite na

fabricação de sorvetes, enquanto a fibra de casca de laranja, como subproduto do processo de produção de suco, representa uma alternativa sustentável para reduzir o teor de gordura láctea nos sorvetes.

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo elaborar formulações de sorvetes sabor baunilha, utilizando casca de laranja triturada e polpa de abacate como substitutos parciais ou totais da gordura tradicional do leite, e avaliação de alguns parâmetros físicos e químicos das formulações obtidas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Elaborar formulações de sorvetes sabor baunilha com redução no teor de gordura utilizando casca de laranja desidratada e triturada ou polpa de abacate.

2.2 Objetivos específicos

- Testar diferentes formulações de sorvetes substituindo parcial ou totalmente a gordura com diferentes concentrações de polpa de abacate e casca de laranja triturada e desidratada;
- Avaliar o teor de gordura das formulações de sorvete obtida e comparar com a formulação tradicional;
- Mensurar a taxa de derretimento para as diferentes formulações;
- Avaliar a densidade aparente e *Overrun* das diferentes formulações de sorvete;
- Realizar análise de colorimetria das diferentes formulações.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção do trabalho está apresentado o referencial teórico que abrange os assuntos estudados necessários para a realização desta pesquisa. São explorados e discutidos os tópicos: sorvete; fibra da casca de laranja; e polpa de abacate.

3.1 Sorvete

Sobremesas lácteas congeladas são caracterizadas pela presença de leite em sua composição, sendo consumidas enquanto ainda estão resfriadas e frequentemente exibem características aeradas. No contexto dessas sobremesas, o sorvete desempenha um papel crucial na indústria de alimentos devido à sua popularidade, versatilidade e demanda constante pelos consumidores (Goff, 1997; 2002; Goff; Hartel, 2013). Sua atratividade reside na ampla variedade de sabores, texturas e formatos disponíveis, tornando-o um produto de destaque que atende a diversos públicos e ocasiões. A Resolução de Diretoria Colegiada RDC nº 267/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece que o sorvete é um gelado comestível obtido a partir da emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem a adição de outras substâncias (ANVISA, 2003).

O consumo de sobremesas resfriadas e congeladas, como o sorvete, proporciona uma sensação revigorante aos consumidores, sendo influenciado pela sazonalidade, com vendas mais expressivas durante as estações mais quentes. No Brasil, um país com clima predominantemente quente, essa tendência é particularmente evidente. Dados recentes da Associação Brasileira de Indústrias de Sorvetes (ABIS) revelam que, em 2021, o consumo de sorvetes atingiu aproximadamente 1.006 litros, aumentando para cerca de 1.036 litros em 2022.

Além disso, a distribuição regional do consumo de sorvetes apresenta variações significativas. Em 2022, aproximadamente 5% do consumo total ocorreu na região Norte, 19% no Nordeste, 9% no Centro-Oeste, 52% no Sudeste e 15% no Sul. Esses dados evidenciam as preferências regionais e a relevância do sorvete como uma sobremesa apreciada em todo o país. A indústria de sorvetes, ciente dessas nuances regionais, continua a adaptar suas estratégias

para atender às demandas específicas de cada região e manter a atratividade do produto em âmbito nacional (Figura 1).

Figura 1 - Porcentagem de consumo de sorvete por regiões no Brasil.



Fonte: Adaptado de ABIS (2023).

Por ser um alimento extremamente popular em todo o mundo, a definição de sorvete engloba diferentes tipos de sobremesas geladas. De acordo com Clarke (2004), as principais são:

- Sorvetes regulares ou lácteos: uma mistura congelada e aerada de derivados do leite, açúcares e sabores;
- Sorvetes não-lácteos: fabricados a partir de proteínas do leite e gorduras vegetais;
- Gelato: um sorvete artesanal italiano com formulação baseada em creme de ovos;
- *Frozen* iogurte: pode conter organismos ácido láticos ou apenas sabores

de iogurte;

- *Milk ice* (Leite congelado): Muito similar ao sorvete tradicional, porém não aerado e contendo menos gordura do leite;
- *Sorbet*: Baseado em grutas, não contém gordura ou leite;
- *Sherbet*: Similar ao Sorbet, mas contendo leite ou creme;
- *Water ice*: calda de açúcar congelada com sabor e cor, conhecido no Brasil como picolé de gelo;
- *Fruit ice*: similar ao anterior, porém com suco/polpa de frutas em sua composição.

Essas sobremesas, conhecidas por sua doçura e sabor irresistível, são consumidas em um estado congelado, proporcionando uma experiência refrescante. No caso dos sorvetes, a diversidade vai além, podendo ser subdivididos com base no processo de fabricação e na inclusão de outros ingredientes em sua formulação, conforme destacado por Moreira (2016). Essa variedade de abordagens na produção dos sorvetes contribui para uma ampla gama de opções que atendem aos diversos paladares e preferências dos consumidores.

A produção de sorvete é dominada por grandes empresas multinacionais, como *Nestlé*, *Unilever* e *General Mills*, que são donas de grandes marcas como *Häagen-Dazs*, *Magnum* e *Cornetto*. Entretanto, a produção artesanal por pequenas empresas e comerciantes pode chegar até 10% do volume de produção mundial, atingindo valores em torno de 20% do valor da indústria de sorvetes (Goff; Hartel, 2013).

É de conhecimento geral que o sorvete, em sua formulação mais tradicional, é fabricado com leite e derivados. De acordo com Goff e Hartel (2013), se o sorvete for fabricado com creme e leite frescos, mais de 80% de sua composição é de derivados lácteos. Porém, se fabricado sem a gordura do leite e com leite em pó reconstituído, a composição de derivados lácteos é de, aproximadamente, 10%. Assim, a fabricação de sorvete é atrativa para grandes empresas que não necessariamente trabalham com laticínios. Por outro lado, a fabricação de sorvetes com redução do percentual de gordura do leite, parcial ou totalmente, atrai novos consumidores.

Atualmente, a literatura científica tem testemunhado a publicação de diversos estudos que exploram diferentes formulações na fabricação de sorvetes (Akalin; Karagözlü; Ünal, 2008; Boff *et al.*, 2013; Surjawan; Abdillah, 2018; Akbari; Eskandari; Davoudi, 2019). Grupos variados, como aqueles que buscam uma dieta saudável, veganos e pessoas intolerantes à lactose, representam potenciais consumidores de sorvetes que encontram limitadas alternativas no mercado tradicional. Entretanto, a produção de sorvetes sem lactose, produtos lácteos ou com redução parcial ou total do uso de gordura do leite não é uma tarefa simples. A modificação na formulação do sorvete confere características distintas ao produto, e, portanto, diversas formulações e composições são objeto de estudo para possibilitar a substituição da gordura do leite de maneira adequada, sem comprometer as características essenciais do sorvete.

A redução do teor de gordura no sorvete apresenta desafios significativos na qualidade do produto final, manifestando-se em textura granulada, corpo quebradiço, agravamento na taxa de derretimento e alterações no sabor (Mahdian; Karazhian, 2013). A diminuição do teor de gordura de 10% para 5%, por exemplo, resulta em taxas de derretimento quase dobradas, indicando uma menor resistência ao derretimento (Velásquez-Cock *et al.*, 2019). Além disso, a redução de gordura tem impactos adversos na taxa de expansão, conhecida como volume de ar (*Overrun*), e na dureza geral do sorvete (Zhao *et al.*, 2023).

No estudo conduzido por da Silva Faresin *et al.* (2022), foi alcançado o desenvolvimento de sorvetes funcionais por meio da redução de gordura e açúcar, e pela incorporação de *Spirulina platensis*, extrato de ficocianina e/ou inulina, desempenhando papéis de emulsificante, agente texturizante e substitutos de açúcar e gordura. As formulações, submetidas a análises detalhadas e avaliações sensoriais, revelaram que os sorvetes que continham extrato de ficocianina e dispensaram o uso de emulsificante industrial apresentaram uma textura mais suave e macia, juntamente com elevados valores de *overrun* (32,9% - 35,8%). Os resultados sensoriais indicaram índices de aceitabilidade de até 74%, ressaltando atributos como suavidade, cremosidade e aparência cremosa em todas as formulações. A inclusão de inulina (2%) e *Spirulina* (1%) permitiu uma significativa redução de até 50% de gordura e 25% de açúcar, resultando em um sorvete funcional atraente para consumidores preocupados com a saúde.

O estudo de Zhao *et al.* (2023) explora a aplicação de hidrocoloides na substituição de gordura em produtos lácteos, abrangendo queijos, iogurtes e sorvetes. No contexto alimentício, os hidrocoloides desempenham funções essenciais como agentes espessantes, estabilizantes, emulsificantes e gelificantes, contribuindo para aprimorar a textura, estabilidade e viscosidade dos produtos. Esses substitutos de gordura, categorizados em polissacarídeos e proteínas, podem ser empregados isoladamente ou combinados em formulações de baixa gordura para alimentos lácteos. A revisão conduzida pelos autores conclui que não existe um único substituto de gordura universalmente eficaz para todas as formulações de produtos lácteos com baixo teor de gordura. Assim, a escolha de cada alternativa de gordura deve ser feita com cautela, considerando as especificidades do produto. Caso contrário, podem surgir efeitos indesejados, como alterações na textura, sabor, taxa de derretimento e *Overrun*.

3.1.1 Composição do sorvete

Segundo Alves da Silva (2019), o sorvete é uma emulsão composta por água, leite em pó, açúcares, glicose, gordura, saborizante, aromatizante e emulsificantes. Os principais insumos na fabricação de sorvetes são:

- Água: ingrediente que permite o congelamento do produto, contribuindo de forma significativa para a estrutura do sorvete;
- Leite em pó: atua como uma fonte de nutrientes do sorvete, proporcionando equilíbrio ao produto;
- Açúcares: responsáveis por proporcionar um sabor adocicado e reduzir o ponto de congelamento da mistura total;
- Glicose: proporciona resistência ao choque térmico e reduz o gosto enjoativo conferido que os açúcares podem ocasionar no paladar;
- Gordura: contribui para o sabor e cremosidade do sorvete, um dos ingredientes mais importantes da formulação, garantindo uniformidade na dispersão do ar, trazendo leveza e suavidade ao paladar (Genkor, 2009);
- Aromatizantes e saborizantes: agregam ao sabor e aroma do sorvete, podendo ser sintéticos ou naturais (Pereira Ferraz, 2013);
- Emulsificantes: funcionam como uma ligação entre gordura e água, estabilizando a emulsão que é o sorvete.

Nos gelados comestíveis, a gordura desempenha um papel crucial na criação da "sensação de frio" experimentada durante a degustação, sendo que quanto maior o teor de gordura, menor é essa percepção durante o consumo. A gordura desempenha um papel fundamental ao aprisionar o ar, contribuindo para a estrutura do sorvete. Além disso, ela exerce influência na textura, suavidade, aspecto visual e sabor do produto (Genkor, 2009; Goff; Hartel, 2013). Os sorvetes elaborados a partir de gordura láctea apresentam um sabor distintivo, mais rico e complexo, harmonizando-se especialmente bem com sabores intensos, como a baunilha (Genkor, 2009).

A substituição da gordura láctea em sorvetes pode alterar suas características fundamentais, que devem ser levadas em consideração ao fazer esta mudança. Segundo Genkor (2009), devem ser monitorados, principalmente, os seguintes pontos:

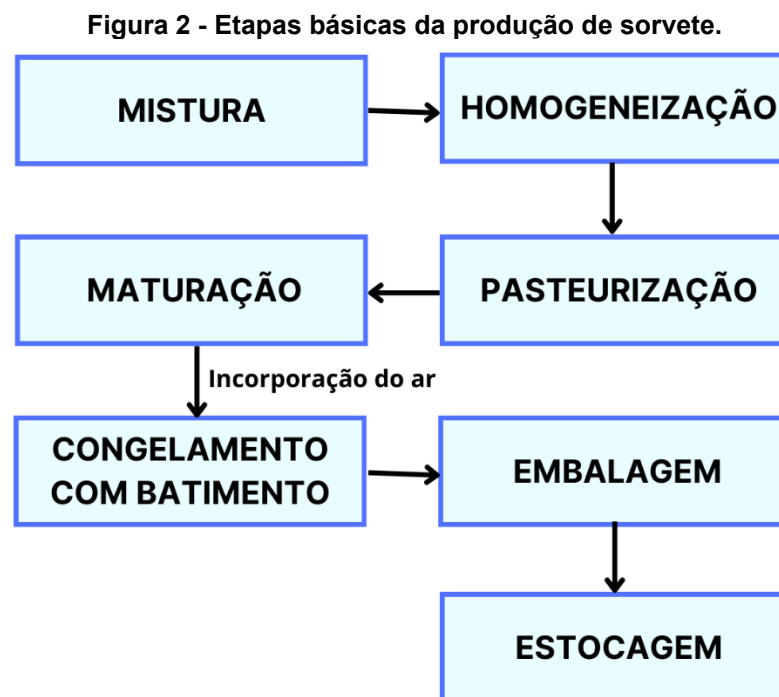
- Incorporação do ar (overrun): deve ser observado o valor e a mudança na dispersão de ar na emulsão. Células de ar muito grandes podem conferir aparência indesejada no produto;
- Curva de congelamento: a modificação no teor de lactose altera a dinâmica de formação de cristais de gelo no sorvete, devido ao impacto em sua curva de congelamento;
- Teor de lactose: deve-se evitar aumentar excessivamente o teor de lactose, para reduzir riscos de sua cristalização e causar o efeito de arenosidade no sorvete.

Ao manter sob controle essas variáveis, torna-se viável a aplicação de substitutos para a gordura do leite na composição de sorvetes. Dessa forma, neste estudo, são investigadas alternativas à gordura convencional do leite utilizada na produção de sorvetes. A fibra de casca de laranja desidratada e triturada, assim como a polpa de abacate, são examinadas como potenciais substitutos, oferecendo atratividade ao produto por meio de propostas de alternativas mais saudáveis e derivadas de frutas.

3.1.2 Etapas de fabricação do sorvete

O processo de produção de sorvete é segmentado em diversas etapas, com o intuito de preparar o produto para comercialização e consumo. As fases da

elaboração do sorvete variam conforme a técnica escolhida, geralmente agrupando-se em três etapas fundamentais. Na primeira etapa, ocorre a mistura dos ingredientes seguida pelo aquecimento e pasteurização. A segunda etapa envolve o congelamento após a homogeneização, buscando aerar a mistura. Por fim, a terceira etapa consiste no endurecimento, momento em que a água não congelada do sorvete se deposita sobre os cristais de gelo (Santos, 2009; Pereira, 2014). Estas etapas de processamento são delineadas no fluxograma básico de produção de sorvete, complementado pelas fases de embalagem e estocagem (Figura 2).



Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2018).

Na fase de mistura, é imperativo utilizar matéria-prima de alta qualidade, armazenada de maneira adequada para assegurar a excelência do produto final. Conforme Mosquim (1999), os ingredientes destinados à mistura do sorvete possuem características distintas, tornando essencial a sua incorporação de forma sistemática para otimizar o aproveitamento. A sequência recomendada envolve a adição dos ingredientes líquidos inicialmente, seguida pelos sólidos lácteos e, por fim, os demais sólidos, previamente misturados aos açúcares para facilitar sua dissolução. A ordenação cuidadosa desses passos é crucial para alcançar a consistência desejada.

Fanin e Saracchi (2006) propõem um método semelhante, no qual os ingredientes líquidos são aquecidos sob agitação em um tanque de mistura. Os ingredientes em pó são previamente misturados e adicionados aos líquidos sob agitação, mantendo a temperatura em torno de 45/50°C. A técnica visa evitar a aglomeração dos ingredientes em pó durante a mistura.

A homogeneização, de acordo com Soler e Veiga (2001), é um processo que visa à redução e uniformização das partículas de gordura. Esse procedimento envolve a passagem da calda por um orifício diminuto, sob condições específicas de pressão e temperatura, em equipamentos apropriados. Souza (2010) aprofunda essa definição, destacando que a homogeneização resulta na diminuição das partículas de gordura da emulsão, favorecendo um sorvete mais homogêneo, cremoso e macio. A técnica aumenta a superfície total das partículas, potencializando a ação dos agentes emulsificantes e estabilizantes. A eficácia desse processo depende de fatores como a quantidade de gordura, temperatura, e tempo, sendo essencial para a qualidade final do produto.

Conforme a legislação (Brasil, 2005), produtos lácteos, incluindo gelados comestíveis, devem passar pelo processo de pasteurização. Essa etapa tem como objetivo eliminar microrganismos patogênicos, garantindo a segurança microbiológica do alimento. Varnam e Sutherland (1994) destaca que o binômio tempo e temperatura na pasteurização é mais elevado em comparação com o leite fluido, devido à adição de outros ingredientes, que dificultam a transferência de calor e criam uma barreira protetora para os microrganismos.

Souza (2010) complementa que a pasteurização resulta na fusão dos emulsificantes e ativa os estabilizantes em solução coloidal. Essa técnica altera a capacidade de retenção de água das proteínas do soro, expandindo seu valor em média três vezes. A desnaturação proteica contribui positivamente para a qualidade do sorvete, conferindo-lhe uma textura mais suave e consistente.

Já a fase de maturação visa induzir alterações sensoriais desejáveis no sorvete, solidificando a gordura, hidratando completamente as proteínas e estabilizantes, e conferindo resistência ao derretimento. A maturação deve ocorrer por um período mínimo de 4 horas e máximo de 24 horas, evitando-se períodos prolongados para prevenir contaminação e alterações indesejadas no sorvete. O tempo de maturação é prolongado em sorvetes com teor elevado de lipídios. Ao final desse processo, a polpa de fruta e o emulsificante são adicionados à mistura

a temperaturas entre 2°C e 5°C, reduzindo o risco de precipitação das proteínas do leite por ácidos provenientes da polpa de fruta (Santos, 2009; Souza, 2010).

A etapa de congelamento é vital no processo de fabricação do sorvete, compreendendo tanto o congelamento rápido com agitação do mix para incorporação de ar e formação de pequenos cristais de gelo quanto o endurecimento sem agitação para extrair calor de forma eficiente. O congelamento é simultâneo ao batimento, sendo a fase mais crucial do processo, permitindo a incorporação de ar à mistura enquanto é congelada. A temperatura do mix diminui de +4°C a +5°C ao sair do tanque de maturação para -4°C a -9°C durante o congelamento. O sorvete resultante possui mais da metade da água congelada, apresentando uma consistência semi-sólida, enquanto a água restante congela durante o armazenamento a -18°C (Santos, 2009; Ferraz, 2013).

Por fim, após a etapa de congelamento com batimento, ocorre a fase onde os sorvetes são embalados, seguido de sua estocagem. A embalagem de sorvete desempenha um papel importante na preservação da qualidade do produto e na experiência do consumidor. O material escolhido deve ser resistente ao congelamento, garantindo a integridade do sorvete e prevenindo a formação de cristais de gelo indesejados. Embalagens individuais ou porcionadas não apenas facilitam o consumo, mas também protegem o sorvete contra mudanças bruscas de temperatura. A selagem eficiente é essencial para evitar a entrada de ar, preservando a textura e o sabor do sorvete. Informações claras sobre ingredientes, informações nutricionais e instruções de armazenamento devem ser incluídas para orientar o consumidor (Mosquim, 1999).

Já a estocagem adequada é fundamental para garantir a qualidade do sorvete ao longo do tempo de prateleira. O sorvete deve ser armazenado a temperaturas muito baixas, geralmente entre -20°C e -30°C, em freezers dedicados a produtos congelados. A organização eficiente no armazenamento evita a formação de cristais de gelo e assegura que o sorvete seja utilizado na ordem adequada, seguindo o princípio FIFO (*First In, First Out*). Além disso, a proteção contra a absorção de odores e sabores externos é essencial, sendo recomendado o armazenamento em embalagens seladas. Evitar ciclos frequentes de descongelamento e congelamento é importante para preservar a textura e a qualidade do sorvete, enquanto a monitorização regular das datas de fabricação

e prazo de validade garante a oferta de um produto fresco e saboroso aos consumidores (Santos, 2009; Ferraz, 2013).

Em síntese, o cuidadoso processo de fabricação do sorvete, desde a mistura de ingredientes até a estocagem rigorosa, representa a transformação ingredientes simples em sorvete. Cada etapa, conduzida contribui para a textura, sabor e qualidade do produto.

3.2 Casca de laranja

Os subprodutos de frutas, em sua totalidade, apresentam elevada qualidade nutricional, representando uma valiosa fonte de potenciais ingredientes para a produção de alimentos. Aproveitar adequadamente esses subprodutos não apenas contribui para a criação de novos alimentos, mas também possibilita a reutilização eficiente de resíduos gerados em processos industriais em larga escala. Segundo Santana e Gasparetto (2009), cerca de 50% do peso total da laranja torna-se subproduto após o processo de produção de suco, destacando a relevância de explorar o potencial desse resíduo, o qual se torna alvo de investigações científicas.

A fibra de laranja, proveniente de diferentes partes da fruta e cultivares, apresenta uma composição variada, dependendo do método de obtenção. Em linhas gerais, destacam-se a pectina, lignina, celulose e hemicelulose como os principais componentes da fibra de laranja. Além disso, compostos fenólicos, fitatos e oxalatos também estão presentes na fruta, como observado em estudos como os de Marín *et al.* (2007) e Bortoluzzi e Marangoni (2006). A análise detalhada desses componentes é fundamental para explorar plenamente o potencial nutricional e funcional da fibra de laranja.

Boff *et al.* (2013) sugeriram a substituição da gordura do leite pela fibra da casca de laranja, destacando características promissoras no estudo que indicam a continuação da pesquisa e o desenvolvimento de formulações capazes de conferir propriedades salutares e de qualidade. Duas formulações foram examinadas, contendo concentrações de 0,74% e 1,10% de fibra, e sem a adição de creme de leite fresco. O estudo revelou uma redução de mais de 25% no valor energético dos sorvetes produzidos. Não foram observadas diferenças significativas nas análises de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos e

taxa de derretimento entre as formulações e a amostra controle. No entanto, a adição de fibra reduziu o *Overrun* dos sorvetes, devido ao aumento da viscosidade do mix e à dificuldade na incorporação de ar. Embora as formulações mais recentes tenham apresentado uma leve diminuição na qualidade de cor, sabor e sabor residual em comparação com a amostra controle, os sorvetes que incorporaram a casca de laranja alcançaram uma aceitação geral de 78%, conforme avaliação sensorial.

Assim como na produção de sorvetes, a casca de laranja pode ser empregada como substituto da gordura na fabricação de pães. Estudos conduzidos por Dantas *et al.* (2018) e Stoll *et al.* (2015) concluíram que a adição de casca de laranja desidratada à massa resulta em pães com cor aprimorada, redução do teor de gordura e de água, contribuindo para a extensão da vida útil do pão. Em particular, Dantas *et al.* (2018) propuseram a casca de laranja como substituto da gordura em pães de forma, incorporando-a juntamente com α -amilase por meio de um planejamento experimental fatorial completo 2². A inclusão da casca de laranja na panificação mostrou-se capaz de produzir pães isentos de gordura, com sabor e textura aceitáveis, conforme avaliação sensorial realizada no estudo.

3.3 Polpa de abacate

O abacate, reconhecido por sua riqueza em gordura, emerge como uma alternativa promissora para substituir a gordura láctea na produção de sobremesas geladas (Surjawan; Abdillah, 2018). Com uma composição nutricional que abrange 73,32% de água, 2,00% de proteína, 14,66% de lipídeos totais, 8,53% de carboidratos (dos quais 6,70% são fibras) e 1,58% de cinzas, o Brasil destaca-se como um dos principais produtores mundiais de abacate desde 2016 (Lye *et al.*, 2020).

Para além de seu valor nutricional, o abacate proporciona uma gama de benefícios à saúde, evidenciando propriedades antioxidantes, antidiabéticas, anticancerígenas, anti-hipertensivas, anti-inflamatórias e antimicrobianas. Ampla é sua utilização na indústria alimentícia, sendo um ingrediente essencial, além de encontrar aplicação em produtos de cuidados com a pele (Lye *et al.*, 2020).

A gordura não-láctea proveniente do abacate se mostra como uma opção viável para a produção de sorvetes, possibilitando a redução parcial ou total do uso de gordura láctea em sua formulação. Em um contexto de crescente interesse em dietas à base de frutas e plantas, os sorvetes com menor teor de leite e maior adição de frutas ganham destaque, atraindo assim novos consumidores (Surjawan; Abdillah, 2018; Costa *et al.*, 2019).

Com teores expressivos de ácidos graxos monoinsaturados (60%), ácidos graxos saturados (24%) e baixo teor de ácidos graxos poli-insaturados (16%), o abacate se destaca pela predominância do ácido graxo oleico (ômega-9), com aproximadamente 55% de concentração (Nogueira-Almeida *et al.*, 2018). Entre seus principais esteróis, tocoferóis e carotenoides, encontram-se β -sitosterol, α -tocoferol e luteína, respectivamente. Apresentando propriedades físico-químicas semelhantes às do azeite de oliva, o abacate demonstra benefícios em modelos animais, prevenindo disfunção mitocondrial cerebral e hepática associada ao diabetes, com redução de estresse oxidativo, LDL-c e peroxidação lipídica. Tais benefícios são atribuídos às concentrações de ácido oleico, β -sitosterol, α -tocoferol e luteína, conferindo propriedades cardioprotetoras, anti-inflamatórias e antioxidantes (Jorge, 2014). Dessa forma, o abacate destaca-se por seu elevado teor de ácidos graxos monoinsaturados e compostos bioativos, como tocoferóis, carotenoides e fitoesteróis.

A produção de sorvetes com a incorporação de gordura não láctea proveniente do abacate possibilita uma redução significativa, e até mesmo a eliminação, do uso da gordura láctea, alinhando-se com as crescentes tendências de uma alimentação à base de frutas e plantas. No estudo conduzido por Surjawan e Abdillah (2018), os autores propuseram formulações nas quais a polpa de abacate substituiu a gordura láctea em diferentes proporções: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. A substituição resultou em uma diminuição do *Overrun* e da quantidade de gordura láctea no sorvete, enquanto mantinha uma taxa de derretimento aceitável devido à presença de polissacarídeos e fibras alimentares naturais no abacate. A quantidade de hidrocoloides na polpa influenciou a viscosidade e a estabilização do ar incorporado no sorvete. O sorvete com 50% de substituição da gordura láctea por polpa de abacate foi o mais preferido pelos consumidores na análise sensorial realizada.

A abordagem de produzir sorvetes com substitutos da gordura láctea não apenas atende à crescente demanda por opções mais saudáveis, mas também capitaliza os benefícios antioxidantes, antidiabéticos e anti-inflamatórios do abacate. Dessa forma, emerge como uma proposta atrativa para consumidores conscientes sobre sua saúde e abre espaço para o desenvolvimento de mais formulações de sorvetes veganos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção, são delineados os procedimentos adotados para a obtenção da casca de laranja triturada e da polpa de abacate, destacando-se, ainda, os métodos analíticos empregados no desenvolvimento deste trabalho.

4.1 Obtenção da casca de laranja desidratada e triturada

As cascas de laranja desidratadas em cubos foram adquiridas em um estabelecimento comercial local de produtos naturais em Francisco Beltrão - PR. Após uma leve hidratação dos cubos de casca de laranja com água, realizou-se a trituração utilizando um liquidificador semiindustrial, visando obter uma granulometria apropriada para a aplicação na mistura.

4.2 Obtenção da polpa de abacate

Os abacates foram adquiridos em um mercado local da cidade de Francisco Beltrão - PR. A polpa foi extraída manualmente para, em seguida, ser misturada com os demais ingredientes que compõem as formulações dos sorvetes elaborados.

4.3 Elaboração de sorvete de baunilha com diferentes formulações

Para a elaboração do sorvete, foi realizada a separação dos emulsificantes, aromatizantes e do creme de baunilha. Na Tabela 1, são apresentadas as formulações em porcentagem utilizadas neste trabalho, com base na revisão da literatura. Foram estabelecidas seis formulações distintas para investigar a redução de gordura (creme de leite) em 50% e 100%, substituindo-a por polpa de abacate e casca de laranja. Adicionalmente, uma formulação de teste (F5) foi proposta, combinando 5% de casca de laranja e 5% de polpa de abacate, para avaliar os resultados dessa mistura.

Tabela 1 - Composição das formulações de sorvete propostas.

Formulação	F0	F1	F2	F3	F4	F5
Leite desnatado	72%	72%	72%	72%	72%	72%
Leite em pó desnatado	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Açúcar	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Creme de leite	10%	5%	0%	5%	0%	0%
Estabilizante	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
Emulsificante	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
Aromatizante/Saborizante	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%
Polpa de abacate	0%	5%	10%	0%	0%	5%
Casca de laranja triturada	0%	0%	0%	5%	10%	5%

Fonte: Autoria própria (2023).

Posteriormente, o creme de leite foi pesado e misturado com o leite. Após a combinação dos componentes sólidos, foi necessário realizar a mistura e homogeneização com os componentes líquidos em um liquidificador por aproximadamente 3 minutos. Utilizando um recipiente de plástico com tampa, o qual foi previamente pesado, a mistura foi depositada no recipiente e tampada. O volume inicial obtido foi marcado, e o recipiente com a mistura foi colocado na geladeira a 7°C para a maturação da liga neutra, pelo período de 12 horas. Após a maturação da massa, foi necessário misturá-la novamente em um liquidificador por aproximadamente 5 minutos, juntamente com emulsificante e aromatizante.

Com a sorveteira devidamente higienizada, a mistura foi colocada para bater inicialmente sem resfriamento, seguido por um resfriamento gradual, até que a massa aumentasse em 50% comparado ao volume inicial (*Overrun*). O sorvete foi retirado da sorveteira e transferido novamente para o recipiente plástico com tampa. Após esse procedimento, o recipiente com a massa foi pesado, registrando o peso final para o cálculo do *Overrun* e da densidade específica. Por fim, o sorvete foi levado ao freezer para congelamento por mais de 24 horas.

4.4 Desenvolvimento de diferentes formulações de sorvete

Na composição padrão de um sorvete, foram incluídos leite desnatado, leite em pó, açúcar, creme de leite (nata), estabilizante, emulsificante e saborizante de baunilha. Inicialmente, desenvolveu-se uma formulação padrão de sorvete que continha creme de leite fresco, sem a adição de casca de laranja ou polpa de abacate, para fins de comparação com as variações planejadas. Com base em

estudos anteriores (Boff *et al.*, 2013; Surjawan e Abdillah, 2018), foram propostas formulações substituindo parcial ou totalmente a gordura do leite por polpa de abacate e fibra de casca de laranja triturada. O sabor foi definido como baunilha, utilizando um saborizante artificial (Sorvetina Selecta®) adquirido no mercado local.

4.5 Análises físico-químicas

4.5.1 pH

As medições de pH foram conduzidas no Laboratório de Leite e Derivados da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Francisco Beltrão, utilizando um pHmetro Digital de bancada (modelo DLA-PH, Del Lab), devidamente calibrado. Cada amostra foi analisada em triplicata, e os valores médios e de desvio padrão foram calculados a partir dos resultados obtidos.

4.5.2 Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada utilizando o método de dividir a massa do sorvete pelo seu volume, conforme descrito por Oliveira, Melo Filho e Afonso (2013). Para essa medição, foi empregado um recipiente graduado de 1 litro, no qual foram adicionados aproximadamente 400 gramas de calda, aguardando-se o processo de congelamento. Ao término, a massa foi dividida pelo volume final, resultando no valor da densidade específica. Essa medida foi comparada com os padrões estabelecidos pela legislação, conforme a Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005, que regulamenta os aspectos técnicos para Gelados Comestíveis e Preparados para Gelados Comestíveis no Brasil.

4.5.3 Teor de gordura

A determinação de gordura foi conduzida em um laboratório terceirizado (LGQ Laboratório, Francisco Beltrão), utilizando o método de Rose-Gottlieb. Nesse método, a amostra é inicialmente tratada com hidróxido de amônio e álcool, em que o álcool precipita a proteína, que se dissolve no hidróxido, facilitando a extração de gorduras com uma mistura de ésteres. O resultado é expresso em porcentagem em massa de gordura (AOAC, 1995).

Para a análise, foram pesados 10 g da amostra em um béquer de 50 mL, diluídos em 10 mL de água. Após adicionar 2 mL de hidróxido de amônio, o conteúdo foi misturado e aquecido em banho-maria por 20 minutos a 60°C, com agitação ocasional. A mistura foi transferida para um funil de separação com uma pequena quantidade de água e aguardou-se até atingir a temperatura ambiente. Foram realizados testes em branco dos reagentes utilizados, adicionando 25 mL de éter de petróleo e repetindo a agitação, deixando em repouso até a separação das fases. Após a separação, a fase inferior foi transferida para outro funil de separação, e a fase etérea para um béquer de 150 mL tarado, repetindo a extração da fase aquosa com 15 mL de éter por duas vezes. Após reunir os extratos no béquer, procedeu-se à evaporação completa dos solventes em banho-maria na capela.

O béquer contendo a gordura foi seco em estufa a vácuo a 72°C, posteriormente resfriado em dessecador e pesado até atingir o peso constante. Foi preparada uma extração em branco com 10 mL de água e os solventes utilizados no método, corrigindo-se a massa obtida considerando o resíduo obtido de um branco dos reagentes utilizados. A Equação 1 foi empregada para calcular o teor de gordura em termos percentuais, considerando a massa de gordura resultante do teste e a massa de amostra utilizada no teste.

$$\text{teor de gordura} = \frac{m_{\text{gordura}}}{m_{\text{amostra}}} \times 100\% \quad (1)$$

Onde m_{gordura} representa a massa de gordura e m_{amostra} é a massa da amostra.

4.5.4 Overrun

O parâmetro "Overrun" representa o volume de ar presente em um sorvete em relação à sua calda. Para calcular esse valor, observou-se o aumento do volume do sorvete após a mistura para a incorporação de ar. A Equação 2 foi empregada, mantendo a relação de peso entre a calda e o sorvete e registrando a variação do volume na calda e no sorvete, conforme descrito por Arbuckle (2006).

$$\text{Overrun} = \frac{\text{Volume do sorvete} - \text{Volume da calda}}{\text{Volume da calda}} \times 100 \quad (2)$$

Esse parâmetro pode ser calculado de maneira coincidente ao utilizar um volume constante e observar a variação de peso. Isso acontece porque a incorporação de ar no sorvete altera a sua densidade aparente, permitindo fixar o valor do volume ou do peso, resultando em ambas as formas com a mesma relação do parâmetro, conforme experimentado por Whelan (2008), Soler e Veiga (2001).

4.5.5 Teste de derretimento

Este teste aborda a quantidade de matéria sólida sujeita a variações de temperatura. O processo de derretimento é influenciado por vários fatores, como interações lipídicas, cristalização e diâmetro dos glóbulos de gordura, além do tipo de emulsificante utilizado na formulação, sua quantidade e a homogeneidade da mistura (Correia *et al.*, 2008).

A realização do teste incluiu a coleta de uma porção da amostra (100 g), posicionada sobre uma tela com poros de 0,5 x 0,5 cm (marca Bertel®), colocada sob um béquer destinado a recolher a amostra à medida que o sorvete derretia. A massa derretida foi medida a cada intervalo de 10 minutos por meio de uma balança de precisão, continuando até que ocorresse o completo derretimento do sorvete.

4.5.6 Determinação de cor instrumental

A cor instrumental dos sorvetes foi determinada por meio de um colorímetro portátil (Konica Minolta Sensing® – CR-400). Os parâmetros colorimétricos, como luminosidade (L^*), cromaticidade nos eixos a^+ (vermelho) e a^- (verde), e cromaticidade nos eixos b^+ (amarelo) e b^- (azul), foram medidos utilizando o espaço de cores CIELAB. O croma (saturação de cor) foi calculado por meio da Equação 3, conforme o manual técnico do equipamento Konica (2013):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

As variáveis a^* e b^* indicam, respectivamente, a cromaticidade nos eixos vermelho/verde e amarelo/azul. O croma (saturação de cor), denotado por C^* , é calculado como a raiz quadrada da soma dos quadrados de a^* e b^* . No espaço

de cores $L^*a^*b^*$, a diferença de cor pode ser expressa com um único valor, o ΔE^* , o qual indica o tamanho da diferença de cor, mas não mostra de que forma as cores são diferentes. O ΔE^* é definido pela Equação 4, conforme o manual técnico do equipamento:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

As componentes dessa equação são ΔL^* para diferença de luminosidade, Δa^* para diferença de cromaticidade no eixo vermelho/verde, e Δb^* para diferença de cromaticidade no eixo amarelo/azul. Além disso, foi avaliada a diferença de tonalidade (H^*) entre duas amostras utilizando-se da Equação 5:

$$H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2} \quad (5)$$

Onde com ΔL^* representando a diferença de luminosidade, ΔE^* indicando a diferença de cor, e ΔC^* denotando a diferença de croma.

Essas métricas são utilizadas para compreender e quantificar as diferenças de cor e tonalidade no espaço de cores CIELAB. Adicionalmente, as diferenças em relação ao sorvete tradicional (F0), utilizadas como parâmetro comparativo. Valores de ΔL^* , a^* , e b^* foram medidos em triplicata, calculando-se a média para maior precisão.

O Ângulo Hue é uma medida gráfica de onde a cor é encontrada dentro de um espectro de 360° graus. Graficamente consideramos o ângulo de 0° como a cor vermelha, o ângulo de 90°, amarelo, o ângulo de 180°, verde, e o ângulo de 270°, azul. Esta medida é calculada seguindo-se a Equação (6):

$$Hue = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (6)$$

4.11 Análise estatística

Para conduzir as análises estatísticas, adotou-se o método de Análise de Variância (ANOVA) com um nível de confiança de 95%. Neste teste, os grupos foram definidos com base nas diferentes formulações de sorvetes, rotuladas de F0 a F5. As análises foram executadas utilizando o software Microsoft Excel®. O

teste de Pearson foi aplicado para verificar correlação entre dados de teor de gordura, pH e *Overrun*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cascas de laranja

Na Figura 3, são exibidas as cascas desidratadas, prontas para trituração (A), e a farinha resultante da trituração (B). O processo de trituração da casca de laranja transcorreu sem dificuldades e com um mínimo desperdício de material.

Figura 3 - Etapas de obtenção da farinha de casca de laranja.

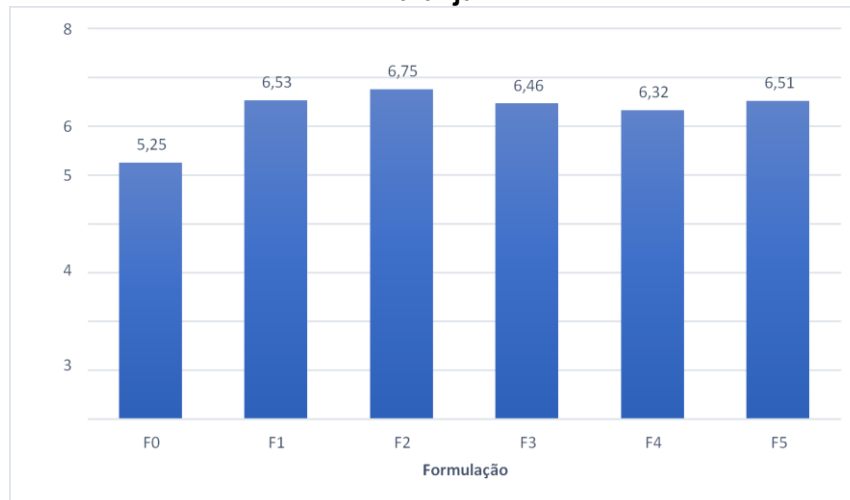


Fonte: Autoria própria (2023).

5.2 pH

Nas formulações que incorporaram a polpa de abacate (F1 e F2), houve um aumento no pH (Figura 4). Por outro lado, nas formulações F3 e F4, que incorporaram cascas de laranja, o pH diminuiu com o aumento da quantidade de cascas trituradas. Destaca-se também que, na formulação F5, que combina quantidades equivalentes de polpa de abacate e casca de laranja, o pH apresentou-se intermediário entre as formulações F1, F2, F3 e F4.

Figura 4 - Índice de pH de sorvete sabor baunilha com adição de abacate e farinha de casca de laranja.



F0: formulação controle; F1: formulação com 5% de polpa de abacate; F2: formulação com 10% de polpa de abacate; F3: formulação com 5% de farinha de casca de laranja; F4: formulação com 10% de farinha de casca de laranja; F5: formulação com 5% de farinha de casca de laranja e 5% de polpa de abacate.

Fonte: Autoria própria (2023).

Na legislação brasileira referente a sorvetes não são estabelecidos valores específicos para o pH (Brasil, 1995). A variação no pH das formulações apresentadas neste estudo pode ser atribuída à presença da polpa de abacate e da casca de laranja. É importante ressaltar que a composição única de cada fruta utilizada na elaboração pode influenciar as variações no pH de sorvetes de frutas, conforme observado por Correia *et al.* (2008).

A variação de pH encontrada nas diferentes formulações pode estar associada à redução da quantidade de gordura láctea no sorvete produzido ou à liberação de substâncias alcalinas pelos ingredientes adicionados como substitutos da gordura do leite, conforme observado por Surjawan e Abdillah (2018).

Contrariamente a alguns estudos, como o de Surjawan e Abdillah (2018), onde não foram observadas diferenças significativas no pH entre formulações com e sem polpa de abacate, os resultados encontrados neste trabalho indicam uma influência substancial da polpa de abacate nos níveis de pH. Isso destaca a importância de considerar as características específicas dos ingredientes utilizados em cada estudo, como evidenciado pelos dados obtidos nesta pesquisa. Essa variação nos resultados pode ser influenciada não apenas pela presença ou ausência de determinados ingredientes, mas também pelas particularidades desses ingredientes, como suas origens e composições específicas (Canuto *et al.*, 2010).

De acordo com o valor-p calculado pela análise de variância (Tabela 2), observou-se um aumento estatisticamente significativo nas médias do pH entre as diferentes formulações estudadas em comparação com a formulação F0 ($p < 0,05$). No entanto, ao analisar os resultados mais detalhadamente, percebeu-se que, apesar da significância estatística, a variação absoluta nos valores de pH foi relativamente pequena, o que pode indicar uma relevância prática limitada dessa diferença. Da mesma forma, não foi identificada diferença estatisticamente significativa para o ângulo *Hue* ($p > 0,05$), sugerindo consistência na tonalidade dos sorvetes. Esses resultados destacam a importância de considerar não apenas a significância estatística, mas também a magnitude das diferenças observadas.

Tabela 2 - Análise estatística para as amostras de pH.

Graus de Liberdade	Valor do teste-F	Valor crítico de F	Valor p
5	5031,32	3,47	1,72e-19

Fonte: Autoria própria (2023).

5.3 Teor de gordura

Na Tabela 3, evidenciam-se significativas reduções nos teores de gorduras totais para as formulações propostas, destacando-se que as formulações F4 e F5 atingiram valores inferiores a 1, representando uma redução superior a 85% em comparação com a formulação tradicional (F0).

As formulações que incorporaram creme de leite apresentaram teores de gordura superiores àquelas que utilizaram apenas casca de laranja ou polpa de abacate. Os dados detalhados dessas reduções estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teor de gordura das diversas formulações de sorvete.

Formulação	F0	F1	F2	F3	F4	F5
Gorduras Totais(g/100 g)	4,25	2,93	1,13	2,43	0,55	0,60

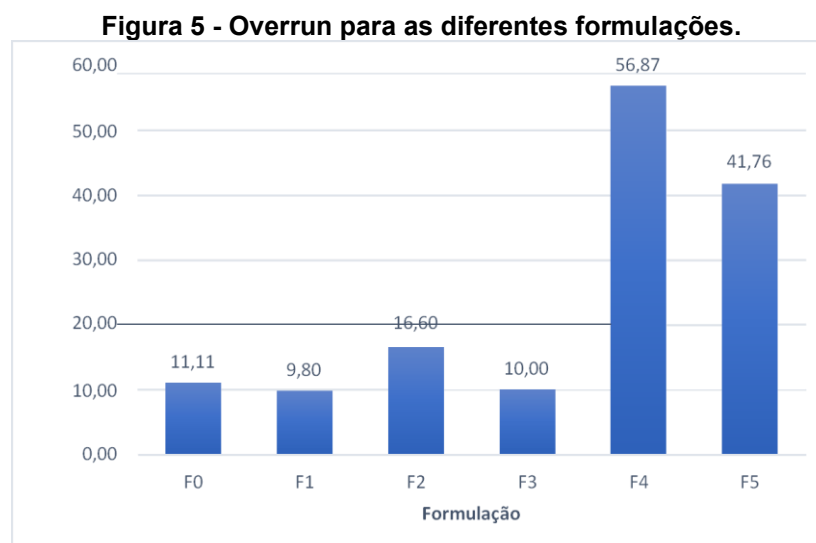
Fonte: Autoria própria (2023).

Resultados, como os obtidos por Barreiro *et al.* (2016), que investigaram a substituição de gordura utilizando cascas de abacaxi, confirmam essas conclusões ao observarem reduções nos teores de lipídios/gorduras em comparação com a formulação tradicional. Carlos *et al.* (2019) e Boff *et al.* (2013) também alcançaram resultados semelhantes, evidenciando reduções significativas nos teores de gordura ao substituir o creme de leite por ingredientes alternativos.

A adição de casca de laranja e polpa de abacate, ambos provenientes de fontes naturais, revelou-se como uma alternativa eficaz para reduzir o teor de gordura nas formulações de sorvetes desenvolvidas neste estudo. Destaca-se que a formulação F4, composta por 10% de casca de laranja, apresentou a maior redução no teor de gordura, alcançando um valor expressivo de 87%. Por outro lado, a formulação F5, que combina 5% de casca de laranja e 5% de polpa de abacate, obteve uma redução de gordura de 85%, resultado próximo ao alcançado pela formulação F4. Esses resultados indicam que, no contexto da redução de gordura, a casca de laranja se mostra como uma opção viável, tanto individualmente quanto em combinação com a polpa de abacate, esta última proporcionando uma redução máxima de 73% mesmo quando utilizada isoladamente.

5.4 Overrun

Na Figura 5, são apresentados os valores calculados de *Overrun* para as formulações estudadas. A análise desses valores revela que a inclusão de polpa de abacate (F1 para F2) resulta em um aumento na taxa de *Overrun* do sorvete. O mesmo padrão é observado com a adição de casca de laranja, sendo que o aumento de 5% (F3) para 10% (F4) resultou em um substancial aumento na quantidade de ar incorporada no sorvete. A formulação F5, que combina 5% de polpa de abacate e 5% de casca de laranja, apresentou um valor de *Overrun* de aproximadamente 40%. Destaca-se que a formulação F4 exibiu um *Overrun* superior a 50%, representando a formulação com a maior taxa de incorporação de ar no sorvete.



Fonte: Autoria própria (2023).

Inicialmente, a adição de substitutos da gordura láctea tende a causar uma redução na incorporação de ar no sorvete final, conforme discutido em Surjawan e Abdillah (2018) e Nabeshima *et al.* (2001). No entanto, ao substituir completamente a gordura láctea, neste estudo, observou-se que o *Overrun* apresentou valores superiores à formulação F0. De acordo com Chang e Hartel (2002), o tamanho das células de ar é influenciado por vários fatores, não apenas pela composição da formulação, mas também pelas condições de processamento.

Como o *Overrun* está relacionado à quantidade de ar presente na mistura, este parâmetro pode exercer uma influência direta na densidade aparente, que, de acordo com a regulamentação atual, possui um limite mínimo de 475 g por litro de sorvete, representando 110% de *Overrun*. Em termos simples, um litro de sorvete não pode pesar menos que esse valor estabelecido (Brasil, 2005; Barreiro *et al.*, 2016). A presença controlada de ar no sorvete confere-lhe uma textura mais suave, desempenhando um papel crucial nas propriedades de derretimento e na textura final do produto (Pereira *et al.*, 2011).

O valor de *Overrun* desempenha um papel crucial no aumento do rendimento, permitindo a redução de custos e maior rentabilidade comercial do sorvete. A consistência na incorporação de ar durante o processo de produção não apenas influencia positivamente a qualidade do produto, mas também tem um impacto significativo nos resultados financeiros da indústria (Rechsteiner, 2009). Essa interligação entre *Overrun*, densidade aparente e qualidade do sorvete destaca a importância de monitorar e ajustar cuidadosamente esses parâmetros ao longo da produção.

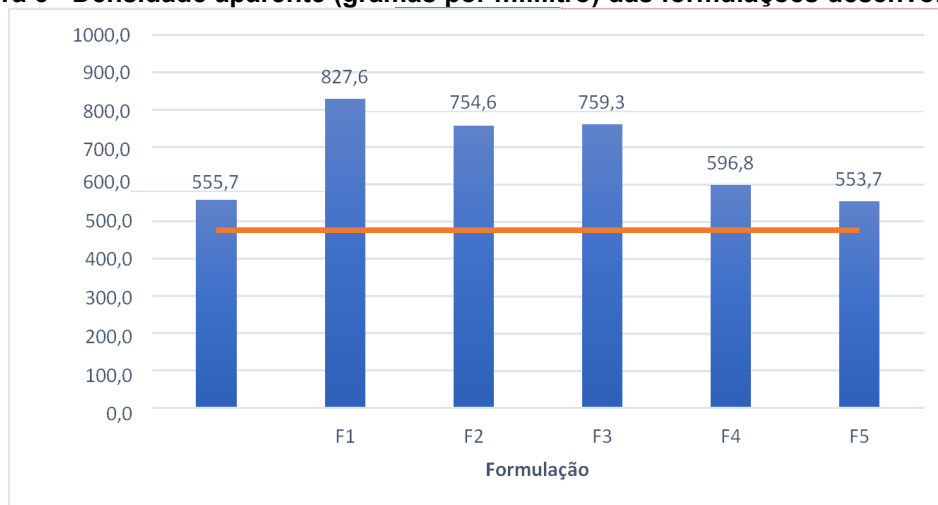
5.5 Densidade aparente

A densidade aparente do sorvete, que representa a relação entre sua massa e volume, varia de acordo com os componentes da formulação, cada um com densidades distintas. O cálculo da densidade aparente pode ser feito em conjunto com o *Overrun*, pois a incorporação de ar durante o processo afeta a densidade do sorvete.

Na Figura 6, são apresentados os valores de densidade aparente calculados para as formulações desenvolvidas. As formulações que incluem polpa de abacate (F1 e F2) apresentaram os maiores valores de densidade aparente, situando-se entre 750-830 g/L. A adição de casca de laranja (F3) resultou em um aumento da densidade

aparente em comparação com a formulação F0. No entanto, ao adicionar mais fibra de casca de laranja (10%) na formulação F4, que apresentou o maior valor de *Overrun* obtido, observa-se uma redução no valor da densidade aparente. Ambas as formulações que possuem uma composição de 5% de creme de leite fresco e 5% de polpa de abacate ou fibra de casca de laranja apresentaram um aumento no valor da densidade, mas ao substituir totalmente a gordura láctea, a formulação F5, composta por 5% de polpa de abacate e 5% de fibra de casca de laranja, obteve um valor de densidade aparente muito próximo à formulação F0, de aproximadamente 550 g/L.

Figura 6 - Densidade aparente (gramas por mililitro) das formulações desenvolvidas.



Legenda: A linha vermelha representa o limite mínimo estabelecido legislação (475 g/L) (Brasil, 2005).

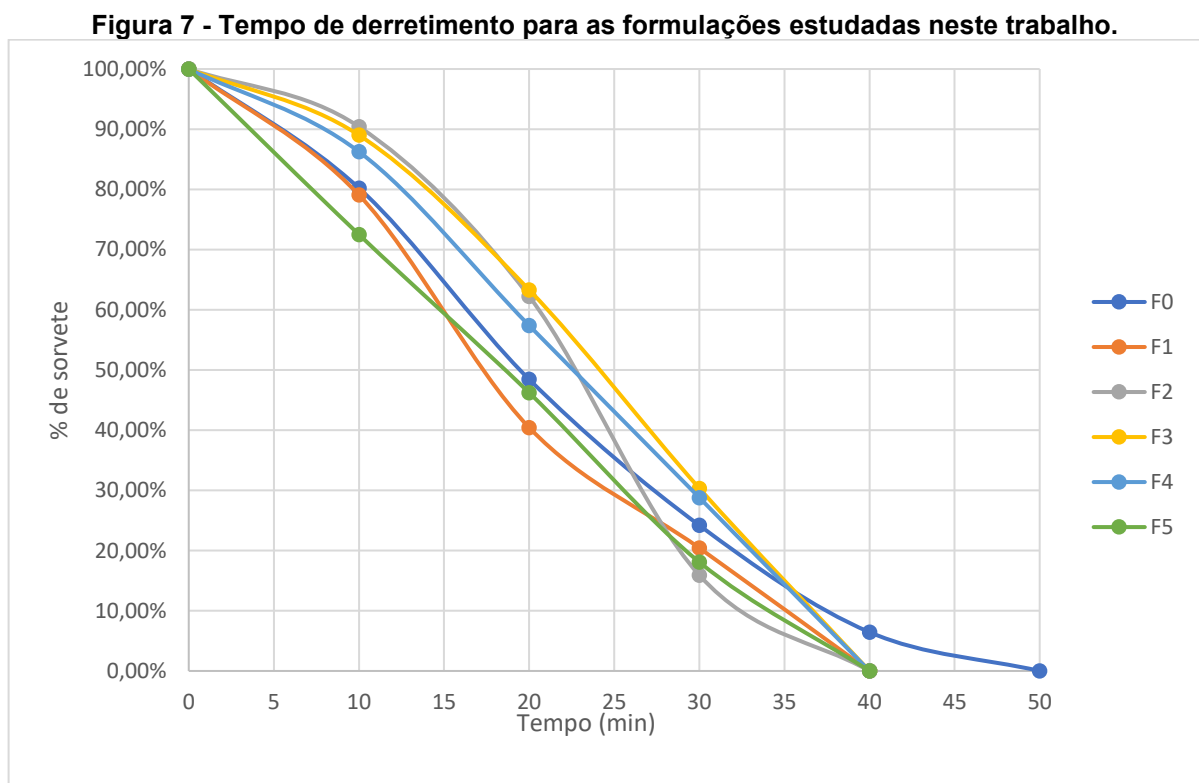
Fonte: Autoria própria (2023).

Importante destacar que densidades aparentes mais elevadas indicam uma maior quantidade de calda no momento da preparação do sorvete para o mesmo volume, o que pode resultar em custos de produção mais elevados. Níveis de densidade aparente próximos ao limite estabelecido pela legislação proporcionam maior rendimento e maciez ao sorvete. Contudo, conforme Sung e Goff (2010) destacam, essa proximidade ao limite pode comprometer a firmeza do sorvete. Essa relação entre densidade aparente, custos de produção e características sensoriais do sorvete é crucial para a otimização do processo de fabricação.

Os resultados da análise de densidade aparente, apresentados na Figura 7, indicam conformidade de todas as formulações com o limite estabelecido pela legislação (475 g/L, representado pela linha vermelha na figura), pois os valores situaram-se na faixa de 550 a 830 g/L. Essa faixa sugere que as formulações atendem aos requisitos regulamentares quanto à densidade aparente (Brasil, 2005).

5.6 Derretimento

Na Figura 7, são apresentadas as curvas de derretimento para as formulações que contêm polpa de abacate em sua composição (F1 e F2), juntamente com a formulação F0. O padrão coincide com a quantidade utilizada na formulação, manifestando uma fase inicial de derretimento mais lenta, seguida por uma fase de derretimento mais acelerada e, por fim, uma diminuição na velocidade. Ambas as formulações alcançaram o derretimento total em 40 minutos, enquanto a formulação F0 atingiu esse ponto em 50 minutos.



Fonte: Autoria própria (2023).

Quando se comparam as formulações com substituição da gordura láctea com a formulação F0, nota-se uma redução no derretimento do sorvete. Resultados semelhantes são observados no estudo de Nabeshima *et al.* (2001), onde a adição de substitutos para a gordura láctea no sorvete causou um aumento na taxa de derretimento.

O tempo de derretimento não foi uniforme entre todas as amostras, o que pode ser atribuído a diferentes fatores, como *Overrun*, quantidade e tipo de gordura, bem como a massa de sorvete utilizada. Essas variações podem ser influenciadas pela

composição específica de cada formulação, destacando a importância desses fatores na experiência sensorial do consumidor.

O rápido derretimento pode estar associado a sorvetes com alto teor de gordura e elevado *Overrun* (Belchior, 2009). Nas formulações F1 e F3, são observados valores mais elevados de gordura total, o que pode contribuir para a velocidade de derretimento mais rápida, sugerindo uma possível relação entre esses dois fatores.

O processo de derretimento está diretamente vinculado à estrutura da rede de gordura e ao tipo de gordura utilizado (Silva *et al.*, 2013). Carlos *et al.* (2019) afirmam que, à medida que aumenta a concentração de gordura no sorvete, a concentração de água diminui, resultando em maior resistência à fusão e facilitando o processo de derretimento. Pode-se verificar, de acordo com os valores da Tabela 5, que à medida que o teor de gordura vai sendo reduzido nas formulações com polpa de abacate, a taxa de derretimento também diminui. O mesmo é válido para as formulações que adicionam casca de laranja (F3 e F4). A formulação F5, que é uma mistura dos dois substitutos de gordura, apresenta a menor taxa média de derretimento do sorvete.

5.7 Colorimetria

O ensaio de colorimetria revelou variações sutis na tonalidade das amostras, com valores de diferença abaixo de 30 em praticamente todas as formulações. No entanto, em relação à diferença de cor, foram identificados valores mais expressivos, ultrapassando 30 pontos. As maiores discrepâncias foram observadas no eixo b^* , refletindo uma variação mais acentuada na cor amarela das amostras, ao contrário do eixo a^* , que apresentou uma menor variação na cor vermelha. Os resultados detalhados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de colorimetria para as diferentes formulações.

Formulação	F0	F1	F2	F3	F4	F5
L*	59,4	66,6	71,4	53,0	55,1	69,8
a*	0,6	4,2	3,7	4,1	5,9	6,0
b*	7,4	29,4	30,1	21,3	24,9	36,0
Croma	7,4	29,7	30,3	21,7	25,6	36,5
Ângulo Hue	83,8±3,7	81,8±0,7	83,0±0,2	79,2±0,7	75,9±3,0	80,6±0,3
Diferença de cor	-	23,6±2,8	26,1±7,8	16,5±2,8	26,4±4,1	31,2±7,0
Diferença de tonalidade	-	0,8±1,0	0,7±0,8	1,1±1,2	1,8±1,6	1,1±1,3

Fonte: Autoria própria (2023).

Com base nos dados, é possível caracterizar a coloração como "creme", conforme avaliada pela plataforma digital de conversão de cores Color Converter. Durante a análise das amostras, foram observadas variações insignificantes na diferença de cor, conforme evidenciado pelo teste de ANOVA de fator único realizado nos parâmetros de ângulo Hue e diferença de cor. Isso sugere um padrão consistente na coloração do sorvete sabor baunilha. Os resultados estatísticos, incluindo graus de liberdade, teste F, F-crítico e valor-p, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores estatísticos retirados da análise de variância para as amostras de diferença de tonalidade.

Parâmetro	Graus de Liberdade	Valor do teste-F	Valor crítico de F	Valor p	Parâmetro	Graus de Liberdade
Ângulo Hue	2	0,04	3,68	0,95	Ângulo Hue	2
Diferença de cor	2	2,07	3,88	0,16	Diferença de cor	2

Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com o valor-p obtido na análise de variância, não se verificou uma mudança significativa na coloração entre as diversas formulações estudadas ($p > 0,05$). Da mesma forma, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas para o ângulo Hue ($p > 0,05$). Um ângulo inferior a 90° indica uma coloração amarela com leves tons de verde, fornecendo suporte à afirmação de uma coloração creme nas amostras. De acordo com a análise estatística anteriormente apresentada na Tabela 5, não há diferenças significativas na mudança de coloração.

5.8 Testes de correlação de dados

O *Overrun* desempenha um papel crucial na formulação de novas receitas de sorvete, estando também associado ao teor de gordura presente na composição. Realizou-se testes de correlação de Pearson para examinar a relação entre o *Overrun* e o teor de gordura nas formulações, especialmente aquelas que incluem casca de laranja triturada e polpa de abacate. Os resultados desses testes estão detalhados na Tabela 6.

O teor de gordura desempenha um papel essencial na conferência de cremosidade ao sorvete, enquanto o *Overrun* está vinculado à quantidade de ar incorporada durante o processo de produção. Ambos os fatores exercem influência significativa na textura final do sorvete. Neste estudo, observamos uma correlação

negativa entre o *Overrun* e o teor de gordura em todas as formulações analisadas, tanto aquelas que contêm polpa de abacate quanto casca de laranja. Este resultado sugere que, à medida que o *Overrun* aumenta nas formulações, o teor de gordura tende a diminuir. Os testes apresentaram valor-p maior que 0,05 indicando que existe correlação entre os dados.

Tabela 6 - Teste de correlação entre *Overrun* e teor de gordura.

	Coefficiente de correlação	Valor-p
Polpa de abacate	-0.80	0,40
Casca de laranja triturada	-0,86	0,34

Fonte: Autoria própria (2023).

Na Tabela 7, são apresentados os valores de coeficiente de correlação e valor-p para *Overrun* e tempo de derretimento das formulações estudadas. Novamente, verifica-se uma correlação negativa, indicando que quando maior o valor do parâmetro *Overrun*, menor é o tempo de derretimento dos sorvetes. Este resultado é observado tanto para a polpa de abacate quanto para a casca de laranja triturada. Quando maior foi a taxa de substituição da gordura láctea, observou-se uma redução no tempo de derretimento dos sorvetes formulados neste estudo. Os valores-p indicam que existe correlação entre os dados ($p > 0,05$).

Tabela 7 - Teste de correlação entre *Overrun* e tempo de derretimento.

	Coefficiente de correlação	Valor-p
Polpa de abacate	-0.68	0,52
Casca de laranja triturada	-0,81	0,39

Fonte: Autoria própria (2023).

Na Tabela 8, são apresentados os valores de teste de correlação e valores-p para os dados coletados de *Overrun* e os testes de pH realizados. Os testes indicam uma correlação positiva entre os dados, indicando que o pH das formulações de sorvete tendem a aumentar junto ao *Overrun*. Este resultado é válido tanto para a polpa de abacate quanto para a casca de laranja triturada. Os valores-p indicam que existe correlação entre os dados ($p > 0,05$).

Tabela 8 - Teste de correlação entre *Overrun* e pH.

	Coefficiente de correlação	Valor-p
Polpa de abacate	0,43	0,71
Casca de laranja triturada	0,38	0,74

Fonte: Autoria própria (2023).

Na Tabela 9, são apresentados dados de correlação entre teor de gordura e densidade aparente para as formulações utilizando polpa de abacate, e fibra de casca de laranja. Verifica-se que ambos os testes de indicam uma correlação negativa entre os dados. Isto indica que ao substituir a gordura do leite, por polpa ou fibra de casca de laranja, houve uma redução da densidade aparente da formulação. Para um maior percentual de polpa / fibra como substituto da gordura láctea, observa-se uma redução da densidade aparente do sorvete. Os valores-p indicam que existe correlação entre os dados ($p > 0,05$).

Tabela 9 - Teste de correlação entre teor de gordura e densidade aparente.

	Coefficiente de correlação	Valor-p
Polpa de abacate	-0,64	0,55
Casca de laranja triturada	-0,18	0,88

Fonte: Autoria própria (2023).

Testes de correlação foram realizados entre os dados de teor de gordura e o valor do ângulo *Hue* calculado para as formulações estudadas neste trabalho, com intuito de verificar relação entre gordura e cor do sorvete. Os testes indicam, nos dois casos, que existe uma correlação positiva entre os dados. Isto representa que na medida que são adicionados substitutos da gordura láctea nas formulações de sorvete, reduz-se o teor de gordura, e reduz-se o valor do ângulo *Hue* encontrado para as formulações. Entretanto, como observado anteriormente, o valor do ângulo continua entre 75-84°, e o sorvete continua com coloração característica amarela.

Tabela 10 - Teste de correlação entre teor de gordura e ângulo *Hue*.

	Coefficiente de correlação	Valor-p
Polpa de abacate	0,31	0,79
Casca de laranja triturada	0,99	0,06

Fonte: Autoria própria (2023).

Na literatura, as formulações de sorvete são diferentes com as aqui propostas neste estudo, tendo em comum apenas a substituição da gordura láctea por polpa de abacate e casca de laranja triturada. Portanto, a efeito de comparação, os resultados encontrados diferem do que é discutido para formulações de sorvete estudadas neste trabalho no que diz respeito a *Overrun*, teor de gordura, pH e taxa de derretimento (Comas; Boff *et al.*, 2013; Surjawan; Abdillah, 2018).

6 CONCLUSÃO

As formulações com substitutos de gordura láctea (F1 a F5) apresentaram reduções significativas nos teores de gordura, com destaque para as formulações F4 e F5, que atingiram reduções superiores a 85% em relação à formulação tradicional (F0). A incorporação de casca de laranja triturada e polpa de abacate mostrou-se eficaz na redução do teor de gordura, com a formulação F4, composta por 10% de casca de laranja, destacando-se com a maior redução (87%).

As análises colorimétricas indicaram pequenas variações na tonalidade, mas diferenças mais expressivas na cromaticidade, especialmente no eixo b^* , refletindo variação na cor amarela das amostras. No entanto, a análise estatística não evidenciou mudanças significativas na coloração entre as diferentes formulações ($p > 0,05$). A análise do ângulo *Hue* mostrou que o sorvete tem coloração característica amarela, apresentando valores entre 75 e 84°.

A respeito da taxa de derretimento, observou-se uma relação entre o teor de gordura e a taxa de derretimento, sendo que formulações com substitutos de gordura apresentaram tempos de derretimento menores a formulação tradicional (F0).

As formulações com polpa de abacate apresentaram as maiores densidades aparentes, enquanto a adição de casca de laranja influenciou de maneira significativa na densidade. Todos os resultados de densidade aparente estiveram em conformidade com a legislação estabelecida (475 g/L).

A combinação de casca de laranja triturada e polpa de abacate apresentou resultados promissores, sugerindo uma estratégia viável para o desenvolvimento de sorvetes mais saudáveis. Apesar das variações observadas, a análise estatística não evidenciou mudanças significativas na coloração entre as formulações.

Estes resultados fornecem subsídios para o desenvolvimento de sorvetes mais saudáveis e inovadores, alinhados às demandas do mercado e às preocupações nutricionais dos consumidores. Futuras pesquisas podem explorar outras combinações de ingredientes visando otimizar ainda mais as propriedades dos sorvetes desenvolvidos neste estudo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE SORVETES (ABIS). **Perspectivas do Mercado de Sorvetes em 2020**. ABIS, 1 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.abis.com.br/perspectivas-mercado-sorveterias-2020/>>. Acesso em: 2jun. 2022
- AKALIN, A. S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 3, p. 889–895, 11 dez. 2008.
- AKBARI, M.; ESKANDARI, M. H.; DAVOUDI, Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 34–40, 1 abr. 2019.
- ALVES DA SILVA, J. G. **Acompanhamento do processo produtivo na IBIS sorvetes**. 2019. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 21 mar. 2019.
- ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream**. 6 ed. Publishing Company. New York, p. 483, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the Association Official Analytical Chemists**. v. 2, (method 963.15). 16 ed. Arlington: A.O.A.C., chapter 31, 1995. p. 10.
- BARREIRO, N.; CHAVES, M. A.; GARCIA, C. C. Sorvete com adição de farinha de casca de abacaxi como substituto de gordura. II Mostra Científica de Alimentos, **Anais...** Medianeira, PR, 2016. Disponível em: <http://eventos.md.utfpr.edu.br/mca/anteriores/Anais_II_Mostra_Cientifica_de_Alimentos.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.
- BELCHIOR, N. C. **Sorvete**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.
- BEKIROGLU, H. et al. Determination of rheological, melting and sensorial properties and volatile compounds of vegan ice cream produced with fresh and dried walnut milk. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 28, p. 100521, 1 jun. 2022.
- BOFF, C.c. et al. Desenvolvimento de sorvete de baunilha utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1892–1897, out. 2013.
- BORTOLUZZI, R. C.; MARANGONI, C. Caracterização da fibra dietética obtida da extração do suco de laranja **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 1, p. 61-66, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019**. Diário Oficial Da União, Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC Nº 267** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Agronegócio do Leite, Acidez Titulável**. Brasília, 1995.

BRASIL., Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. **Portaria N º 379, de 26 de abril de 1999**. Brasília, DF, 1999.

CARLOS, S. A. V. et al. Elaboração de sorvete de cupuaçu utilizando fibra de casca de maracujá como substituto de gordura. **Evidência**, v.19, n. 1, p. 23-44, 2019.

CANUTO, G. A. P. et al. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CHANG, Y.; HARTEL, R. W. Development of air cells in a batch ice cream freezer. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 1, p. 71-78, 2002.

CLARKE, C. **The science of ice cream**. 1. ed. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry, 2004.

CORREIA, R. T. P. et al. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: Composição química e propriedades de derretimento. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 251-256, 2008.

COSTA, I. et al. "More than a diet": A qualitative investigation of young vegan Women's relationship to food. **Appetite**, v. 143, p. 104418, 1 dez. 2019.

DANTAS, C. M. G. et al. Fibra de Casca de Laranja como Substituto de Gordura em Pão de Forma. **International Journal of Nutrology**, v. 11, n. S 01, p. Trab409, set. 2018.

FANIN, F. C.; SARACCHI, P. A. **Tecnologia de gelados comestíveis**. 2 ed. São Paulo: SENAI-SP, 2006.

GENKOR. Métodos e critérios para substituição de fontes lácteas em gelados comestíveis. **Food Ingredients Brasil**, v. 1, n. 10, p. 32–36, 2009.

GOFF, H. D. Colloidal aspects of ice cream—A review. **International Dairy Journal**, v. 7, n. 6–7, p. 363–373, 1 jun. 1997.

GOFF, H. D. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 7, n. 5–6, p. 432–437, 1 nov. 2002.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice Cream**. 7. ed. Boston, MA: Springer US, 2013.

GOMES, T.R. et al. **Controle estatístico do processo e engenharia de métodos**: uma aplicação conjunta na produção de picolés. IFLOG, 2018.

JORGE, T. S. **Avaliação reológica do óleo de abacate (*Persea americana* mill) e estudo da estabilidade sob condições de aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2014.

KONICA (Minolta). **O padrão em medição de cor: Medindo várias cores com um colorímetro**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material-4---prof--jorge.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

LYE, H. S. et al. **Avocado**. Valorization of Fruit Processing By-products, p. 67–93, 1 jan. 2020.

MAHDIAN, E.; KARAZHIAN, R. Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 15, n. 6, p. 1163–1174, 2013.

MARÍN, N. et al. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**, v.100, n.2, p. 736-741, 2007.

MOREIRA, L. N. **Técnica dietética**. Rio de Janeiro: SESES, 2016. 240 p.

MOSQUIM, M. C. A. **Fabricando sorvetes com qualidade**. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 1999. 120 p

NABESHIMA, E. H. et al. Propriedades físicas do sorvete de baunilha elaborado com substitutos de gordura e sacarose. **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 169-182, 2001.

NEVES, M. F. et al. O retrato da citricultura brasileira. **CITRUSBR**, 26 jan. 2010.

NOGUEIRA-ALMEIDA, C.A. et al. Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (*Persea americana*): uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, e2017214, 2018.

OLIVEIRA, B. DE M.; MELO FILHO, J. M.; AFONSO, J. C. A densidade e a evolução do densímetro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1–10, mar. 2013.

PEREIRA, C. **Propriedades funcionais de sorvete de morango diet com adição da enzima lactase e transglutaminase otimizada através da metodologia de superfície de resposta.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

PEREIRA FERRAZ, J. **Perfil sensorial descritivo e direcionadores de preferência de sorvete de creme com fruto - oligossacarídeo e diferentes edulcorantes.** 2013. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 27 fev. 2013.

PEREIRA, G. G. et al. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soyextract on ice cream structure and quality. **European Food Research and Technology**, v. 232, n. 6, p. 1093-1102, 2011

RECHSTEINER M.S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata-doce e mandioca e aplicação como substitutos de gordura em sorvetes.** 2009. 167f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, dezembro 2009.

SANTANA, M. DE F. S.; GASPARETTO, C. A. Microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja: um estudo por técnicas físicas e análise de imagens. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 124–134, 2009.

SANTOS, G.G. Sorvete: processamento, tecnologia e substitutos da sacarose. **Ensaio e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Anhanguera, v. 13, n. 2, p. 95-109, 2009.

SILVA, A. C. et al. Influência do tipo de leite nos parâmetros de textura e estabilidade de sorvete. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, p. 26-35, 2013.

SILVA FARESin, L. et al. Development of ice cream with reduction of sugar and fat by the addition of inulin, Spirulina platensis or phycocyanin. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 27, p. 100445, 2022.

SOLER, M. P.; VEIGA, P. G. **Série Publicações Técnicas do Centro de Informação em Alimentos: sorvetes.** Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2001.

SOUZA, J. C. B. Ice cream: composition, processing and addition of probiotic. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 155-165, jan./mar. 2010.

STOLL, L.; FLÔRES, S. H.; SILVEIRA THYS, R. C. Fibra de casca de laranja como substituto de gordura em pão de forma. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 567–573, 1 jan.2015.

SUNG, K.K.; GOFF, H.D. Effect of solid fat content on structure in ice creams containing palm kernel oil and higholeic sunflower oil. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. C274 C279, 2010.

SURJAWAN, I.; ABDILLAH, E. The potential of avocado paste (*Persea americana*) as fat substitute in non-dairy ice cream. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 102, p. 12006, 2018.

VARNAM, A.vH.; SUTHERLAND, J. P. **Leche y productos lácteos: tecnología, química e microbiología**. Zaragoza: Acribia, 1994. 476 p.

VELÁSQUEZ-COCK, J. et al. Influence of cellulose nanofibrils on the structural elements of ice cream. **Food Hydrocolloids**, v. 87, 2019.

WHELAN, A. P et al. Physicochemical and sensory optimization of a low glycemic index ice cream formulation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 9, p.1520-1527, 2008.

ZHAO, Y. et al. Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese. **Food Hydrocolloids**, v. 138, 2023.