

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Quesia da Silva Almeida

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA INULINA NO DESENVOLVIMENTO DE SORVETE  
SIMBIÓTICO COM KEFIR**

BURI – SP

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Quesia da Silva Almeida

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA INULINA NO DESENVOLVIMENTO DE SORVETE  
SIMBIÓTICO COM KEFIR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de bacharel em engenharia de alimentos na universidade Federal de São Carlos.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Thais Jordânia Silva

BURI – SP

2025

Almeida., Quesia da Silva

Avaliação do efeito da inulina no desenvolvimento de sorvete simbiótico com kefir / Quesia da Silva Almeida. -- 2025.  
35f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri  
Orientador (a): Thais Jordânia Silva  
Banca Examinadora: Edison Tutomu Kato Junior, Mayara de Souza Queirós  
Bibliografia

1. Desenvolvimento de produto . I. Almeida., Quesia da Silva. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

## FOLHA DE APROVAÇÃO


### AVALIAÇÃO DO EFEITO DA INULINA NO DESENVOLVIMENTO DE SORVETE SIMBIÓTICO COM KEFIR

Quesia da Silva Almeida

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia de alimentos pela Universidade Federal de São Carlos.

Aprovado em 15/12/2025


#### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **THAIS JORDANIA SILVA**  
Data: 15/12/2025 16:37:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profª. Dra. Thais Jordânia Silva


Universidade Federal de São Carlos - Campus Lagoa do Sino

Documento assinado digitalmente  
 **EDISON TUTOMU KATO JUNIOR**  
Data: 15/12/2025 16:47:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Edison Tutomu Kato Junior

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – Campus Lagoa do Sino

Documento assinado digitalmente  
 **MAYARA DE SOUZA QUEIROS**  
Data: 15/12/2025 19:12:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profª. Dra. Mayara de Souza Queiros

FATEC- Campus Capão Bonito

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, minha fonte inesgotável de força e paz. A Ele, que iluminou meus caminhos, acalmou meu coração nas incertezas e me sustentou quando as dificuldades pareciam grandes demais. Sem Sua presença constante, eu não teria chegado até aqui.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio diário e por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que duvidei de minhas próprias capacidades. Cada palavra de incentivo fez diferença.

Aos meus amigos, que estiveram presentes nos momentos de aflição e também nas pequenas vitórias do dia a dia. Obrigada por compartilharem risos, conversas, desabafos e por me lembrarem que eu não estava sozinha. Vocês tornaram o caminho mais leve.

À minha orientadora, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência, dedicação e pelas valiosas contribuições que tornaram este trabalho possível. Sua orientação foi essencial para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, deixo minha gratidão mais sincera.

## RESUMO

ALMEIDA, Quesia da Silva. **Avaliação do efeito da inulina no desenvolvimento de sorvete simbiótico com kefir**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.

O Brasil vem se destacando cada vez mais na produção de sorvetes. Entretanto, o perfil do consumidor tem mudado e os critérios de escolha dos alimentos passaram a considerar, sobretudo, os benefícios que eles podem oferecer à saúde. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sorvete simbiótico adicionado de inulina e kefir de leite, a fim de reduzir o teor de gordura. Foram avaliadas concentrações de 3 a 10% de inulina como substituta do creme de leite. Os sorvetes foram avaliados com relação ao pH, teor de sólidos solúveis, umidade, *overrun*, propriedades mecânicas, reológicas, e sensorial. A substituição parcial de creme de leite por inulina impactou no sensorial do sorvete, especialmente em formulações com alta concentração de inulina. A formulação controle (sem inulina) foi a mais rígida, com menor adesividade, maior estabilidade térmica e menor *overrun* (9,29%). A gordura foi crucial para estabilidade e textura no sorvete, mas a inulina compensou parcialmente sua redução, melhorando a viscosidade e cremosidade. A substituição parcial de creme de leite por inulina afetou de forma distinta as formulações, sendo que F1 (3%) manteve a qualidade sensorial próxima ao controle, enquanto maiores níveis de inulina (5-10%), como em F2, F3 e F4, intensificaram problemas de textura e aparência do produto. O sorvete com adição de inulina e kefir demonstrou potencial para ser produzido possibilitando a criação de produtos com apelo mais saudável.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Quesia da Silva. **Evaluation of the effect of inulin on the development of symbiotic ice cream with kefir.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Lagoa do Sino, Buri, 2025.

Brazil has been increasingly standing out in ice cream production. However, the consumer profile has changed, and food choice criteria have begun to consider, above all, the health benefits that products can offer. This study aimed to develop a symbiotic ice cream supplemented with inulin and milk kefir in order to reduce fat content. Inulin concentrations ranging from 3 to 10% were evaluated as substitutes for cream. The ice creams were assessed for pH, soluble solids content, moisture, overrun, mechanical, rheological, and sensory properties. The partial replacement of cream with inulin affected the sensory characteristics of the ice cream, especially in formulations with high inulin concentrations. The control formulation (without inulin) was the most rigid, with lower adhesiveness, greater thermal stability, and lower overrun (9.29%). Fat was crucial for stability and texture in ice cream, but inulin partially compensated for its reduction by improving viscosity and creaminess. The partial substitution of cream with inulin affected the formulations differently: F1 (3%) maintained sensory quality close to the control, while higher inulin levels (5–10%), as in F2, F3, and F4, intensified texture and appearance problems in the product. Ice cream supplemented with inulin and kefir demonstrated potential for production, enabling the development of products with a healthier appeal.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
<b>2.1. Objetivo geral</b> .....	11
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
<b>3.1. Sorvete</b> .....	11
<b>3.2. Fibras</b> .....	12
<b>3.3. Inulina como prebiótico</b> .....	14
3.3.1. <i>Inulina</i> .....	14
<b>3.4. Probiótico</b> .....	15
3.4.1. <i>Kefir de leite</i> .....	16
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	17
<b>4.1. Materiais</b> .....	17
<b>4.2. Processamento de sorvete</b> .....	17
<b>4.3. Análises físico-químicas</b> .....	18
4.3.1. <i>pH, teor de sólidos solúveis, umidade e cinzas</i> .....	18
4.3.2. <i>Overrun</i> .....	18
4.3.3. <i>Comportamento de derretimento</i> .....	19
4.3.4. <i>Análise de cor</i> .....	19
<b>4.4. Análise reológica: curva de escoamento</b> .....	19
<b>4.5. Perfil de textura</b> .....	20
<b>4.6. Análise sensorial - perfil <i>flash</i></b> .....	20
<b>4.7. Análise estatística</b> .....	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
<b>5.1. pH, teor de sólidos solúveis, umidade e <i>overrun</i></b> .....	21
<b>5.2. Análise de cor</b> .....	22
<b>5.3. Comportamento de derretimento</b> .....	23
<b>5.4. Curva de escoamento</b> .....	25
<b>5.5. Perfil de textura</b> .....	26
<b>5.6. Análise sensorial</b> .....	27
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	30

**7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....31**

## 1. INTRODUÇÃO

O sorvete consiste em gelados comestíveis, sendo uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes, além de água e açúcares submetidos ao congelamento (Brasil, 2005). O Brasil se destaca no cenário produtivo e de consumo desse produto. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Sorvetes (ABIS), em 2020, o consumo per capita desse produto foi de aproximadamente 5 litros/ano, criando cerca de 300.000 empregos diretos ou indiretos e gerando um faturamento anual acima de 13 bilhões de reais (ABIS, 2021).

Paralelo ao crescente e expressivo consumo de sorvetes, cada vez é maior o desejo do consumidor em ter acesso a alimentos mais saudáveis. A conscientização dos consumidores sobre a importância de escolhas saudáveis tem sido um impulsionador significativo para a mudança nas indústrias. Em um mercado consumidor preocupado com a saúde, bem-estar e sustentabilidade, o desenvolvimento de produtos que oferecem benefícios nutricionais superiores tornaram-se uma prioridade para muitas indústrias (Faresin, 2019).

Alimentos ou ingredientes funcionais são aqueles que além de cumprir suas funções nutricionais básicas, oferecem benefícios à saúde. Devido à facilidade de acesso em diferentes localidades geográficas do país, o sorvete se torna um potencial veículo de incorporação de ingredientes funcionais, promovendo um enriquecimento nutricional do produto e acarretando benefícios à saúde de seus consumidores. A adição de ingredientes funcionais ao sorvete pode ser além de um atrativo para o consumidor, um método eficaz de elevação dos aspectos nutricionais positivos do produto (Faresin, 2019).

A inulina é um prebiótico com características nutricionais positivas ao ser humano. Extraída principalmente das raízes da chicória, na sua forma natural é um polissacarídeo da frutose (D'Angelis, 2020). A inulina é considerada uma fibra alimentar e funcional, podendo ser utilizada como um substituto de açúcar, gordura, modificador de textura, além de agregar benefícios relacionados principalmente à saúde gástrica (Shoib et al., 2016).

Já o kefir de leite é um produto fermentado obtido a partir da fermentação do leite pelos grãos de kefir. Este produto é considerado um probiótico, por ter em sua composição culturas vivas de microorganismos benéficos à saúde de quem o consome, especialmente no funcionamento da microbiota intestinal. O kefir é uma adição valiosa para uma dieta saudável e equilibrada (Santana et al., 2021). Além disso, as baixas temperaturas aplicadas na conservação do sorvete possibilitam que os probióticos permaneçam estáveis por um longo tempo (Bernardes, 2018).

A combinação de um prebiótico, como a inulina, com um probiótico, como o kefir, em uma mesma matriz alimentícia resulta em um produto simbiótico, capaz de potencializar os efeitos benéficos de ambos. O desenvolvimento de alimentos simbióticos é essencial para ampliar o acesso da população a componentes que favorecem a saúde intestinal e geral, considerando que prebióticos e probióticos desempenham papéis fundamentais na manutenção do equilíbrio da microbiota e na promoção do bem-estar (Muresan et al., 2023).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Desenvolver um sorvete simbiótico formulado com inulina e kefir de leite e avaliar a influência desses ingredientes nas suas propriedades físico-químicas e sensoriais.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar uma revisão sobre utilização de inulina e outras matérias primas como fonte de substituição de gordura em sorvetes.
- Avaliar quais os maiores impactos gerados pelas matérias primas potencialmente substitutas da gordura.
- Desenvolver formulações de sorvetes variando a porcentagem de inulina e kefir de leite.
- Avaliar a influência da inulina e do kefir nas propriedades físico químicas, tecnológicas e sensorial do sorvete.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Sorvete**

Conforme descrito na resolução RDC n° 266, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os gelados comestíveis são denominados como “os produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcares. Podendo ser adicionados de outros ingredientes desde que não descaracterizem o produto” (Brasil,2005). O gelado comestível é uma matriz alimentícia complexa, formada a partir da junção de glóbulos de gordura, bolhas de ar e cristais de gelo, que juntos ficam dispersos em uma solução de proteína, açúcares, sais e polissacarídeos. Essa mistura quando submetida a diversas operações unitárias sofre as transformações físicas, mecânicas e sensoriais necessárias para que haja a formação do sorvete (Farezin, 2019).

A formulação de um sorvete pode ser variada, a depender dos ingredientes e suas respectivas proporções utilizadas. Comumente, a base da mistura é composta pela gordura, os sólidos não gordurosos do leite, açúcares, emulsificantes, estabilizantes, corantes e água, podendo ser adicionado de outros ingredientes. Pesquisas têm sido conduzidas para explorar a substituição ou redução de gorduras saturadas e açúcares em sorvetes, de modo a atender às demandas crescentes por produtos mais saudáveis (Comas, 2011).

Os sorvetes, por serem produtos amplamente consumidos e apreciados, tornaram-se objeto de diversos estudos voltados ao desenvolvimento de formulações mais saudáveis. A gordura exerce papel crucial nesse tipo de alimento, contribuindo para a textura, o sabor, o corpo e a estabilidade da emulsão. No entanto, o consumo excessivo de gordura saturada está relacionado a um maior risco de doenças cardiovasculares e metabólicas, o que tem motivado a busca por alternativas que permitam sua substituição parcial ou total sem comprometer a qualidade sensorial e tecnológica do produto (Almeida et al., 2021).

### **3.2. Fibras**

As fibras são produtos constituídos por materiais encontrados na parede celular das plantas. Estas estão incluídas na categoria de carboidratos e podem ser classificadas em solúveis e insolúveis. As fibras alimentares solúveis são fermentadas pelas bactérias presentes no cólon e as insolúveis são as que dificilmente conseguem ser fermentadas nesta região do trato gastrointestinal (Saad, 2006).

As fibras quando consumidas por meio da alimentação podem alterar alguns processos do nosso organismo, como a velocidade do trânsito intestinal, bem como a velocidade de absorção de alguns compostos como a glicose no intestino, reduzindo os níveis de colesterol e permitindo uma maior saciedade (Comas, 2011). Alguns componentes presentes nas fibras, são capazes de incentivar o desenvolvimento de bactérias, principalmente *bifidobacterium* e *lactobacillus*. Desta forma, estes compostos vegetais são intitulados como prebióticos (Oliveira, 2022).

Diversas pesquisas relatam o uso de ingredientes substitutos de gordura em sorvetes, entre eles fibras alimentares, hidrocolóides e proteínas modificadas. Esses compostos são capazes de simular as propriedades reológicas e sensoriais da gordura, promovendo sensação de cremosidade e corpo no produto final, além de contribuir para a redução do valor calórico. O desafio consiste em equilibrar a formulação de forma que o produto mantenha estabilidade, boa textura e sabor agradável, características que são diretamente influenciadas pelo teor de

gordura presente (Goff; Hertel, 2013).

Entre as fibras mais estudadas para essa finalidade, destacam-se a inulina, fibra de aveia, goma guar, pectina e  $\beta$ -glucanas (Shoaib *et al.*, 2016). A fibra de aveia é uma das alternativas mais promissoras para substituição de gordura, pois contém elevados teores de  $\beta$ -glucanas, polissacarídeos solúveis capazes de formar uma matriz coloidal que retém água e melhora a textura e a estabilidade térmica dos sorvetes. Segundo Akbari, Eskandari e Davoudi (2019), a adição de fibra de aveia em sorvetes com baixo teor de gordura aumentou significativamente a viscosidade e a percepção de cremosidade, aproximando-se sensorialmente das formulações convencionais com gordura. Esse efeito ocorre pela capacidade da fibra de formar géis estáveis que imitam o comportamento físico da fase lipídica, promovendo corpo e maciez ao produto final.

Resultados semelhantes foram relatados por Dervisoglu e Yazici (2006), que verificaram que a substituição parcial de gordura por  $\beta$ -glucanas provenientes da aveia produziu sorvetes com propriedades reológicas semelhantes às amostras controle, além de reduzir a dureza e melhorar a resistência ao derretimento. Além dos benefícios tecnológicos, a fibra de aveia também apresenta ação prebiótica, estimulando o crescimento de microrganismos benéficos no trato intestinal, o que aumenta o valor funcional e nutricional do produto.

Outro ingrediente frequentemente utilizado na substituição de gordura é a goma guar, um polissacarídeo obtido das sementes de *Cyamopsis tetragonoloba*. A goma guar é amplamente aplicada na indústria de alimentos como espessante e estabilizante, contribuindo para o aumento da viscosidade, a incorporação de ar (*overrun*) e a redução da formação de cristais de gelo. Entretanto, o uso excessivo de goma guar pode conferir textura excessivamente elástica e prejudicar a liberação de aroma, que está diretamente ligado ao sabor (Dantas *et al.*, 2020).

A pectina, no Brasil é obtida principalmente de frutas cítricas, também tem sido utilizada em formulações com redução de gordura. De acordo com Comas e Boff (2011), a pectina atua como substituto estrutural, conferindo corpo e estabilidade à emulsão. Em concentrações controladas, ela é capaz de melhorar o comportamento de derretimento e proporcionar sensação de cremosidade. Por outro lado, em níveis elevados pode aumentar a coesão excessiva da matriz, tornando o produto mais viscoso do que o desejável.

A pectina apresenta uma eficiência distinta e em muitos casos superior em formulações de sorvete com redução de gordura. Zhang *et al.* (2018) demonstraram que pectina extraída

de resíduos da indústria cítrica, adicionada em concentrações próximas a 0,7% (m/m), permitiu uma redução de até 45% da gordura sem comprometer o sabor, aparência, textura ou aceitação sensorial. O estudo também mostrou aumento significativo da viscosidade, melhora na incorporação de ar, e redução expressiva na taxa de derretimento, características que favorecem maior estabilidade da microestrutura ar-gelo-fase contínua.

### **3.3. Inulina como prebiótico**

Os prebióticos são fibras que são utilizadas pelos microrganismos que colonizam e tem ação positiva no contexto gastrointestinal. Sua principal função é limitar a fixação ou colonização de bactérias que apresentam riscos à saúde do intestino, garantindo à microbiota muitos benefícios (Oliveira, 2022). Segundo Oliveira et al. (2022), diversas pessoas sofrem com problemas relacionados ao mal funcionamento do intestino e são obrigados a buscar auxílio por meio da suplementação de fibras e alguns microrganismos benéficos, a fim de equilibrar e restaurar a microbiota intestinal. Entretanto, por meio de uma dieta rica em prebióticos e probióticos é possível realizar uma manutenção gradativa na saúde intestinal.

A inulina é considerada um prebiótico, classificada como frutano e oligossacarídeo, comumente presente em diversos vegetais, entretanto, mais encontrado e extraído das raízes da chicória. É uma fibra solúvel e fermentescível, pois é fermentada no intestino grosso por meio da microbiota intestinal. Entretanto, não é digerida pela  $\alpha$ -amilase e outras enzimas hidrolíticas no trato gastrintestinal superior (Comas, 2011).

A inulina pode ser encontrada como uma cadeia linear ou extremamente ramificada; isto é definido a partir de onde a mesma é extraída. Os polímeros que possuem muitas ramificações são mais solúveis e, na presença de água, são capazes de formar gel, gerando alterações na textura do produto a qual é aplicado, garantindo uma sensação similar à da gordura na boca. Já as moléculas com cadeias menores podem acentuar o sabor, especialmente a doçura (Farezin, 2019).

Comercialmente, a inulina extraída é encontrada na forma de um pó claro fino, com sabor neutro e possui um poder adoçante que representa 10% do dulçor da sacarose. Este ingrediente é conhecido por contribuir para a saúde de quem o consome, tendo em vista a sua característica prebiótica (Shoab, 2016). Existem inúmeros benefícios nutricionais associados à ingestão de inulina, pois esta possui valor calórico reduzido, que é devido à sua baixa digestibilidade, exerce efeito sob o metabolismo de lipídios e atua como fibra dietética, sendo

fermentada na região do cólon pelas bactérias presentes. Posto isto, a inulina tem grande importância na classe de ingredientes que podem enriquecer produtos alimentícios que sejam benéficos à saúde (Farezin, 2019).

A inulina tem sido amplamente estudada como substituta parcial de gordura em sorvetes devido à sua capacidade de formar uma rede gelificada que imita algumas propriedades sensoriais dos lipídios. Quando hidratada, a inulina de cadeia longa forma microcristais capazes de conferir cremosidade, corpo e viscosidade ao produto, contribuindo para uma textura mais suave mesmo com redução do teor de gordura. Além disso, sua ação como fibra prebiótica agrega valor nutricional ao sorvete, tornando-o mais interessante para consumidores que buscam alimentos funcionais (Franck, 2006).

Na indústria de produtos lácteos, a inulina tem sido explorada como modificadora de textura e substituta de gordura. Em iogurtes com teor reduzido de gordura, sua adição contribui para aumento da viscosidade, maior cremosidade e manutenção de uma consistência aceitável ao consumidor, sem comprometer as propriedades sensoriais (Fратиanni *et al.*, 2014). Além disso, estudos relatam que a inulina pode promover o crescimento de bactérias lácticas, reforçando seu potencial prebiótico (Hassanein; Abdel-Hamid, 2018).

Na panificação, a inulina tem sido aplicada em pães, bolos, biscoitos e muffins com o objetivo de reduzir gordura ou modificar a textura. Em pães formulados com 6–10% de inulina, observou-se redução significativa do teor de gordura e até diminuição do índice glicêmico, indicando benefícios nutricionais relevantes (Ribeiro *et al.*, 2012). Entretanto, concentrações elevadas podem prejudicar a formação da rede de glúten, gerando menor retenção de gases, menor volume e textura menos macia, um fenômeno conhecido como diluição do glúten (Narciso *et al.*, 2011).

A inulina também tem sido utilizada em emulsões alimentares, como margarinas e molhos, onde atua como substituto de gordura por meio da formação de uma rede gelificada capaz de mimetizar a textura cremosa característica desses produtos. Estudos indicam que a substituição parcial de gordura por inulina pode preservar a aceitabilidade sensorial, reduzindo substancialmente o valor calórico (Arena *et al.*, 2022).

### **3.4. Kefir como probiótico**

Segundo Raizel *et al.* (2011) define-se probiótico como microrganismos vivos que ao serem administrados de maneira adequada proporcionam benefícios à saúde do hospedeiro. Muitos estudos atestam que estes benefícios estão relacionados à preservação da

integridade intestinal, redução ou inibição da colonização gástrica, que estão associadas à problemas como gastrite e úlceras, e auxilia na digestão da lactose em algumas pessoas que têm dificuldade em digerir lactose.

Os gelados comestíveis podem ser grandes aliados para os probióticos visto que, normalmente, são ricos em proteínas e gorduras provenientes do leite, que proporcionam boas condições ao desenvolvimento de microrganismos. Além disso, as baixas temperaturas aplicadas na conservação do sorvete possibilitam que os probióticos permaneçam estáveis por um longo tempo (Bernardes, 2018).

A Instrução Normativa nº 46 de 2007 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) define kefir como o produto resultante da fermentação que o leite sofre por meio dos grãos de kefir. Os grãos de kefir podem ser compostos por leveduras fermentadoras de lactose e por leveduras que não fazem a fermentação da lactose (BRASIL, 2007). Os microrganismos que compõem o kefir são potencialmente probióticos, proporcionando benefícios à saúde (Mendonça, 2020).

Segundo Mendonça (2020), os grãos de kefir são irregulares, com coloração branca ou amarelada possuindo textura firme, contendo uma microbiota variada relacionada a proteínas e polissacarídeos. De acordo com Vieira *et al.* (2015), os grãos podem ser recuperados por intermédio de uma separação, gerando um crescimento considerável de sua biomassa (Bernardes, 2018).

Sensorialmente, o produto gerado pelos grãos de kefir é homogêneo, possui certa cremosidade e tem sabor acidificado (Brasil, 2007). O kefir é frequentemente utilizado na produção de produtos lácteos fermentados. É possível dizer que, ao introduzir o kefir na formulação de um sorvete, tem-se como resultado um produto com certa acidez, maior resistência ao derretimento, e quando combinados na proporção correta com outros ingredientes, pode resultar em um sorvete que se assemelha em muitos pontos ao convencional (Januário, 2018).

O kefir de leite tem sido amplamente estudado como ingrediente funcional na formulação de produtos alimentícios, em virtude da elevada diversidade microbiana presente em seus grãos e da formação de compostos bioativos decorrentes do processo fermentativo. Estudos recentes indicam que tanto o kefir de leite quanto o kefir de água apresentam potencial tecnológico para aplicação em diferentes matrizes alimentares, incluindo bebidas fermentadas probióticas, derivados lácteos e o aproveitamento de subprodutos da indústria do leite, como o soro, contribuindo para o desenvolvimento de alimentos com maior valor funcional (Fiorda

et al., 2019; Korucu; Guven, 2021).

Nesse contexto, a incorporação do kefir em produtos alimentícios, sejam eles de escala industrial ou elaborados de forma artesanal, tem sido associada a diversos efeitos benéficos à saúde do consumidor. Entre esses efeitos, destacam-se as atividades antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória, bem como a capacidade de modulação da microbiota intestinal, características que reforçam o potencial do kefir como ingrediente promissor no desenvolvimento de alimentos funcionais e simbióticos, agregando valor nutricional e tecnológico aos produtos finais (Rosa *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2021).

Segundo Oliveira *et al.* (2022), a combinação de um composto prebiótico e um probiótico gera um simbiótico. Existem grandes benefícios relacionados à manutenção da saúde de quem consome um alimento simbiótico, pois é capaz de influenciar na redução à incidência de algumas doenças, podendo gerar uma melhora na imunidade do indivíduo. Um simbiótico tem um efeito benéfico sobre o hospedeiro, melhorando a sobrevivência e implantação de microrganismos vivos no trato gastrointestinal.

Com base nos inúmeros benefícios que prebióticos e probióticos combinados podem fornecer, as indústrias e muitos pesquisadores têm se empenhado em desenvolver formulações de alimentos que contenham esses microrganismos vivos e ingredientes funcionais como as fibras dietéticas, a fim de se obter um produto simbiótico (Raizel, 2011).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Materiais**

Os ingredientes utilizados para o processamento do sorvete (leite desnatado UHT, leite em pó desnatado, creme de leite com 17% de gordura, chocolate em pó, glicose de milho, estabilizante, emulsificante, aroma de chocolate e açúcar) foram adquiridos no mercado local. O kefir foi obtido por meio de doação. O projeto foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de alimentos, no Campus Lagoa do Sino, da Universidade Federal de São Carlos.

### **4.2. Processamento do sorvete**

Foram desenvolvidas cinco formulações de sorvete, variando a proporção de inulina e creme de leite. As proporções de inulina e creme de leite utilizados foram 0:10, 3:7, 5:5, 7:3 e 10:0 (m:m), conforme detalhado na Tabela 1. O processo de elaboração do sorvete foi realizado segundo Perreira (2010), com algumas modificações. Inicialmente a água foi aquecida a 60 °C a fim de facilitar a dissolução do leite em pó. Em seguida a mistura foi

transferida para um liquidificador, onde o creme de leite, sacarose, glicose de milho, chocolate em pó, estabilizante e a inulina foram adicionados sob constante agitação até completa homogeneização. Uma vez homogênea, a calda foi pasteurizada a 72 °C por 15 minutos em banho maria e posteriormente resfriada até 25 °C. O kefir e o emulsificante foram adicionados a calda e misturado com o auxílio de um mixer. A mistura seguiu para a etapa de maturação em BOD por 24 h. Por fim, a mistura foi adicionada do aromatizante, homogeneizada e resfriada em uma sorveteira até atingir a consistência ideal. O sorvete foi acondicionado em embalagem plástica e armazenado em uma câmara de congelamento a -18 °C, onde permaneceu por 48 horas para finalizar a etapa de endurecimento.

Tabela 1 - Composição das formulações de sorvete de chocolate com inulina e kefir

<b>Ingredientes</b>	<b>Controle (%)</b>	<b>F1 (%)</b>	<b>F2 (%)</b>	<b>F3 (%)</b>	<b>F4 (%)</b>
Creme de leite	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
Inulina	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
Kefir	6	6	6	6	6
Sacarose	9	9	9	9	9
Leite em pó desnatado	6	6	6	6	6
Glicose de milho	4	4	4	4	4
Chocolate em pó	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Estabilizante	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Emulsificante	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aroma de chocolate	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Água	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1

Fonte: Autoria própria, 2024.

### 4.3. Análises físico-químicas

#### 4.3.1. pH, teor de sólidos solúveis e umidade

As formulações foram avaliadas quanto ao pH em pHmetro de bancada (Ial, 2008). Para a determinação do teor de sólidos solúveis da calda de sorvete, foi utilizado um refratômetro digital Atago, e o resultado foi expresso em °Brix. O teor de umidade (método 930.15) foi realizado de acordo com os métodos propostos pela AOAC (2000). Todas análises foram realizadas em triplicata.

#### 4.3.2. Overrun

O *overrun* é uma medida importante para avaliar o aumento de volume pela incorporação de ar durante o processamento, influenciando diretamente características como

textura, cremosidade e densidade do produto final. Foram coletados 50 mL de sorvete em béquer, e este foi pesado para a determinação do *overrun* das formulações (Equação 1). Nesta equação, a massa da calda corresponde ao peso (g) de um volume específico da mistura base de sorvete antes do processo de aeração, enquanto a massa do sorvete é o peso (g) do mesmo volume após o congelamento e a incorporação de ar.

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{(\text{massa da calda} - \text{massa do sorvete})}{\text{massa do sorvete}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

#### 4.3.3. Comportamento de derretimento

O comportamento de derretimento foi determinado de acordo com a metodologia de Giarola *et al.* (2019). Foram pesados 100 g de sorvete e transferidos para um freezer a -10 °C por 12 horas. As amostras foram removidas das embalagens e colocadas em uma peneira de aço (abertura de 0,3 cm × 0,3 cm) acoplada ao topo de um funil, anexado a um béquer. Os testes foram realizados em temperatura controlada (20 °C), e o peso do material que passou através da peneira foi anotado a cada 5 minutos durante o derretimento. O peso do material derretido (g) foi plotado em função do tempo de fusão, representando a massa derretida em função do tempo antes e depois dos ciclos de temperatura.

#### 4.3.4. Análise de cor

Os parâmetros colorimétricos L\* (luminosidade), a\* (coordenada do eixo vermelho-verde) e b\* (coordenada do eixo azul-amarelo) foram medidos em um colorímetro (Konica Minolta, Japão) com sistema de leitura CIELAB para cada amostra. Quatro leituras foram realizadas para cada tratamento.

### 4.4. Análise reológica: curva de escoamento

Para a determinação da tensão de cisalhamento e da taxa de deformação utilizando um reômetro de tensão controlada Physica MCR101 (Anton Paar, Alemanha) sob cisalhamento em estado estacionário, a 25 °C, acoplado à geometria de placas paralelas (PP50). As curvas de escoamento foram determinadas em três rampas contínuas (crescente, decrescente, crescente), com taxa de deformação variando de 0,001 a 300 s<sup>-1</sup>, utilizando 2 min em cada curva. Os modelos foram ajustados de acordo com os modelos de Herschel-Bulkley e a Lei da Potência para determinação do perfil de escoamento dos fluidos e obtenção da viscosidade aparente a 100 s<sup>-1</sup> (Oliveira, 2005).

#### 4.5. Perfil de textura

Os sorvetes foram acondicionados em potes ( $18 \times 12 \times 6$ ) e transferidas para um freezer a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  por no mínimo 24 horas. A análise de firmeza (força de compressão máxima, N) foi realizada em um texturômetro, utilizando uma probe com 0,3 cm de espessura (extremidade sem corte)  $\times$  7 cm de comprimento  $\times$  10 cm de altura. As condições de análise foram: distância de penetração de 60 mm; velocidade da probe antes e durante a penetração de  $2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; e velocidade da probe após a penetração de  $10\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (Aime et al., 2001). A análise foi conduzida em 5 pontos diferentes do sorvete e posteriormente realizado a média.

#### 4.6. Análise sensorial - perfil *flash*

A análise sensorial foi realizada após 14 dias de fabricação, garantindo a estabilização completa da amostra. Antes das análises, os provadores assinaram um Termo de consentimento Livre e Esclarecido (CAAE: 76230323.2.0000.5504), indicando sua concordância em participar do teste conforme o protocolo do Comitê de Ética em Pesquisa.

As amostras foram randomizadas com algarismos de três dígitos e balanceadas, sendo oferecidas juntamente com um copo de água. Foram selecionados 11 provadores semi-treinados com experiência na descrição sensorial de produtos alimentícios, mas sem necessidade de formação específica na descrição de sorvetes. O perfil *flash* consistiu em duas sessões. Na primeira sessão, os provadores receberam as amostras de sorvete simultaneamente e foram convidados a gerar atributos que permitissem detectar similaridades e diferenças entre as amostras. Todos os atributos gerados foram reunidos pelo experimentador, que redigiu as fichas e elaborou uma lista com as definições específicas de atributos para cada provador. Na segunda sessão, as amostras foram rerepresentadas simultaneamente, e os provadores orientados a ordená-las em ordem crescente de intensidade para cada um dos atributos definidos anteriormente (Delarue e Sieffermann, 2004).

#### 4.7. Análise estatística

Foi utilizada uma Análise de Variância (ANOVA), seguida pela comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância, por meio do software Sisvar, com o objetivo de avaliar o efeito da inulina e do kefir nas características físico-químicas, reológicas, textura e sensoriais do sorvete.

Para análise sensorial os dados foram coletados em planilhas do Microsoft Excel. A Análise de Procrustes Generalizada foi aplicada aos dados do perfil *Flash* para avaliar o

consenso entre os mapas sensoriais dos avaliadores, utilizando o *software past*. Com relação à descrição dos produtos, foram utilizados gráficos de componentes principais (PCA) dos atributos no círculo de correlações para descrever as diferenças entre os produtos, quando existentes.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. pH, teor de sólidos solúveis, umidade e overrun

Os dados apresentados na Tabela 2, permitem uma análise detalhada das amostras de sorvete (C, F1, F2, F3 e F4) considerando variáveis importantes como *overrun*, sólidos solúveis totais (TSS), pH, cinzas e umidade.

Tabela 2 - Resultado das análises dos sorvetes desenvolvidos

	pH	TSS (°Brix)	<i>Overrun</i> (%)	Umidade (%)
C	5,91±0,042 <sup>b</sup>	27,90±0,36d	9,29±4,28c	73,8±0,05a
F1	6,02±0,092 <sup>b</sup>	28,10±0,55d	23,35±5,85ab	71,4±0,20b
F2	6,31±0,057 <sup>a</sup>	30,53±0,11c	29,55±4,60a	69,2±0,43b
F3	6,46±0,021 <sup>a</sup>	31,96±0,20b	28,33±3,37a	67,6±0,11c
F4	6,48±0,028 <sup>a</sup>	32,93±0,15a	25,61±7,86ab	66,0±0,15d

média±desvio padrão. C: controle. F1: 3% de inulina e 7% de creme de leite. F2: 5% de inulina e 5% de creme de leite. F3: 7% de inulina e 3% de creme de leite. F4: 10% de inulina e 0% de creme de leite. TSS: sólidos solúveis totais.\*Letras diferentes diferem significativamente entre as amostras ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey ( $n = 3$ ).

O ar incorporado ao sorvete proporciona uma textura leve e influencia as propriedades físicas de derretimento e dureza (Sofjan e Hartel, 2004). A amostra controle (C), apresentou o menor *overrun* (9,29%), indicando baixa incorporação de ar, o que pode resultar em um sorvete mais denso e pesado. Esse baixo *overrun* em relação a sorvetes comerciais (> 50%) pode ser justificado pela sorveteira utilizada que não permitia a incorporação de ar adequada em todas as amostras. As demais formulação apresentaram *overrun* significativamente ( $p > 0,05$ ) iguais.

Em relação ao TSS, a amostra controle apresentou o menor valor com 27,90 °Brix. Os sólidos solúveis em sorvetes estão associados principalmente aos açúcares, que não apenas conferem doçura, mas também influenciam propriedades físicas, como o ponto de congelamento e textura. A quantidade adequada de sólidos ajuda a controlar o tamanho dos cristais de gelo, contribuindo para uma textura mais suave (Nunes, 2019). À medida que se

aumentou o teor de inulina nos sorvetes, o TSS aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ), chegando a 32,93 °Brix em F4. Portanto, sugere-se que as amostras com maior teor de inulina apresentem maior doçura com um perfil de sabor mais marcante, o que era esperado uma vez que a inulina tem um potencial adoçante.

O pH da amostra C e F1 foi o mais baixo indicando maior acidez em relação às demais. O pH também pode influenciar a estabilidade de proteínas lácteas e emulsificantes no sistema. Em sorvetes, um equilíbrio no pH é crucial para evitar a coagulação de proteínas, que poderia prejudicar a textura e a estabilidade da emulsão (Hartel et al., 2013).

O aumento do pH observado nas formulações com redução do teor de gordura e adição crescente de inulina pode ser explicado por diferentes fatores fisicoquímicos relacionados à composição da matriz do sorvete. A gordura do leite contribui indiretamente para a acidificação do sistema, uma vez que o creme de leite apresenta frações de ácidos graxos livres e fosfolipídios que participam do equilíbrio ácido-base da emulsão (GOFF; HARTEL, 2013). Assim, sua redução resulta em menor contribuição de componentes com caráter levemente ácido, favorecendo o aumento do pH. Paralelamente, a inulina é uma fibra solúvel de natureza neutra ou levemente alcalina, que não libera íons  $H^+$  na matriz e pode exercer efeito tamponante ao interagir com a fase aquosa e com proteínas do leite, reduzindo a dissociação de grupos ácidos (SHOAIB et al., 2016; FRANCK, 2006). Além disso, a substituição de gordura por inulina promove aumento da fração de sólidos solúveis não ionizáveis, diluindo a concentração relativa de ácidos orgânicos presentes no sistema, o que contribui para valores mais elevados de pH (ALMEIDA et al., 2021).

O teor de umidade mais alto (73,73%) pode levar à formação de cristais de gelo e comprometer a cremosidade do produto e estabilidade do sorvete durante o descongelamento (Goff & Hartel, 2013). Essa maior umidade foi observada na amostra C. A medida que aumentou o teor de inulina, a umidade tendeu a reduzir (67,56% em F3 e 65,96% em F4), o que resulta em uma melhor qualidade de textura, reduzindo a formação de cristais de gelo e conferindo maior cremosidade.

## 5.2. Análise de cor

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos da análise de cor das diferentes formulações avaliadas, comparando-as com a amostra controle. Esses parâmetros são fundamentais para avaliar as características de coloração do produto.

Tabela 3. Resultado da análise de cor dos sorvetes

6.

	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h*</b>
<b>Controle</b>	37,74±3,55 <sup>c</sup>	13,37±0,37 <sup>a</sup>	12,77±1,75 <sup>bc</sup>	18,52±1,37 <sup>b</sup>	43,50±3,5 <sup>bd</sup>
<b>F1</b>	33,92±2,11 <sup>c</sup>	13,93±0,47 <sup>a</sup>	11,88±1,35 <sup>b</sup>	18,28±1,23 <sup>b</sup>	40,20±2,27 <sup>d</sup>
<b>F2</b>	43,92±1,29 <sup>b</sup>	10,88±6,30 <sup>a</sup>	15,73±0,51 <sup>ab</sup>	21,02±0,48 <sup>a</sup>	48,49±1,86 <sup>bc</sup>
<b>F3</b>	45,60±0,8 <sup>ab</sup>	11,50±0,29 <sup>a</sup>	15,49±1,63 <sup>a</sup>	19,45±1,18 <sup>ab</sup>	53,27±2,85 <sup>ab</sup>
<b>F4</b>	48,82±3,04 <sup>a</sup>	10,60±0,65 <sup>a</sup>	15,21±1,36 <sup>a</sup>	18,56±1,05 <sup>b</sup>	55,03±3,38 <sup>a</sup>

média± desvio padrão. C: controle. F1: 3% de inulina e 7% de creme de leite. F2: 5% de inulina e 5% de creme de leite. F3: 7% de inulina e 3% de creme de leite. F4: 10% de inulina e 0% de creme de leite. L\*: luminosidade. a\*: eixo vermelho-verde. b\*: eixo: amarelo-azul. c\*: croma. h\*: ângulo de tonalidade.

Fonte: Autoria própria, 2024

Os resultados da análise de cor indicam que as formulações apresentaram um aumento na luminosidade (L\*), à medida que aumenta-se a concentração de inulina, o que sugere que as amostras ficaram mais claras. F3 e F4 se destacam como as amostras de sorvete mais claras. Portantom ainda que o teor de chocolate nas amostras fossem o mesmo, a presença da inulina influenciou em sua coloração.

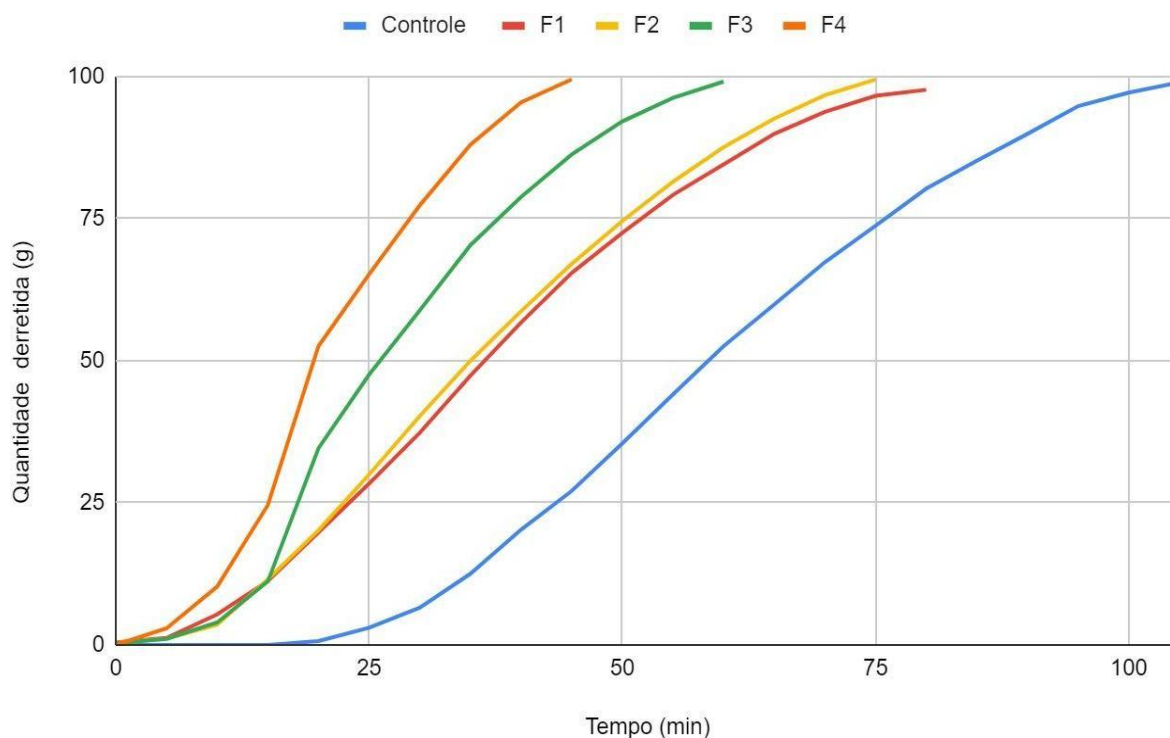
O parâmetro a\* foi significativamente igual ( $p < 0,05$ ) para todas amostras. É possível notar que o valor de b\* indicou uma tonalidade mais amarelada nas formulações de 12,77 (C) para 15,21 (F4), o que pode ser resultado da adição de ingredientes que conferem esse tom, como por exemplo o leite em pó e kefir. Entretanto, não notou-se grande efeito da inulina sobre esse parâmetro.

O croma (C\*) mostrou um aumento na saturação de cor, com F2 apresentando o maior valor, o que reflete uma cor mais intensa. Já o parâmetro h\* indicou uma mudança na tonalidade, com aumento de 43,50 no controle para 55,03 em F4, sugerindo uma alteração na cor, possivelmente para uma tonalidade mais amarelada ou esverdeada.

### 5.3 Comportamento de derretimento

O comportamento térmico de derretimento das diferentes formulações foi determinado em temperatura controlada de 20 °C, afim de avaliar o efeito da inulina (Figura 1). As variações nos ingredientes, especialmente na quantidade de creme de leite e inulina, influenciam diretamente a estabilidade térmica das formulações, refletindo-se em curvas de derretimento diferentes.

Figura 1 - Comportamento de derretimento dos sorvetes



C: controle. F1: 3% de inulina e 7% de creme de leite. F2: 5% de inulina e 5% de creme de leite. F3: 7% de inulina e 3% de creme de leite. F4: 10% de inulina e 0% de creme de leite.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Ao relacionar mudanças nas concentrações de gordura e inulina entre as amostras, observa-se que a formulação controle apresentou um derretimento mais lento e gradual ao longo do tempo. A presença de maior quantidade de creme de leite contribuiu para uma estrutura mais estável, retardando o derretimento devido à maior retenção de gordura. Isso ocorre porque a gordura é um componente estrutural em sorvetes, formando uma matriz coesa que retém ar e água congelada de forma eficaz. A presença de maior teor de gordura na formulação controle promove uma emulsão estável, o que retarda o processo de derretimento.

Em contrapartida, as formulações F1, F2, F3 e F4, que contêm menor gordura derretem mais rapidamente. A adição de kefir e inulina pode influenciar a textura e a estrutura do produto, mas não compensa totalmente a redução da gordura. Assim, o gráfico demonstra que as formulações F1, F2, F3 e F4 possuem menor estabilidade térmica, derretendo mais rapidamente do que a formulação controle, possivelmente devido à menor concentração de gordura, resultando em uma estrutura menos resistente à temperatura. A adição de inulina e kefir visa compensar parcialmente a redução de gordura, contribuindo para a textura e funcionalidade do produto. A inulina, um polissacarídeo com propriedades de formação de gel, é conhecida por melhorar a cremosidade e atuar como substituto de gordura em alimentos.

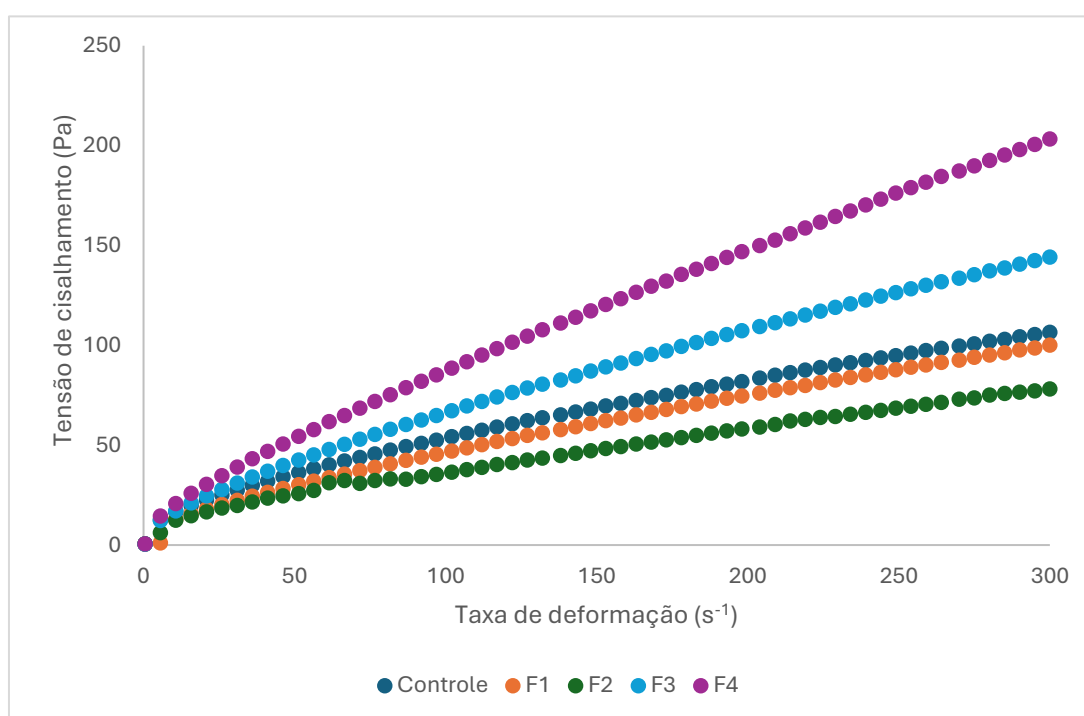
Contudo, em concentrações limitadas, ela não apresenta o mesmo comportamento estabilizante da gordura (Santos et al., 2025).

O estudo do índice de derretimento demonstra a importância da gordura na formulação de sorvetes, sendo um componente crucial para a estabilidade térmica e qualidade sensorial. Entretanto, nota-se que à medida em que aumentou o teor de inulina nas formulações o tempo de derretimento diminuiu. Acredita-se que se forem utilizadas maiores concentrações de inulina (>10%), poderia-se atingir comportamento similar à formulação controle.

#### 5.4 Curva de escoamento

Na Figura 2 observa-se as tensões de cisalhamento em função da taxa de deformação para as diferentes formulações. De maneira geral, pode-se observar a influência do teor de gordura e inulina na formação de uma calda com maior tensão de cisalhamento no escoamento.

Figura 2: Curvas de escoamento ajustadas ao Modelo de Lei da Potência



Fonte: Autoria própria, 2024.

Na Tabela 4, podemos observar os ajustes do Modelo de Lei da Potência aos dados da curva de escoamento, que apresentou coeficientes de correlação elevados ( $R^2 \geq 0,994$ ) em todas as formulações, assim como baixos valores de raiz do erro quadrático médio ( $RMSE \leq$

1,571). Por meio do ajuste, é possível caracterizar o comportamento do fluido como pseudoplástico ( $n < 1$ ) para todos os tratamentos, indicando uma diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de deformação. Esse comportamento é atribuído ao alinhamento das cadeias moleculares na suspensão, que passam de um estado desordenado em repouso para uma organização gradual sob a aplicação de tensão, resultando na redução da viscosidade do meio (Steffe, 1996).

Tabela 4: Dados de ajuste da Lei da Potência e viscosidade aparente das caldas de sorvete de acordo com cada formulação

	K (Pa·s <sup>n</sup> )	n (-)	p	RMSE	R2	$\eta_{100s^{-1}}$ (mPa·s)
<b>Controle</b>	3,28±0,03	0,61±0,02	<,0001	0,872	0,999	53,61±4,23
<b>F1</b>	2,02±0,07	0,68±0,00	<,0001	1,035	0,999	46,07±0,95
<b>F2</b>	1,96±0,04	0,64±0,01	<,0001	1,571	0,994	35,77±2,32
<b>F3</b>	2,76±0,10	0,69±0,00	<,0001	0,912	0,999	65,90±4,47
<b>F4</b>	2,75±0,35	0,75±0,01	<,0001	1,513	0,999	86,69±9,03

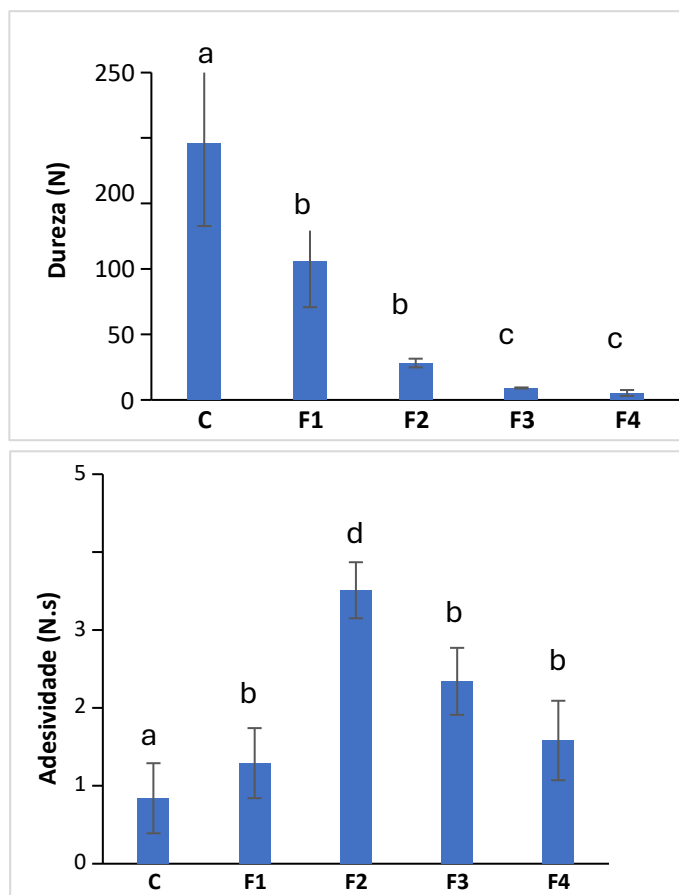
C: controle. F1: 3% de inulina e 7% de creme de leite. F2: 5% de inulina e 5% de creme de leite. F3: 7% de inulina e 3% de creme de leite. F4: 10% de inulina e 0% de creme de leite.

Fonte: Autoria própria, 2024.

### 5.5 Perfil de textura

A partir das Figuras 3A e 3B é possível avaliar duas características texturais do sorvete, a dureza e adesividade. Avaliando a dureza, observa-se que a formulação controle (C) apresenta a maior resistência à deformação, indicando ser o sorvete mais rígido. Os tratamentos F1 e F2 exibem durezas intermediárias, significativamente menores que o controle, enquanto os tratamentos F3 e F4 apresentam durezas extremamente baixas, o que indica uma textura macia. Portanto, à medida que houve redução do teor de gordura do sorvete, sua dureza também reduziu. Esse dado corrobora com o *overrun* observado nessas amostras, sendo o sorvete mais duro, consequentemente o com menor *overrun*.

Figura 3 – Dureza (A) e adesividade (B) dos sorvete



C: controle. F1: 3% de inulina e 7% de creme de leite. F2: 5% de inulina e 5% de creme de leite. F3: 7% de inulina e 3% de creme de leite. F4: 10% de inulina e 0% de creme de leite. \*Letras diferentes diferem significativamente entre as amostras ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey ( $n = 3$ ).

Fonte: Autoria própria, 2024.

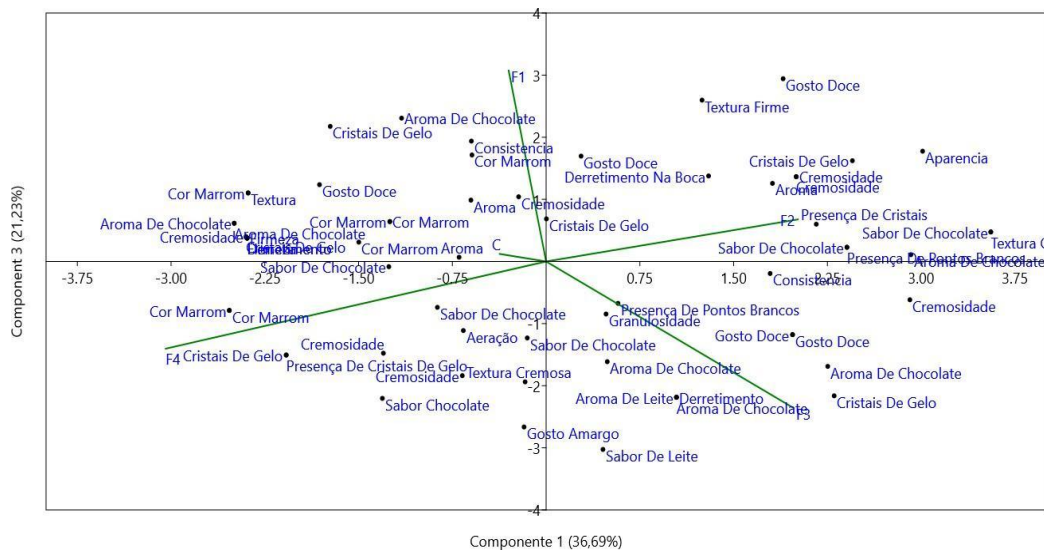
Em relação à adesividade, a amostra sem inulina apresentou o menor valor. Por outro lado, F2 demonstra o maior valor de adesividade. Esses resultados podem indicar que as modificações realizadas nas formulações alteraram significativamente tanto a textura quanto a adesividade do sorvete. O controle caracteriza-se por uma maior dureza e menor adesividade, possivelmente devido ao maior teor de gordura ou menor incorporação de ar. A formulação F2 destaca-se por ter baixos valores de dureza e baixa adesividade, que podem estar relacionadas a uma maior incorporação de ar (29,55%), indicando ser uma amostra mais cremosa.

## 5.6 Análise sensorial

A Figura 4 e 5 apresenta o resultado da análise de Procrustes que revelou cinco

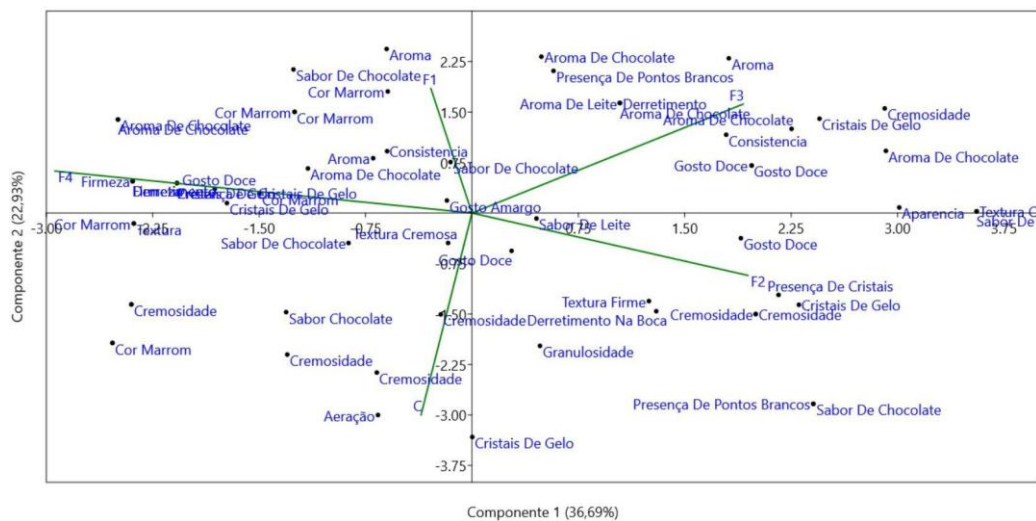
componentes principais (PCs) que explicam a variabilidade dos dados sensoriais: PC1 (36,69%), PC2 (22,97%), PC3 (21,23%), PC4 (16,24%) e PC5 (2,87%). A distribuição das amostras nos diferentes componentes foram: F3 e F4 melhores caracterizadas no PC1, com cargas de 0,474 e 0,736, respectivamente. A amostra C destacou-se no PC2, com uma carga de 0,719; F1 foi melhor descrita no PC3, com uma carga de 0,736; e a amostra F2 apresentou maior relevância no PC4, com uma carga de 0,719.

Figura 4 – Representação das cinco amostras de sorvete nas dimensões 1 e 2 da análise generalizados de Procrustes, obtido pelo perfil flash.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura 5 – Representação das cinco amostras de sorvete na dimensão 3 da análise generalizados de Procrustes, obtido pelo perfil flash.



Fonte: Autoria própria, 2024.

O atributo aroma de chocolate foi citado por todos os provadores, indicando sua alta relevância na caracterização do produto. Em seguida, destacaram-se os atributos de cremosidade, presença de cristais de gelo e cor marrom, mencionados por oito, sete e seis dos onze provadores, respectivamente. Esses resultados reforçam a importância desses atributos na percepção sensorial do sorvete. Por outro lado, os atributos de derretimento e presença de pontos brancos foram os menos citados pelos avaliadores. Isso sugere que esses aspectos possuem menor relevância para a caracterização do produto. Além disso, o atributo presença de pontos brancos foi citado por apenas um provador podendo indicar um vocabulário sensorial mais específico ou uma percepção diferenciada desse avaliador em relação aos demais.

A amostra controle (C) apresentou-se próxima a atributos sensoriais como cremosidade, cor marrom, e aeração. Esses resultados sugerem que essa formulação, mantém a qualidade esperada de um sorvete de chocolate. A formulação F1 também manteve características positivas como aroma de chocolate, cremosidade e gosto doce, similar ao controle. Uma pequena redução de creme de leite não alterou a qualidade sensorial, ao mesmo tempo em que possibilita a incorporação de inulina, um ingrediente funcional, sem comprometer os atributos desejados.

Já a formulação F2 mostrou forte associação com atributos como presença de cristais, granulidade e cristais de gelo. Esses resultados indicam que a redução de gordura comprometeu a textura do sorvete, resultando em um produto com sensação menos cremosa e granuloso. Isso pode ser explicado por problemas de estabilidade ou cristalização durante o processamento e armazenamento.

A amostra F3 apresentou atributos intermediários, associando-se a características como consistência e gosto doce, mas com um leve deslocamento para presença de pontos brancos. O aumento da inulina resultou em uma consistência mais firme, mas também em problemas, como partículas visíveis que podem prejudicar a aparência do produto.

A formulação F4 foi a que mais se distanciou do controle. Essa amostra destacou-se por atributos como textura firme e sabor de leite, indicando que a ausência de gordura comprometeu a cremosidade. Além disso, a elevada concentração de inulina parece ter gerado uma textura menos atrativa e interferido no sabor. Observa-se que na análise de textura essa amostra foi considerada a com menor dureza e adesividade.

A Figura 4 utiliza a mesma abordagem de PCs para avaliar como os atributos

sensoriais, considerando agora uma terceira dimensão (Componente 3), que explica 21,23% da variância. O controle (C) permaneceu próximo aos atributos cremosidade, aroma de chocolate, cor marrom e aeração, reafirmando que ele se destaca por manter as características esperadas de um sorvete de chocolate tradicional. F1 mostra uma posição próxima ao controle, mas ligeiramente deslocada em direção a atributos como consistência e cristais de gelo. F2 apresenta associação clara com atributos negativos como presença de cristais, cristais de gelo e granulidade, mas também com sabor de chocolate e doçura. F3 está mais próxima de atributos como textura firme e consistência, o que reforça a ideia de que a redução do creme de leite e o aumento de inulina resultam em um produto com uma textura mais densa e firme. No entanto, a amostra também se aproxima de gosto doce e aparência, indicando que a percepção visual e a doçura permanecem relativamente atrativas, apesar da perda em cremosidade. F4 é associada a cristais de gelo e granulidade.

A substituição parcial de creme de leite por inulina impactou significativamente os atributos sensoriais do sorvete, com efeitos mais evidentes em formulações com maiores teores de inulina. F1 mostrou-se a mais promissora entre as modificadas, equilibrando a incorporação de um ingrediente funcional com a manutenção da qualidade sensorial esperada.

## 6. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a adição de inulina como substituintes parcial de creme de leite nas formulações de sorvete impacta significativamente suas propriedades físicas, reológicas, térmicas e texturais. As formulações enriquecidas com inulina apresentam melhorias no perfil nutricional, no entanto, a substituição total ou parcial do creme de leite pela inulina gerou impactos na estabilidade térmica e no comportamento reológico, resultando em menor resistência ao derretimento e redução da viscosidade aparente em relação a formulação controle. Tais alterações indicam que, embora a inulina contribua para melhorias em funcionalidade e textura, ela não consegue substituir completamente a estabilidade proporcionada pela gordura. Por outro lado, as formulações F3 e F4, com maior teor de inulina, exibiram melhor balanceamento entre cremosidade e leveza, com boas características sensoriais. Assim, podemos concluir que, a substituição de creme de leite por inulina e kefir é uma estratégia promissora para o desenvolvimento de sorvetes funcionais e com menor teor de gordura, embora seja necessário otimizar as proporções desses ingredientes para alcançar um desempenho ideal em termos de qualidade sensorial e estabilidade.

Diante desses resultados, tem-se como oportunidade ampliar as investigações sobre os mecanismos que regem a interação entre inulina, kefir e a matriz do sorvete. Estudos futuros podem ser conduzidos para avaliarem a estabilidade do kefir ao longo do processamento, congelamento e armazenamento, considerando que suas propriedades microbiológicas e metabólicas podem influenciar diretamente a textura, a acidez e a vida útil do produto. De maneira complementar, a incorporação de outras fibras alimentares, como pectina, goma guar, fibra cítrica ou  $\beta$ -glucanas, apresenta-se como uma alternativa promissora para intensificar a capacidade de retenção de água, modular a viscosidade e potencializar a estabilidade térmica, ampliando o entendimento sobre soluções tecnológicas aplicáveis ao desenvolvimento de sorvetes funcionais e com menor teor de gordura.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIS - Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes. **O setor de sorvetes:** No Brasil são mais de 10 mil empresas ligadas ao setor de sorvetes e gelatos com faturamento acima de R\$13 bilhões por ano. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.abis.com.br/mercado/>. Acesso em: 4 set 2024.

AKBARI, M.; ESKANDARI, M. H.; DAVOUDI, M. Ice cream structure and its relationship with product quality: a review. *Food Reviews International*, v. 35, n. 6, p. 559-593, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1584815>. Acesso em: 16 nov. 2025.

ALMEIDA, A. P. et al. Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X21002897>. Acesso em: 04 dez. 2025.

ARENA, E. et al. Use of inulin as fat replacer in emulsified food products: effects on texture and sensory profile. *Food Hydrocolloids*, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X22003885>. Acesso em: 20 nov. 2025.

BERNARDES, Paula Andressa. Análise físico-química e sensorial de gelado comestível elaborado a partir de leite fermentado por grãos de kefir. Porto alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/195707/001094208.pdf?sequence=1>. Acesso em 13 out 2025.

BRASIL. Resolução RDC n.º 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, 23 set. 2005. Disponível em:

[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0266\\_22\\_09\\_2005.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0266_22_09_2005.html). Acesso em: 12 set 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 24 out. 2007. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=24/10/2007&jornal=1&pagina=4&totalArquivos=96>. Acesso em: 20 nov. 2025.

COMAS, Camila; BOFF. Desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. Porto alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/56089/000857784.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 13 out 2025.

DELARUE, Julien; SIEFFERMANN, Jean-Marc. Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, v. 15, n. 4, p. 383–392, jun. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329303000855>. Acesso em: 25 nov. 2025.

D'ANGELIS, D. F. et al. Elaboração, caracterização físico-química e sensorial de leites fermentados de Kefir saborizados com frutas verdes e adicionados de inulina. *Research, Society and Development*, vol. 9, no 9 de Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7179/6390>. Acesso em: 4 out 2025.

DANTAS, I. L., et al. Sorvete à base de inhame e mamão enriquecido com fibras. *Brazilian Journal of Development*, vol. 6, no 7, 2020, p. 43925–34. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/12768/10715>. Acesso em: 4 out 2025.

DANG-BAO, T.; et al. Durian rind-derived low-methoxyl pectin as a clean-label stabilizer for reduced-fat chocolate ice cream. *Food Hydrocolloids Advances*, v. 5, p. 100451, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502225007462>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FARESIN, Larissa da Silva. Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura. Passo Fundo, 2019. Disponível em:

<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1815/2/2019LarissaFaresin.pdf>. Acesso em: 4 out 2025.

FIORDA, Fernando André et al. Microbiological, biochemical, and functional aspects of kefir: A review. *Food Microbiology*, v. 82, p. 166–176, 2019. DOI: 10.1016/j.fm.2019.02.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 27 nov. 2025.

FRANCK, A. *Technological functionality of inulin and oligofructose*. *British Journal of Nutrition*, v. 87, supl. 2, p. S287–S291, 2002. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/technological-functionality-of-inulin-and-oligofructose/EE7396DE95754439E07D70092B598746>.

FRATIANNI, A. et al. Effect of inulin on the quality parameters of low-fat dairy products. *Food Science and Technology*, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X1100124X>. Acesso em: 22 dez. 2025.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. *Ice Cream: Science and Technology*. New York: Springer, 2013.

HASSANEIN, A. M.; ABDEL-HAMID, M. Influence of inulin addition as fat replacer on physicochemical and probiotic viability in yogurt. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 2018. Disponível em: [https://jfds.journals.ekb.eg/article\\_35150.html](https://jfds.journals.ekb.eg/article_35150.html). Acesso em: 22 nov. 2025.

JANUÁRIO, Jaqueline G. B. et al. Kefir ice cream flavored with fruits and sweetened with honey: physical and chemical characteristics and acceptance. *International Food Research Journal*, Selangor, v. 1, n. 25, p.179-187, 2018.

KORUČU, Elif; GÜVEN, Göknur. Kefir and kefir grains: microbial diversity, health benefits and applications in food products. *Foods*, v. 10, n. 4, e1029, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/4/1029>. Acesso em: 20 nov. 2025.

MENDONÇA, G. M. Navarro de. *Desenvolvimento de gelado comestível à base de extrato aquoso de soja, kefir e jabuticaba*. 2020. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2020. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193333/mendonca\\_gmn\\_me\\_arafcf\\_int.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193333/mendonca_gmn_me_arafcf_int.pdf?sequence=4&isAllowed=y). Acesso em: 10 nov. 2025.

MURESAN, V. et al. A Novel Symbiotic Beverage Based on Sea Buckthorn, Soy Milk and Inulin: Production, Characterization, Probiotic Viability, and Sensory Acceptance. *Microorganisms*, v. 11, n. 3, p. 736, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/3/736>. Acesso em: 20 nov.. 2025.

NATH, M.; RAMKUMAR, S.; DAS, A.; et al. An overview on application of fat replacers in different dairy products and its health implications. *Discover Food*, v. 5, art. 133, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-025-00332-7>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NARCISO, J. et al. Inulin as a texture modifier and fat replacer in food systems. *Food Hydrocolloids*, v. 25, n. 8, p. 1881–1890, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X1100124X>. Acesso em: 22 nov. 2025.

OLIVEIRA, Kataryne A. R. de. et al. Nutrição nos ciclos da vida - pesquisas e avanços. *Agron Food Academy*, São paulo, v.1 p. 286-290, 2022. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/ebook-nutricao-nos-ciclos-da-vida-pesquisas-e-avancos/>. Acesso em: 15 nov 2025.

RIBEIRO, A. P. B. et al. Application of inulin in bakery products: technological and nutritional effects. *UFPE Repositório Institucional*, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/8647>. Acesso em: 22 nov. 2025.

ROSA, Débora Dias et al. Milk kefir: Nutritional, microbiological and health benefits. *Food Research International*, v. 118, p. 82–94, 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.01.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 18 nov. 2025.

SAAD, Suzana M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Revista brasileira de ciências farmacêuticas*. São paulo, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcf/a/T9SMSGKc8Mq37HXJyhSpM3K/?lang=pt#>. Acesso em: 15 nov 2025.

SHOAIB, M. et al. Inulin: properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, v. 147, p. 444-454, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861716303812>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics

of ice cream. *International Dairy Journal*, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 255–262, 2004. DOI: 10.1016/j.idairyj.2003.08.005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>. Acesso em: 25 nov. 2025.

ZHANG, S.; REN, C.; XIE, S. Effects of hydrocolloids and oleogel on techno-functional properties of dairy foods. *Foods*, v. 13, n. 4, p. 1–19, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10876705/>. Acesso em: 11 nov. 2025.

ZHANG, H. et al. Pectin from citrus canning wastewater as potential fat replacer in ice cream. *Molecules*, v. 23, n. 4, p. 925, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29673153/>. Acesso em: 13 nov. 2025.