

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE FARMÁCIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E**  
**DERIVADOS**

**Fernanda Helena da Silva Almeida**

**Utilização de concentrado proteico de leite no desenvolvimento de sorvetes  
sabor chocolate com diferentes conteúdos de proteínas**

Juiz de Fora  
2023

**Fernanda Helena da Silva Almeida**

**Utilização de concentrado proteico de leite no desenvolvimento de sorvetes  
sabor chocolate com diferentes conteúdos de proteínas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Área de concentração: Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados

Orientador (a): Profa. Dra. Vanessa Aglaê Martins Teodoro

Coorientadores: Prof. Dr. Fabiano Freire Costa

Profa. Dra. Denise Sobral

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Almeida, Fernanda Helena da Silva Almeida.

Utilização de concentrado proteico de leite no desenvolvimento de sorvetes com diferentes conteúdos de proteínas / Fernanda Helena da Silva Almeida Almeida. -- 2023.

80 p. : il.

Orientadora: Vanessa Aglaê Martins Teodoro

Coorientadores: Fabiano Freire Costa, Denise Sobral

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2023.

1. Gelados comestíveis. . 2. Concentrado proteico.. I. Teodoro, Vanessa Aglaê Martins , orient. II. Costa, Fabiano Freire, coorient. III. Sobral, Denise , coorient. IV. Título.

**Fernanda Helena da Silva Almeida**

**Utilização de concentrado proteico de leite no desenvolvimento de sorvetes sabor chocolate com diferentes conteúdos de proteínas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados. Área de concentração: Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Aprovada em 27 de novembro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Dra. Vanessa Aglaê Martins Teodoro** - Orientadora

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Prof. Dr. Fabiano Freire Costa** - Coorientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Profa. Dra. Denise Sobral** - Coorientadora

EPAMIG/ILCT

**Profa. Dra. Renata Golin Bueno Costa**

EPAMIG/ILCT

**Profa. Dra. Gisela de Magalhães Machado Moreira**

EPAMIG/ILCT

Juiz de Fora, 13/11/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Aglaê Martins Teodoro, Professor(a)**, em 29/11/2023, às 09:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabiano Freire Costa, Professor(a)**, em 30/11/2023, às 15:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Golin Bueno Costa, Usuário Externo**, em 30/11/2023, às 16:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Sobral, Usuário Externo**, em 30/11/2023, às 16:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **GISELA DE MAGALHAES MACHADO MOREIRA, Usuário Externo**, em 07/12/2023, às 14:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1574961** e o código CRC **582E427A**.

Dedico este trabalho aos meus filhos, que cederam nossas horas juntos, para que eu pudesse realizar mais este sonho. E a todos os envolvidos que me auxiliaram, tornando-o possível, mesmo diante das dificuldades. Minha eterna gratidão!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade da realização de mais um sonho.

A todos os familiares e amigos, que direta ou indiretamente contribuíram e desejaram a concretização de mais esta etapa. Aos meus filhos, Guilherme e Augusto, que por vezes experimentam minha ausência (este, certamente é o preço mais alto a ser pago), mas estão sempre ao meu lado, me fazendo sentir a pessoa mais especial do mundo. Vocês são meu maior motivo!

Agradeço também aos professores Vanessa Teodoro, Fabiano Freire, Denise Sobral, Renata Costa, Gisela Moreira, Junio Paula e Kely Correa, pela orientação, auxílio e disponibilidade em tornar possível este estudo. Obrigada professor Fabiano, por sua compreensão e incentivo. Professora Vanessa, você não só me conduziu, como foi a responsável por minha chegada até aqui. Professora Denise, nunca esquecerei das suas palavras, nos meus momentos de desânimo. A Amanda Cirilo de Paula, Mirsiane Pascoal Costa e Júlia d'Almeida Francisquini, meus sinceros agradecimentos. Todos vocês foram fundamentais nesta minha caminhada.

A empresa Deligeli Sorvetes, pela parceria e financiamento da pesquisa. Obrigada Flávio e Josele, por serem essenciais nessa conquista!

Aos Laboratórios do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG ILCT) por acolher a pesquisa.

Ao Laboratório de Pesquisa em Alimentos e Laboratório Multiusuário de Bioprodutos e Bioprocessos (CENTRALBIO) e ao Laboratório LDNANO ambos da Faculdade de Farmácia, e ao Prof. Dr. Saulo Marçal de Souza (Instituto de Ciências Biológicas) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pelo apoio concedido.

## EPÍGRAFE

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”

(Charles Chaplin).

## RESUMO

O sorvete a base de leite é considerado um alimento nutritivo e palatável, que agrada a indivíduos de diferentes idades e classes sociais. O concentrado proteico de leite (MPC) é uma excelente fonte de proteínas, que preserva a proporção de proteínas lácteas (80% de caseínas e 20% de soroproteínas), além de outros nutrientes do leite, com qualidades tecnológicas, funcionais e sensoriais importantes no desenvolvimento de novos produtos. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver duas formulações de sorvetes sabor chocolate, que atendam aos critérios de fonte e dobro de proteínas, adicionados de MPC com 70 % de proteínas (MPC 70), utilizando como base uma formulação produzida comercialmente por uma indústria, e avaliar suas características físico-químicas, microbiológicas e microestruturais. Foram realizados três tratamentos: “controle” (formulação base utilizada na indústria), “dobro” de proteína (em relação ao controle) e “Fonte” de proteína, de acordo com a legislação específica. O processo de produção dos tratamentos seguiu a metodologia adotada pela indústria de sorvetes, em quatro repetições. Foram realizadas análises de *overrun*, microestrutura, composição centesimal, pH e acidez da calda. O perfil de textura, a cor e o pH dos sorvetes foram avaliados ao longo do armazenamento (02, 15 e 30 dias). As análises microbiológicas e de microestrutura dos sorvetes foram realizadas aos 02 dias de estocagem e a análise de derretimento aos 30 dias. Foram verificadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para os teores médios de umidade, proteínas, umidade, pH e acidez, o que demonstra que a adição de MPC interferiu diretamente nestes parâmetros. Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) em relação à quantidade de ar incorporada aos diferentes sorvetes (*overrun*). A taxa de derretimento total foi maior na amostra “controle”, seguida do sorvete com o “dobro” e “fonte” de proteínas. Com relação ao perfil de textura, apenas os parâmetros dureza e elasticidade não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, tendo a adesividade, a coesividade e a mastigabilidade apresentado, em geral, valores maiores para os tratamentos com maior teor proteico. Ao longo do tempo, os atributos de textura apresentaram resultados diversos. A cor dos sorvetes ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) não apresentou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, assim como  $L^*$  ao longo do armazenamento. Os resultados das análises microbiológicas demonstraram que as formulações atenderam aos padrões legais estabelecidos para o comércio de gelados comestíveis. As análises microscópicas (fotônica e eletrônica) não revelaram

diferenças observáveis na calda e no sorvete. A análise das eletromicrografias de varredura não apresentou diferenças observáveis entre as três amostras de sorvetes. Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos com relação ao potencial zeta e ao índice de polidispersividade das caldas. O diâmetro hidrodinâmico médio das partículas foi estatisticamente superior ( $P < 0,05$ ) na amostra “controle”, em comparação ao “dobro” e “fonte”, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). A adição de MPC 70 contribuiu significativamente para o aumento do teor proteico, sendo uma boa alternativa para a produção de sorvetes hiperproteicos.

Palavras-chave: Gelados comestíveis. Hiperproteico. Proteínas lácteas.

## ABSTRACT

Milk-based ice cream is considered a nutritious and palatable food that appeals to individuals of different ages and social classes. Milk protein concentrate (MPC) is an excellent source of protein, which preserves the proportion of dairy proteins (80% caseins and 20% seroproteins), as well as other milk nutrients, with significant technological, functional and sensory qualities in the development of new products. The objective of this work was to develop two formulations of chocolate-flavoured ice cream, which meet the criteria of source and double of proteins, added to MPC with 70% protein (MPC 70), using as a base a formulation commercially produced by an industry, and to evaluate its physicochemical, microbiological and microstructural characteristics. Three treatments were performed: "control" (base formulation used in the industry), "double" protein (about control) and "source" of protein, according to specific legislation. The treatment production process followed the methodology adopted by the ice cream industry in four replications. Analyses of overrun, microstructure, proximate composition, pH and acidity of the solution were performed. The texture profile, colour and pH of the ice creams were evaluated during storage (02, 15 and 30 days). The microbiological and microstructure analyses of the ice creams were performed at 02 days of storage and the melting analysis at 30 days. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were observed among the treatments for the average moisture levels, proteins, moisture, pH and acidity, demonstrating that adding MPC directly interfered with these parameters. There was no statistical difference ( $P > 0.05$ ) in relation to the amount of air incorporated into the different ice creams (overrun). The total melting rate was highest in the "control" sample, followed by the ice cream with the "double" and "source" of proteins. Regarding the texture profile, only the hardness and elasticity parameters did not differ ( $P > 0.05$ ) among the treatments, with adhesion, cohesiveness and chewiness showing, in general, higher values for the treatments with higher protein content. Over time, the texture attributes showed different results. The colour of the ice creams ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) showed no statistical difference ( $P > 0.05$ ) among the treatments, as well as  $L^*$  throughout storage. The results of the microbiological analyses showed that the formulations met the legal standards established for the ice cream trade. Microscopic analyses (photonic and electronic) revealed no observable differences in syrup and ice cream. The analysis of the scanning electromicrographs showed no observable differences among the three ice

cream samples. There was no statistical difference ( $P > 0.05$ ) among the treatments in terms of the zeta potential and the polydispersivity index of the mixtures. The mean hydrodynamic diameter of the particles was statistically higher ( $P < 0.05$ ) in the "control" sample compared to the "double" and "source" samples, which did not differ from each other ( $P > 0.05$ ). The addition of MPC 70 contributed significantly to the increase in protein content, a good alternative for producing high-protein ice creams.

Keywords: Edible ice creams. Hyperproteic. Milk proteins.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Fluxograma básico de produção industrial de sorvetes.....	26
Figura 2	– Fluxograma da produção das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas.....	40
Figura 3	– Retirada das amostras (A). Suporte para análise de derretimento (B).....	44
Figura 4	– Sistema montado para análise de derretimento (béquero, funil, suporte e peneira) para análise de derretimento (A); Início da análise dos três tratamentos (B) e Sorvetes em processo de derretimento, após 60 minutos de análise (C).....	44
Figura 5	– Taxa de derretimento (g) dos sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas ao longo do tempo (90 minutos).....	53
Figura 6	– Índices médios de pH dos sorvetes ao longo de 02, 15 e 30 dias de armazenamento.....	55
Figura 7	– Índices médios $\pm$ Desvio Padrão (DP) de dureza (N) dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento.....	57
Figura 8	– Índices médios $\pm$ Desvio Padrão (DP) de elasticidade (mm) dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento.....	58
Figura 9	– Índices médios $\pm$ Desvio Padrão (DP) de adesividade (J) dos sorvetes ao longo de 02, 15 e 30 dias de armazenamento.....	59
Figura 10	– Índices médios $\pm$ Desvio Padrão (DP) de coesividade dos sorvetes ao longo de 02, 15 e 30 dias de armazenamento.....	60
Figura 11	– Índices médios $\pm$ Desvio Padrão (DP) de mastigabilidade dos sorvetes ao longo de 02, 15 e 30 dias de armazenamento.....	61
Figura 12	– Resultados médios da análise da luminosidade ( $L^*$ ) das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas, aos longo do tempo de estocagem.....	63
Figura 13	– Resultados médios da análise de cor ( $a^*$ ) das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas, aos longo do tempo de estocagem.....	64

Figura 14 – Resultados médios da análise de cor ( $b^*$ ) das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas, aos longo do tempo de estocagem .....	65
Figura 15 – Fotomicrografias das amostras das caldas de sorvetes das formulações “controle” (A), “dobro” (B) e “fonte” (C) de proteínas .....	69
Figura 16 – Eletromicrografias de varredura de amostras de sorvetes “controle” (A1, A2, A3), “dobro” (B1, B2, B3) e “fonte” (C1, C2, C3).....	70
Figura 17 – Distribuição de nitrogênio pelo EDS nas eletromicrografias de varredura analisadas dos tratamentos dos sorvetes denominado “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas .....	71
Figura 18 – Distribuição e tamanho das partículas nas amostras das caldas dos tratamentos “controle” (A), “dobro” (B) e “fonte” (C) .....	74

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1	– Principais normativos relacionados diretamente e indiretamente à produção de gelados comestíveis .....	21
Quadro 1	– Composição geral dos concentrados de proteína do leite (MPC) .....	32
Tabela 2	– Análises realizadas nas caldas e sorvetes das três formulações e quatro repetições, nos tempos de estocagem sob congelamento .....	38
Tabela 3	– Percentual de proteínas em cada tratamento e percentual de Milk Protein Concentrate (MPC) empregado nas formulações .....	39
Tabela 4	– Composição centesimal do MPC 70 empregado nas formulações ....	47
Tabela 5	– Resultados médios obtidos das análises de constituintes, acidez e pH das amostras das caldas dos tratamentos “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas .....	48
Quadro 2	– Conteúdo aproximado de aminoácidos essenciais presentes no leite e perfil de aminoácidos para a declaração de alegações nutricionais de proteína.....	49
Tabela 6	– Resultados médios das análises de overrun das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas.....	50
Tabela 7	– Quantidade total de massa derretida nos tratamentos de proteínas “controle”, “dobro” e “fonte” e suas taxas de derretimento (grama/minuto).....	52
Tabela 8	– Resultados médios das análises de pH das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas.....	54
Tabela 9	– Análise do perfil de textura nas diferentes formulações “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas (média dos resultados obtidos em todos os tratamentos .....	56
Tabela 10	– Resultados médios das análises de cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas .....	62
Tabela 11	– Resultados médios das análises microbiológicas (UFC.g-1) das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas (média $\pm$ desvio padrão) e padrão legal específico.....	66
Tabela 12	– Diâmetro hidrodinâmico médio (DHM), índice de polidispersividade (PDI) e potencial zeta (PZ) das partículas presentes nas amostras das caldas “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas .....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise da Variância
ANVISA	Agência Nacional da Vigilância Sanitária
CENTRALBIO	Laboratório Multiusuário de Bioprodutos e Bioprocessos
DHm	Diamêtro Hidronômico Médio
DLS	Dynamic Light Scattering
EDS	Detector de Energia Dispersiva
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
IN	Instrução Normativa
ILCT	Instituto de Laticínios Candido Tostes
LPD	Leite em pó Desnatado
LPI	Leite em pó Integral
MPC	Concentrado Proteico de Leite
PdI	Índice de Polidispersividade
PZ	Potencial Zeta
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
TPA	Análise Perfil de Textura
VDR	Valor Diário de Referência
WPC	Concentrado Proteico do Soro do Leite
WPI	Isolado Proteico de Soro de Leite

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1	SORVETE .....	19
<b>2.1.1</b>	<b>Aspectos Legais</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Classificação e composição</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1.3.</b>	<b>Processamento de sorvete a base de leite</b> .....	<b>26</b>
2.2.	ALIMENTOS PROTEICOS .....	30
<b>2.2.1</b>	<b>Concentrado proteico de leite (MPC)</b> .....	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>36</b>
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	36
<b>4.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
4.1.	LOCALIZAÇÃO .....	37
4.2.	DESENHO EXPERIMENTAL .....	37
4.3	FABRICAÇÃO DO SORVETE .....	38
4.4	ANÁLISES LABORATORIAIS .....	40
<b>4.4.1</b>	<b>Análises Físico-químicas</b> .....	<b>41</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Análises microbiológicas</b> .....	<b>42</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Análises do perfil de textura</b> .....	<b>42</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Cor</b> .....	<b>42</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Análise de overrun</b> .....	<b>43</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Resistência ao Derretimento</b> .....	<b>43</b>
<b>4.4.7</b>	<b>Características microestruturais</b> .....	<b>43</b>
4.4.7.1	<i>Medida do tamanho e distribuição das nanopartículas</i> .....	43
4.4.7.2	<i>Microscopia fotônica</i> .....	45
4.4.7.3	<i>Microscopia eletrônica de varredura</i> .....	45
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	46
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
5.1	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO CONCENTRADO PROTEICO DE LEITE 70% (MPC 70) .....	46
5.2	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, ANÁLISES DE ACIDEZ E pH DA CALDA .....	47
5.3	OVERRUN .....	50
5.4	RESISTÊNCIA AO DERRETIMENTO .....	50
5.5	ANALISE DE pH DOS SORVETES AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAGEM .....	53

5.6	ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DOS SORVETES .....	55
5.7	CARACTERIZAÇÃO DA COR DOS SORVETES .....	62
5.8	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS .....	65
5.9	MICROSCOPIA.....	68
<b>5.9.1</b>	<b>Microscopia fotônica das caldas dos sorvetes .....</b>	<b>68</b>
<b>5.9.2</b>	<b>Microscopia eletrônica de varredura dos sorvetes.....</b>	<b>70</b>
<b>5.9.3</b>	<b>Caracterização das nanopartículas das caldas dos sorvetes .....</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca por alimentos saudáveis tem estimulado o desenvolvimento de novos produtos pela indústria. O mercado de produtos hiperproteicos tem crescido nos últimos anos, principalmente, para atender ao público *fitness*, mas também, àqueles que apenas desejam aumentar o aporte proteico da sua alimentação.

A proteína é essencial para crescimento e regeneração muscular, além de estar associada à perda de peso, devido a sensação de saciedade. A qualidade proteica do alimento pode ser determinada em função do seu teor de proteínas, da quantidade de aminoácidos essenciais e da sua digestibilidade. A utilização de proteínas de origem animal como ingrediente, em especial as proteínas lácteas, visa atender a essa demanda.

O concentrado proteico de leite (MPC) é uma ótima fonte de proteínas intactas, de alto valor biológico, que preserva a proporção de proteínas lácteas, ou seja, 80% de caseínas e 20% de soroproteínas, além de outros nutrientes do leite. Possui excelentes qualidades nutricionais, tecnológicas, funcionais e sensoriais, além de proporcionar o desenvolvimento de produtos com ótima relação custo/benefício. Por este motivo, tem sido amplamente estudado e empregado na área de laticínios para a padronização do leite, para aumentar o rendimento ou o conteúdo de proteínas em formulações comerciais de diferentes tipos de queijos e requeijão, iogurte grego, leites evaporado e condensado, leites aromatizados e ou fortificados, dentre outros. Também tem sido utilizado em bebidas *high protein*, produtos de confeitaria e panificação, chocolates, cafés, sobremesas, barras de proteínas e os gelados comestíveis, em especial o sorvete.

O sorvete à base de leite é considerado um alimento saudável, nutritivo e palatável, que agrada a indivíduos de diferentes idades e classes sociais. Embora o consumo de sorvetes tenha crescido nos últimos anos, o mercado brasileiro pode ser melhor explorado, aumentando a oferta de produtos diferenciados, com modificações funcionais e nutricionais.

Os benefícios do uso do MPC foram cientificamente demonstrados para diversos produtos, entretanto, os estudos ainda são escassos na área de gelados comestíveis, diferentemente do que ocorre com o uso de concentrados e isolados proteicos de soro de leite. Assim, é necessário avaliar o comportamento do MPC nas formulações, sua influência nas características físico-químicas e microbiológicas, as

interações microestruturais, as modificações de textura e de cor e o comportamento durante o armazenamento para fornecer subsídios para a indústria optar pela melhor fonte de proteína, que atenda aos anseios dos consumidores, mas também, que tenha um bom custo-benefício. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver duas formulações de sorvete sabor chocolate, com alto teor proteico, adicionado de MPC 70, utilizando como base uma formulação produzida comercialmente por uma indústria e avaliar suas características físico-químicas, microbiológicas e microestruturais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SORVETE

A indústria de gelados comestíveis tem se demonstrado próspera no setor alimentício e o consumo de sorvetes tem aumentado nos últimos anos (Pletsch *et al.*, 2019). O consumo de sorvetes no Brasil, no ano de 2022, foi de 1,03 bilhão de litros, com *per capita* de 4,99 litros. A região sudeste foi a que apresentou maior consumo dentre as regiões brasileiras (ABIS, 2022).

O maior desafio do segmento é a desmistificação de que o produto é dispensável e sem importância nutritiva ou uma simples sobremesa doce. É necessária uma conscientização dos consumidores de que o produto é um alimento rico em nutrientes e próprio para o consumo diversas fases da vida (Magalhães; Broietti, 2010).

O sorvete é admirado em todo mundo e, devido às suas características sensoriais, agrada a diversos paladares, de diferentes idades e classes sociais. Dentre as possibilidades, o sorvete à base de leite é considerado um alimento saudável e nutritivo (Reck *et al.*, 2016), e que pode trazer inúmeros benefícios ao consumidor (Akbari; Eskandari; Davoudi, 2019). Pode conter proteínas, açúcares, gordura vegetal e/ou animal, vitaminas A, B1, B2, B6, C, D, E, K, cálcio, fósforo e outros minerais essenciais para uma alimentação equilibrada (Magalhães; Broietti, 2010).

O Brasil é um mercado promissor, pois, além do clima tropical, que contribui para o consumo de sorvetes, há uma enorme diversidade de frutas e uma abundância de outros ingredientes que podem ser usados para diversificar e enriquecer as formulações (Reck *et al.*, 2016). Entretanto, apesar desses fatores que favorecem o consumo de gelados comestíveis no país, ainda há influência sazonal do produto, aumentando significativamente nos meses de verão (Godoi *et al.*, 2019). Teixeira *et al.* (2023), em seu estudo, constatou que 98% dos participantes relataram gostar de sorvetes, contudo 72% disseram ter um baixo consumo do produto (uma ou duas vezes por semana). Sendo assim, formulações inovadoras, seriam necessárias como estratégia para incentivar o consumo de sorvetes nas diferentes estações (Öztürk; Demirci; Akin, 2018).

O sorvete é um excelente produto, que permite um mercado inovador, uma vez que permite a incorporação de diferentes ingredientes (Soukoulis *et al.*, 2014). Sua

ampla definição legal, possibilita uma diversificação, percebida pela grande variação regional no que se refere ao sabor e aos seus constituintes (Renhe; Weisberg; Pereira, 2015), com grande aceitação pelos consumidores (Pletsch *et al.*, 2019).

Além de proporcionar novas texturas e sabores, oferecendo novas experiências sensoriais, as inovações devem estar associadas, ainda, com soluções em consciência ambiental, atraindo mais consumidores para indústria de sorvetes (Moreira *et al.*, 2021). Esse nicho precisa ser melhor explorado para aumentar a oferta de produtos diferenciados, com modificações funcionais e nutricionais (Reck *et al.*, 2016).

### **2.1.1 Aspectos Legais**

Os gelados comestíveis são regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), não sendo classificados como um produto de origem animal. As normas são bastante escassas, necessitando de maior regulamentação, principalmente, no que se refere à classificação e à composição básica dos produtos.

Os normativos em vigor, atualmente, são a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 713, de 01 de julho de 2022 (Brasil, 2022a), que dispõe sobre os requisitos sanitários dos gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis, que revogou a RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005, e a RDC nº 267, de 25 de setembro de 2003, que versa sobre as Boas Práticas de Fabricação que devem ser empregadas pelas indústrias (Brasil, 2003).

Os Gelados Comestíveis correspondem aos “*produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem a adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares (Brasil, 2022a) e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante o armazenamento, o transporte, a comercialização e a entrega ao consumo*” (Brasil, 2003). Os produtos abrangidos por esta definição podem corresponder às denominações de venda consagradas pelo uso (Brasil, 2022a), dentre as quais incluem-se os sorvetes.

A Tabela 1 apresenta os normativos relacionadas direta e indiretamente à produção de gelados comestíveis.

Tabela 1 – Principais normativos relacionados diretamente e indiretamente à produção de gelados comestíveis

<b>Normativos diretamente relacionadas aos gelados comestíveis</b>		
<b>Normativo</b>	<b>Ementa</b>	<b>Situação</b>
<b>Portaria nº 379, de 26/04/1999 (Brasil, 1999)</b>	Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis	Revogada pela RDC 266/2005
<b>RDC nº 267 de 25/09/2003 (Brasil, 2003)</b>	Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis.	Vigente
<b>RDC nº 266 de 22/09/2005 (Brasil, 2005)</b>	Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis	Revogada pela RDC 713/2022
<b>RDC nº 713 de 01/07/2022 (Brasil, 2022a)</b>	Dispõe sobre os requisitos sanitários dos gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis	Vigente
<b>Principais normativos indiretamente relacionadas aos gelados comestíveis</b>		
<b>Normativo</b>	<b>Ementa</b>	<b>Situação</b>
<b>RDC nº 429, de 08/10/2020 (Brasil, 2020a)</b>	Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados.	Vigente
<b>IN nº 75, de 08/10/2020 (Brasil, 2020b)</b>	Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados.	Vigente
<b>RDC nº 724, de 01/07/2022 (Brasil, 2022b)</b>	Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação.	Vigente
<b>IN nº 161, 01/07/2022 (Brasil, 2022c)</b>	Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos.	Vigente
<b>RDC nº 722, de 01/07/2022 (Brasil, 2022d)</b>	Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade.	Vigente
<b>IN nº 160, de 01/07/2022 (Brasil, 2022e)</b>	Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos.	Vigente
<b>RDC nº 623, de 09/03/2022 (Brasil, 2022f)</b>	Dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade.	Vigente
<b>RDC nº 727, de 01/07/2022 (Brasil, 2022g)</b>	Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados.	Vigente
<b>IN nº 211, de 01/03/2023 (Brasil, 2023)</b>	Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos.	Vigente

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 2.1.2 Classificação e composição

Os gelados comestíveis podem ser classificados quanto à sua composição básica, em sorvetes de leite, quando elaborados com leite e ou derivados lácteos, adicionados ou não de outros ingredientes; sorvetes de creme, quando acrescentados de gorduras comestíveis, adicionados ou não de outros ingredientes, onde os teores devem atingir no mínimo, 3% de gordura e 2,5% de proteína, total ou parcialmente de origem não láctea; em *Sherbets*, compostos de leite e/ou outras matérias-primas, contendo uma pequena porção de gordura (mínimo de 1%) e de proteína (mínimo de 1%), total ou parcialmente de origem não láctea; gelados de frutas ou *Sorbets* – elaborado com polpa, suco ou pedaços de frutas e açúcares (Souza *et al.*, 2010).

O sorvete é quimicamente definido como um sistema coloidal complexo, formado com bolhas de ar e cristais de gelo, que estão dispersos em uma fase aquosa (Goff, 2003).

A microestrutura do sorvete, conhecida como matriz, consiste em proteínas lácteas, gotículas de gordura (de 1,0  $\mu\text{m}$  a 0,1 mm), cristais de gelo, bolhas de ar, solução viscosa de açúcares e polissacarídeos. Sorvetes, do ponto de vista físico-químico, são fluídos formados a partir do congelamento e aeração de uma emulsão (Clarke, 2004; Silva Junior, 2008).

A qualidade e a textura geral do produto final são afetadas pelas fases envolvidas na estrutura do sorvete como glóbulos de gordura, bolhas de ar e partículas de gelo (Goff, 1997; Byars, 2002). Para um produto de qualidade, com firmeza, resistência ao derretimento e textura, vários parâmetros estruturais e sensoriais são importantes e determinados pela composição química do sorvete (Granger, *et al.*, 2005).

A composição química do sorvete relaciona-se diretamente a requisitos como sabor, cor, aroma e aparência. O produto balanceado, que atinja a todos esses aspectos é um grande desafio, que depende de cálculos para determinar a proporção adequada de cada ingrediente, líquidos e sólidos, para que o sorvete conserve suas propriedades ao longo do tempo (Sanches; Souza Junior, 2020).

A interação de forma equilibrada dos ingredientes que compõem a calda do sorvete mantém o grau de plasticidade e de congelamento adequado até o consumo do produto acabado (Ordóñez, 2005). Para isso, faz-se necessária a utilização de ingredientes de qualidade, bem como o balanceamento das quantidades de sólidos

totais, de açúcar, de gordura, de estabilizantes, emulsificantes e aromatizantes (Marshall; Goff; Hartel, 1932). O leite e a água são os ingredientes básicos envolvidos na formulação dos principais tipos de sorvetes (Silva, 2019).

No sorvete à base de leite, os laticínios podem representar cerca de 60% da mistura, e pode ser utilizado na forma líquida, desidratada (em pó) ou concentrada. O leite confere sabor lácteo e contribui para a textura e cremosidade do produto, sendo composto por água, gordura e sólidos não gordurosos. Os sólidos não gordurosos do leite correspondem à lactose (55%), proteínas e minerais (37%) e vitaminas hidrossolúveis (8%). A água, que atua como solvente dos demais ingredientes no estado líquido, está presente em torno de 55% a 64% do sorvete, e faz a conversão para o estado sólido por meio de cristais de gelo (Sanches; Souza Junior, 2020). Para garantir a qualidade do produto final, a água deve atender aos padrões de potabilidade e passar por testes laboratoriais (Pena *et al.*, 2017).

A composição do sorvete varia de 8 a 20% de gordura, 8 a 15% de sólidos não gordurosos do leite (proteína, lactose e minerais), 13 a 20% de açúcar e 0 a 0,7% de emulsificante-estabilizante (Souza *et al.*, 2010). Na fase aquosa a presença de estabilizantes e emulsificantes, mantém em equilíbrio as fases imiscíveis (Pena *et al.*, 2017). O sabor, a cor e o aroma do sorvete são conferidos por corantes e aromatizantes naturais, como as frutas, ou artificiais na forma de pós e líquidos (Sanches; Souza Junior, 2020).

O sorvete constitui uma excelente fonte de energia devido, principalmente, ao seu alto conteúdo de carboidratos e gordura. Os carboidratos, conferem gosto doce, contribuem para a redução do ponto de congelamento da mistura, aumentam a viscosidade, a suavidade e a taxa de derretimento. A sacarose é o açúcar mais empregado na fabricação de sorvetes (Souza *et al.*, 2010), variando com porcentagens desejáveis de 14 a 16% na formulação (Soler, 2001).

A lactose geralmente está presente na formulação, em decorrência da adição de leite e derivados, porém nunca adicionada isoladamente (Soler, 2001). Quando comparada aos outros açúcares, possui menor poder adoçante e solubilidade. Dessa forma, quando em excesso pode cristalizar e produzir alterações indesejáveis na textura (Souza *et al.*, 2010). A concentração elevada de lactose em alguns sucedâneos de gordura, à base de proteínas do soro, reduz o ponto de congelamento da mistura e aumenta a possibilidade da obtenção de um produto com aspecto arenoso (Álvarez *et al.*, 2005; Hui; Sherkat, 2005).

A gordura desempenha várias funções no produto, e possui um papel essencial, contribuindo para o desenvolvimento de uma textura suave e cremosa, melhorando o corpo, conferindo sabor e consistência. Auxilia na formação de cristais de gelo menores e atua como isolante térmico, reduzindo a taxa de derretimento (Silva, 2020).

A gordura pode afetar o sabor do sorvete, contribuindo como transportador de sabores e cremosidade; pela participação de reações de oxidação; e na percepção de sabores voláteis no armazenamento do produto final (Akbari; Eskandari; Davoudi, 2019). As características sensoriais e estabilidade do sorvete durante seu armazenamento, sofre influências direta do tipo de gordura, sua composição e ponto de fusão (Souza, 2010). A principal fonte de gordura não-láctea para sorvetes é a gordura vegetal hidrogenada, devido aos baixos teores de colesterol, plasticidade e preço mais acessível (Souza *et al.*, 2010).

A gordura do leite é um importante componente envolvido na estrutura do sorvete. É ela que auxilia na viscosidade da mistura e possibilita a fusão de propriedades desejáveis. No processo de congelamento, a concentração dos glóbulos de gordura nas superfícies das bolhas de ar, conferem ao produto final cremosidade e sensação de lubrificação na boca (Marshall; Arbuckle, 1996). Elevada sensação lubrificante na boca é percebida em sorvetes com altos teores de gordura, que reduzem a sensação bucal de frio ao degustá-lo (Costa; Deliza; Rosenthal, 1999).

A gordura ainda reduz o tamanho de partículas de gelo. Desse modo, a redução do teor de gordura na formulação do sorvete, ocasionará perda de diversas propriedades importantes no produto final (Marshall; Arbuckle, 1996). Este ingrediente, de grande importância na fabricação de sorvete, varia de 0 a 24% (Souza *et al.*, 2010), sendo percebidas melhores características de textura, quando o teor de gordura corresponde de 8% a 10% do total da formulação (Sanches; Souza Junior, 2020).

O aumento do teor de gorduras deve ser acompanhado da redução dos sólidos não gordurosos do leite, evitando a cristalização da lactose e, conseqüentemente, a produção de um sorvete arenoso (Marshall; Goff; Hartel, 1932). Os sólidos não gordurosos do leite, são compostos por proteínas (37%), lactose (55%) e minerais (8%). São responsáveis pelo corpo, pelo aumento da viscosidade e resistência à fusão, realçando o sabor das frutas, chocolate e eliminando o sabor gorduroso (Fanin; Saracchi, 2006).

As proteínas, dentre os sólidos não gordurosos, são os constituintes mais importantes, pois possuem capacidade de retenção de água, permitindo maior incorporação de ar (*overrun*) e suavidade do produto. Também confere propriedades emulsificantes, por meio da adsorção aos glóbulos de gordura, durante a homogeneização (Fanin; Saracchi, 2006).

As principais proteínas são as caseínas, as proteínas do soro ( $\alpha$ -lactoalbumina e  $\beta$ -lactoglobulina) e as proteínas das membranas dos glóbulos de gordura (Souza *et al.*, 2010). As proteínas contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, emulsificação, estabilização dos glóbulos de gordura, aeração, interação com outros estabilizantes, aumento do *overrun* e melhoria da viscosidade da mistura. As proteínas também podem contribuir para o aumento do tempo de derretimento do sorvete e para redução de formação de gelo (Silva, 2020).

Os estabilizantes e emulsificantes conferem ao sorvete uma textura macia e resistência ao derretimento. Atuam unindo todos os ingredientes utilizados e todas as fases da mistura. A união destas fases auxilia na distribuição das bolhas de ar e no desenvolvimento dos glóbulos de gordura (Silva, 2020). Confere liga ao produto controlando, durante o processo de congelamento, a separação da gordura da calda. Previne o ressecamento, auxiliando na logística, e prolonga a vida útil do produto. Os estabilizantes mais utilizados, conhecidos como liga neutra, são a goma guar, a goma xantana, as carragenas e os alginatos (Sanches; Souza Junior, 2020).

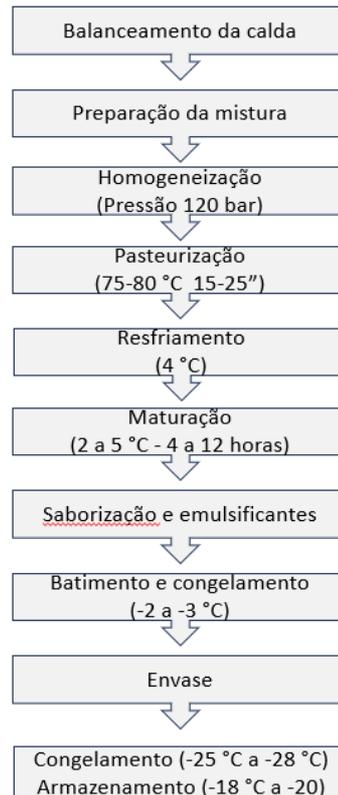
Os emulsificantes funcionam como uma alternativa tecnológica para promover maior *overrun* e, conseqüentemente, melhor textura e rendimento (Lima; Cavalcante; Limongi, 2021). O monooleato polioxietileno de sorbato (polisorbato 80) é o emulsificante mais comumente empregado em sorvetes. Em geral, são constituídos, basicamente, de 80% de mono e diglicerídeos e 20% de polissorbato 80 (Costa; Resende; Abreu, 2012).

Independentemente da composição, a formulação empregada na produção de gelados comestíveis deve obedecer à Instrução Normativa n° 211, de 1° de março de 2023, que estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos (Brasil, 2023).

### 2.1.3. Processamento de sorvete a base de leite

Na elaboração de sorvetes, as etapas podem variar de acordo com a escolha da tecnologia e o tipo de sorvete, entretanto, existem etapas fundamentais que se encontram apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma básico de produção industrial de sorvetes



Fonte: Adaptado de Ordóñez (2005).

A primeira etapa envolvida na produção do sorvete, ocorre com a pesagem dos ingredientes sólidos e líquidos. A mistura é preparada em tanques, com agitador tipo hélice (misturador), providos de sistema de aquecimento, sendo adicionados primeiramente os líquidos e, posteriormente, os sólidos. A mistura proporciona a dissolução de todos os ingredientes (Carvalho, 2012), liquefaz a gordura, dissolve a sacarose e o estabilizante (Santos, 2009). A agitação e o aquecimento em tanque de pasteurização evitam que ocorra a formação de grumos de ingredientes em pó, facilitando sua dissolução e homogeneização (Sanches; Souza Junior, 2020).

A homogeneização da mistura pode ocorrer antes ou após a pasteurização e garante a uniformidade das partículas de gordura, em condições apropriadas de

pressão e temperatura (Santos, 2009). Possui o propósito de impedir a separação dos glóbulos de gordura durante a maturação e o congelamento do sorvete, obtendo, assim, uma emulsão estável, que proporciona ao produto melhor corpo, textura suave e cor mais brilhante (Carvalho, 2012).

O processo de homogeneização é realizado industrialmente em um homogeneizador e consiste na passagem forçada da mistura aquecida (68 a 77°C) por um orifício bem pequeno, sob uma pressão que varia de acordo com o teor de gordura do produto, da viscosidade desejada e da estabilidade da calda, sendo recomendada de 140 a 210 kg/cm<sup>2</sup> (Carvalho, 2012).

A pasteurização deve atender a condições mínimas ou equivalentes de binômio tempo/temperatura, que garantam a destruição de microrganismos patogênicos, por processo contínuo, 75 a 80°C por 25 segundos, ou processo em batelada, 65 a 70°C por 30 minutos. O tempo e a temperatura do processo devem ser monitoramentos e registrados por funcionário devidamente capacitado (Brasil, 2003).

O tratamento térmico possui por finalidade principal a segurança dos consumidores, garantindo a qualidade microbiológica. Representa um método de conservação térmico, uma vez que reduz as contagens de microrganismos deterioradores, melhorando, ainda, a qualidade do produto final por meio da solubilização dos ingredientes (Carvalho, 2012).

A pasteurização da mistura do sorvete, altera as formas físicas dos sólidos, gerando uma suspensão estável e uniforme, por meio da dispersão e solubilização dos componentes, além de provocar a fusão das gorduras (Marshall; Arbuckle, 1996). Esse processo aprimora as funções das proteínas do soro, altera sua capacidade de reter água e proporciona, ainda, a fusão dos emulsificantes e hidratação dos espessantes (Souza, 2010).

Gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis, que tenham sua mistura elaborada com leite, constituintes do leite, ou produtos de laticínios, e/ou ovos, ou produtos de ovos, devem passar, obrigatoriamente, por tratamento térmico. É facultada a pasteurização quando adicionados de outros ingredientes e aditivos, o produto final deve atender aos padrões microbiológicos previstos em legislação específica (Brasil, 2003).

Imediatamente após a pasteurização, a calda deve ser resfriada à temperatura de 4°C ou inferior (Pena, *et al.*, 2017). A etapa de resfriamento, propicia o aumento da

viscosidade, por meio da cristalização da gordura, e minimiza o desenvolvimento microbiano (Carvalho, 2012).

A maturação da calda refrigerada é realizada em tanques de maturação, providos de agitadores especiais, de baixa velocidade (Carvalho, 2012), por um período mínimo de 4 horas e máximo de 24 horas, à temperatura entre 2°C e 5°C (Sanches; Souza Junior, 2020).

O tempo de maturação depende do tipo de estabilizante e emulsificante utilizados. O tratamento suave da mistura, possibilita a solidificação e a cristalização da gordura, a hidratação dos espessantes, a estruturação dos estabilizantes e das proteínas, facilita a bateção e colabora com a qualidade do sorvete (Carvalho, 2012).

Embora não seja uma etapa obrigatória, a maturação é bastante recomendada (Sanches; Souza Junior, 2020), pois promove alterações desejáveis nos aspectos sensoriais do sorvete, tais como suavidade, resistência ao derretimento e melhoria da textura e capacidade de incorporação de ar (Santos, 2009). A maturação aumenta até 12% o *overrun*, quando comparada a uma mistura não maturada (Fanin; Saracchi, 2006).

Após a maturação, ainda podem ser adicionados corantes e aromas à calda base, seguindo para o processo de congelamento, que ocorre simultaneamente com a bateção do sorvete, para que ocorra a incorporação de ar (Sanches; Souza Junior, 2020). É nesta etapa, que ocorre a transformação da mistura de ingredientes em sorvete (Carvalho, 2012). Consiste em uma etapa de grande importância tecnológica, pois é nela que ocorre a incorporação de ar e a formação dos cristais de gelo (Sanches; Souza Junior, 2020).

Durante a bateção e congelamento, ocorre a aglomeração dos glóbulos de gordura, com a coalescência parcial, a incorporação de ar e de espuma, por meio da bateção e migração desses glóbulos para a interface gasosa. Ao final dessa etapa, há uma estrutura tridimensional composta por proteínas, cristais de gelo, e glóbulos de gordura que encobrem quase que completamente as bolhas de ar (Ordóñez *et al.*, 2005).

A faixa de congelamento da mistura é de - 2 a - 3°C e o sorvete deverá ter uma temperatura de extração, na saída do congelador, compreendida entre - 5 e - 6°C. O tempo de congelamento é influenciado por diversos fatores, como o tipo de equipamento, a composição da calda, a acidez dos ingredientes, a temperatura de maturação e a incorporação do ar (Carvalho, 2012).

A incorporação de ar está diretamente relacionada à quantidade e qualidade dos ingredientes e o balanceamento da formulação, homogeneização das gorduras, tipo de proteínas, maturação da calda base, processos e equipamentos envolvidos no congelamento, além da escolha do emulsificante (Lima; Cavalcante; Limongi, 2021).

O volume de ar incorporado em relação à calda de origem é denominado de *overrun* (Lima; Cavalcante; Limongi, 2021). O *overrun* é um dos parâmetros mais eficazes que afeta as propriedades texturais do sorvete. A medida do ar incorporado ao sorvete, mediante bateção e expressa em gramas/litro, corresponde à densidade aparente, que deve atender o mínimo de 475 g por litro de sorvete (Brasil, 2022).

A correta disposição de ar no produto influencia não apenas na qualidade da textura, mas também, no rendimento, na lucratividade e no controle de produção (Lima; Cavalcante; Limongi, 2021). Uma vez que quanto mais ar for incorporado à mistura, maior será o rendimento e, conseqüentemente, menor valor do sorvete (Carvalho, 2012).

Após a fabricação do sorvete, segue para a etapa de envase, que consiste no acondicionamento do produto, onde o sorvete na consistência pastosa é moldado ao formato da embalagem (Carvalho, 2012). Os sorvetes devem ser acondicionados, sob condições que assegurem a proteção necessária ao produto final contra substâncias indesejáveis, mantendo sua integridade e qualidade sanitária (Brasil, 2003).

Após o envase, os sorvetes são rapidamente congelados/endurecidos para completar o processo de cristalização que começou nos congeladores. O resfriamento rápido permite a obtenção de cristais de gelos pequenos, evitando a indesejável textura arenosa ao produto. Nessa etapa, aproximadamente 80% da água do produto é congelada e o tempo de congelamento varia de 24 a 30 horas, à temperatura de -25°C (Carvalho, 2012).

Os sorvetes devem ser mantidos a uma temperatura máxima de armazenamento de -18°C. O seu transporte e a sua exposição à venda, devem ser realizados em temperatura igual ou inferior a -12 °C (Brasil, 2003). A temperatura de armazenamento é crucial para a manutenção da qualidade do produto, além de prolongar a vida de prateleira (Soler, 2001).

Os gelados comestíveis devem obedecer aos critérios e padrões microbiológicos estabelecidos na RDC nº 724, de 1º de julho de 2022, que dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação (Brasil, 2022b), e na

Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022, que estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos (Brasil, 2022c).

## 2.2. ALIMENTOS PROTEICOS

A indústria de alimentos e bebidas busca alterar regularmente a composição dos seus produtos a fim de melhorar o sabor, reduzir os custos ou atender a alguma demanda do consumidor. As empresas, atraídas pelo constante crescimento do mercado, têm investido no desenvolvimento de novos produtos, com modificações funcionais e nutricionais (Khan *et al.*, 2014). Além do uso de novas tecnologias, as indústrias de alimentos têm o papel de proporcionar aos consumidores produtos práticos e convenientes, e com valor nutritivo (Fernandes *et al.*, 2017).

A busca por qualidade de vida e saúde, seja como prevenção de doenças e ou melhorias na forma física, tem levado os consumidores a aderirem a uma alimentação mais equilibrada, bem como a práticas de atividades físicas. Assim, a suplementação é adotada nos casos em que o consumo em calorias e ou nutrientes não é alcançado pela alimentação. Os suplementos mais utilizados são os de origem proteica e estão associados ao objetivo de aumento de massa muscular e resistência física (Silva; Souza, 2016).

Nos últimos anos, a demanda por produtos com alto teor de proteínas tem aumentado, não apenas entre os praticantes de atividades físicas, mas também, por pessoas que buscam qualidade de vida e saúde. Para atender a esse mercado em expansão, as indústrias de alimentos têm lançado linhas de produtos com alto teor de proteínas, em especial as soroproteínas (Silva; Souza, 2016).

Os alimentos com adição de proteína podem receber alegação nutricional, conforme a Instrução Normativa nº 75, de 08 de outubro de 2020 (IN 75/2020) (Brasil, 2020b). Para o atributo “fonte”, o alimento deve conter um mínimo de 10% do valor diário de referência (VDR) para proteínas, estabelecido em 50 g, por porção de referência e por embalagem individual, quando for o caso, que consiste em 60 g para sorvetes. Sendo assim, para um sorvete ser considerado fonte de proteína, faz-se necessária a quantidade de 5 g em 60 g de sorvete. Para “Alto conteúdo” o mínimo é de 20% do VDR e para “aumentado”, a exigência mínima é de 25% do VDR para proteínas, em comparação com o alimento de referência, que deve atender ao tributo “fonte”. Em todos os casos, os alimentos devem, ainda, atender às quantidades de

referência de aminoácidos essenciais da proteína adicionada descritas na legislação (Brasil, 2020b),

As proteínas são indispensáveis para o organismo e estão presentes em vários alimentos, em diferentes quantidades. Exercem funções importantes no organismo humano como nas reações imunológicas e químicas, na transformação da energia, na regeneração de tecidos, na composição e contração muscular, propiciando a constituição de massa corporal magra, crescimento e reprodução (FIB, 2014).

A utilização de proteínas de origem animal e vegetal como ingredientes em alimentos formulados tem sido crescente no Brasil e no mundo. Aquelas derivadas de alimentos de origem animal são consideradas de alto valor biológico, fornecendo aminoácidos em quantidade proporcional à necessidade do organismo (FIB, 2014).

As proteínas do leite possuem excelentes qualidades nutricionais e propriedades tecnológicas, excepcional funcionalidade e superior apelo sensorial (FIB, 2014; Agarwal *et al.*, 2015). Assim como as soroproteínas, as caseínas também apresentam alto valor biológico, além do aporte de minerais como o cálcio, fundamentais para a saúde humana (Souza *et al.*, 2014). Por este motivo, tem sido muito utilizada como ingredientes no desenvolvimento de produtos pela indústria alimentícia (FIB, 2014; Agarwal *et al.*, 2015). O mercado oferece hoje, proteínas lácteas isoladas, atendendo à grande demanda de produtos inovadores com alto teor proteico (FIB, 2014).

### **2.2.1 Concentrado proteico de leite (MPC)**

Os derivados de leite mais comercializados com a finalidade de aumentar o teor de proteínas são o leite em pó desnatado (LPD), o leite em pó integral (LPI), o soro em pó e a caseína (Stephani *et al.*, 2015). O mercado atual oferece proteínas lácteas concentradas ou isoladas (Sobral *et al.*, 2019).

A utilização de novas tecnologias, aliadas a redução de custo e ao aumento da produção de produtos lácteos especializados, contribui para incrementar o emprego, pela indústria, de concentrados proteicos de leite (MPC), concentrados proteicos do soro de leite (WPC) e isolados proteicos de soro de leite (WPI) (Stephani *et al.*, 2015). O concentrado proteico de leite, do inglês, *milk protein concentrate* (MPC), é um pó fabricado a partir de leite desnatado, resultando em níveis de gordura inferiores a 3%, concentrado por ultrafiltração e seco em *spray drier* (Sobral *et al.*, 2019).

Os MPC são ricos em proteínas com teores cinzas, gordura e umidade razoavelmente consistentes sobre o teor variável de proteína (Havea, 2006; Tong; Smithers, 2013). Não existem padrões legais estabelecidos de máximos ou mínimos para o teor de proteína disponíveis para o MPC (Agarwal et al., 2015). O conteúdo proteico no MPC pode variar de 40% a 89%, por peso seco. Sendo os mais comuns, o MPC 40%, MPC 42%, MPC 56%, MPC 70%, MPC 80% e MPC 85% (Meena, et al., 2017). Com base no teor de proteína, podem ser categorizados em três tipos: pó com baixo teor de proteína (< 40% de teor de proteína), pó de médio teor (60 – 70%) e pó com alto teor de proteína (> 80% de teor de proteína) (Meena, et al., 2017).

O MPC com alto teor de proteína, pode ser usado com a finalidade de elevar o conteúdo proteico dos alimentos, conferindo sabor láteo, sem acrescentar níveis significativos de lactose. O teor de proteína de um MPC é inversamente proporcional ao teor de lactose, assim, na medida em que a proteína é purificada, o teor de lactose é reduzido (Agarwal et al., 2015). O Quadro 1 apresenta a composição geral dos diferentes tipos de MPC.

Quadro 1 – Composição geral dos concentrados de proteína do leite (MPC)

<b>Composição (base seca)</b>	<b>MPC 42%</b>	<b>MPC 56%</b>	<b>MPC 70%</b>	<b>MPC 80%</b>	<b>MPC 85%</b>	<b>MPI</b>
<b>Proteína %</b>	Min. 42	Min. 56	Min. 70	Min. 80	Min. 85	Min. 90
<b>Lactose %</b>	Máx. 46	Máx. 31	Máx. 16	Máx. 6	Máx. 4	Máx. 1
<b>Cinzas %</b>	Máx. 6	Máx. 7	Máx. 7	Máx. 7	Máx. 7	Máx. 6
<b>Gordura %</b>	Máx. 1,5	Máx. 1,5				

Fonte: Adaptado Agarwal et al. (2015).

Legenda: MPC 42% = MPC com 42% de proteína; MPC 56% = MPC com 56% de proteína; MPC 70% = MPC com 70% de proteína; MPC 80% = MPC com 80% de proteína; MPC 85% = MPC com 85% de proteína; MPI = proteína isolada do leite.

No MPC as proteínas permanecem intactas, não desnaturadas, pois o seu processamento não envolve tratamento térmico severo e mudança no seu pH, assim, as proteínas permanecem em estado nativo, o que desperta grande interesse da indústria de lácteos (Hussain et al., 2012). Além disso, as proteínas encontram-se em proporção semelhante às do leite, ou seja, 80% de caseína e 20% de soroproteínas (Sobral et al., 2019).

Dessa forma, os MPC são considerados como fonte concentrada e potente de proteínas de qualidade para o aprimoramento funcional e das propriedades sensoriais em vários produtos alimentares (Dairy Export Conselho, 2004). Sua utilização como ingredientes para o lançamento de novos produtos pelas indústrias vem crescendo mundialmente, em virtude de suas propriedades funcionais e nutricionais, visando melhorar o rendimento, a textura, o valor proteico e a palatabilidade (Silva *et al.*, 2017; Stephani *et al.*, 2015).

MPC diferem do LPD pela sua composição e propriedades físico-químicas e funcionais (Meena *et al.*, 2017). Podem ser utilizados como substitutos de LPD ou de LPI em formulações, como base equivalente de proteína ou leite desnatado em produtos que requerem alto teor de proteína, baixo teor de lactose e perfil mineral similar ao do leite (Szigeti; Krasz; Varga, 2006). Sua utilização como ingredientes em produtos lácteos (Kelly, 2011) tem como objetivo padronizar a proteína (Alvarez *et al.*, 2005), melhorar a textura, aumentar o rendimento da fabricação, bem como atribuir um apelo nutricional, incrementando o teor de proteína do produto final, sem aumentar, contudo, o teor de lactose (Agarwal *et al.*, 2015; Jimenez-Flores; Kosikowski, 1986).

O MPC também é utilizado para padronizar leites para a fabricação de queijos sem padrão de identidade como, por exemplo, queijos para pizza, certos queijos mexicanos e algumas variedades de queijos frescos e macios como o feta. Pesquisadores também estudaram o uso de MPC na produção de muçarela (Harvey, 2006; Francolino *et al.*, 2010), feta (Harvey, 2006; Kuo; Harper, 2003) e cheddar (Harvey, 2006; Rehman *et al.*, 2003). Sua aplicação pode ser observada na produção de bebidas, produtos de confeitaria, sorvetes, barras de alta proteína. Devido aos seus atributos nutricionais, sensoriais, físicos e funcionais, o MPC possui, ainda, propriedades e potencial para adaptar-se como ingrediente na fabricação de gelados comestíveis, em especial o sorvete (Alvarez *et al.*, 2005; Fang *et al.*, 2011; Loveday *et al.*, 2009; Francolino *et al.*, 2010; Giroux *et al.*, 2010). O MPC é um ingrediente multifuncional, com benefícios como gelificação, formação de espuma, emulsificação e estabilidade ao calor (Meena *et al.*, 2017).

O sorvete pode ser considerado um veículo eficaz para a suplementação de proteína (Spence; Navarra; Youssef, 2019). Os poucos estudos na área demonstraram que o uso de MPC proporcionou bons resultados, principalmente em formulações com baixo teor de lactose e ou gordura (Alvarez *et al.*, 2005; Tomer;

Kumar, 2013). Pode ser utilizado para substituir o LPD da formulação, sem comprometer as propriedades físicas desejadas da mistura (Alvarez *et al.*, 2005), evitando, desta forma, a textura arenosa no produto, decorrente da cristalização (Patel; Baer; Acharya, 2006).

Em estudo conduzido por Alvarez *et al.*, (2005) foi avaliada a produção de sorvetes utilizando o MPC 56 e 85%. De acordo com os autores, as formulações com adição de MPC apresentaram maior viscosidade e poucas modificações significativas nas propriedades físico-químicas do sorvete. Além disso, constituiu uma fonte alternativa de sólidos não gordurosos do leite, especialmente, em misturas reduzidas em lactose ou gordura, onde mais sólidos do leite desnatado são necessários para compensar outras perdas de sólidos totais.

Em outro trabalho, os teores de cinzas e lactose de todos os tratamentos (40%, 60% e 80% de adição de MPC 70% de proteínas) apresentaram tendência decrescente com o aumento do teor de proteína. O *overrun* máximo foi obtido para 40% de adição de MPC. A viscosidade também diminuiu com o aumento do conteúdo de proteína. Em termos de aceitação geral, porém, observou-se que o controle obteve pontuação superior a adição de 40% de MPC. Entretanto, o sorvete com adição de 80% de MPC foi a formulação mais aceitável (Tomer; Kumar, 2013).

As proteínas do leite possuem amplo espectro de utilização como ingredientes em diversos alimentos, pois proporcionam benefícios nutricionais, tecno-funcionais, sensoriais e reológicos. Entretanto, essas propriedades não costumam ser entendidas com detalhes suficientes que permitam que a estrutura proteica alcance um melhor desempenho (Singh, 2009).

É necessário o conhecimento das interações envolvidas e a avaliação do efeito dos concentrados de proteínas do leite como ingrediente industrial. Também é fundamental o estudo e o desenvolvimento de uma melhor adequação da utilização destas proteínas dentro de cada perfil tecnológico desejado nas diversas linhas de processamento (Anema, 2008).

O entendimento da interação das proteínas lácteas proporciona às indústrias alimentícias a obtenção de uma relação adequada, com melhor custo/benefício na utilização de cada tipo de proteína dentro das características desejadas no produto final. Como consequência, a indústria pode disponibilizar para o mercado produtos que utilizem proteínas de elevado valor biológico como ingrediente tecnológico (Souza *et al.*, 2014).

Em estudo sobre a aceitação dos consumidores em relação à adição de proteínas aos gelados comestíveis, 88% dos participantes consideraram uma boa sugestão o desenvolvimento de um sorvete proteico, demonstrando ser um mercado potencial (Teixeiras *et al.*, 2023).

### 3 OBJETIVOS

Desenvolver duas formulações de sorvetes sabor chocolate, adicionados de MPC 70, que atendam aos critérios de fonte e dobro de proteínas, em relação à formulação original, e comparar suas características físico-químicas, microbiológicas e microestruturais.

#### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a composição centesimal do MPC 70 utilizado na fabricação dos sorvetes;
- Realizar testes preliminares para a padronização de formulações de sorvete sabor chocolate, com diferentes concentrações de MPC 70;
- Fabricar, em escala piloto, e em quatro repetições, três formulações de sorvete sabor chocolate com diferentes teores proteicos (controle, sem adição de MPC 70, e duas formulações com diferentes adições de MPC 70);
- Realizar análises microbiológicas de Enterobactérias, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Salmonella* sp., Fungos Filamentosos e Leveduras, Contagens de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotróficos das formulações de sorvete;
- Avaliar as características físico-químicas de umidade, gordura, proteína total, análise de carboidratos, e acidez titulável das diferentes formulações;
- Avaliar o perfil de textura, a cor e o pH dos sorvetes durante o armazenamento por 2, 15 e 30 dias;
- Avaliar a taxa de derretimento e o *overrun* das formulações de sorvetes;
- Analisar a microestrutura das diferentes caldas e formulações;
- Avaliar estatisticamente os dados obtidos e comparar as formulações.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. LOCALIZAÇÃO

Os testes preliminares e as fabricações dos sorvetes foram realizados no Núcleo Industrial do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG ILCT), situado em Juiz de Fora, Minas Gerais. As análises de *overrun*, microbiológicas, físico-químicas, de cor, de textura e a de taxa de derretimento foram realizadas nos respectivos laboratórios de pesquisa da EPAMIG ILCT. As análises microestruturais foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Alimentos e Laboratório Multiusuário de Bioprodutos e Bioprocessos (CENTRALBIO) e no Laboratório LDNANO, ambos da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

### 4.2. DESENHO EXPERIMENTAL

O projeto foi realizado para atender a uma demanda por sorvetes adicionados de proteínas de uma indústria de gelados comestíveis.

Antes do início do estudo, foram realizadas análises para avaliar a composição centesimal do MPC 70 utilizado na fabricação dos sorvetes. Em seguida, foram realizados testes preliminares para definir as formulações utilizadas na pesquisa. Dessa forma, foram determinadas as quantidades de MPC 70 que seriam adicionadas ao sorvete, a partir da formulação controle, para atingir os teores de proteína desejados. Assim, foram definidas três formulações (três tratamentos) com diferentes concentrações de MPC 70: o “controle” (fórmula original da indústria, sem a adição de MPC), uma formulação com o “dobro” de proteínas, em relação à formulação industrial, e outra considerada “fonte”, de acordo com a legislação (Brasil, 2020b).

As fabricações foram realizadas em quatro repetições. As análises laboratoriais das caldas e dos sorvetes foram realizadas conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Análises realizadas nas caldas e sorvetes das três formulações e quatro repetições, nos tempos de estocagem sob congelamento

Análises	Calda	Sorvete		
		(Tempos de estocagem em dias)		
		2	15	30
<b>Composição centesimal, pH e acidez</b>	X			
<b>Análise microbiológica</b>		X		
<b>Perfil de textura, cor e pH</b>		X	X	X
<b>Avaliação de taxa de derretimento</b>				X
<b>Análise de <i>overrun</i>*</b>	X	X		
<b>Análise de microestrutura</b>	X	X		

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: \*: A análise de *overrun* do sorvete foi realizada logo após a fabricação.

### 4.3 FABRICAÇÃO DO SORVETE

As formulações, bem como a quantidade de MPC 70 e os teores de proteínas utilizados no sorvete foram definidos nos testes preliminares. O sorvete foi fabricado em quatro repetições, utilizando-se a formulação base (controle) empregada na indústria de sorvetes, parceira deste trabalho.

A formulação da indústria (controle) continha 3,27 g de proteína em 100 g de sorvete, de acordo com as informações nutricionais dos ingredientes utilizados. Dessa forma, os teores de proteína dos demais tratamentos foram calculados para atenderem aos critérios de “dobro” e “fonte” de proteína. Para isso, foi calculada a quantidade necessária de MPC 70 que seria adicionada em cada formulação. A Tabela 3 apresenta os percentuais mínimos de proteína que deveriam ser atendidos em cada tratamento e de MPC 70 adicionado.

Tabela 3 – Percentual de proteínas em cada tratamento e percentual de MPC 70 empregado nas formulações

Tratamentos	Percentual mínimo de proteínas	Percentual de MPC 70 adicionado
<b>Controle</b>	3,27 %	0 %
<b>Dobro</b>	6,54 %	4,67 %
<b>Fonte</b>	8,34 %	7,24 %

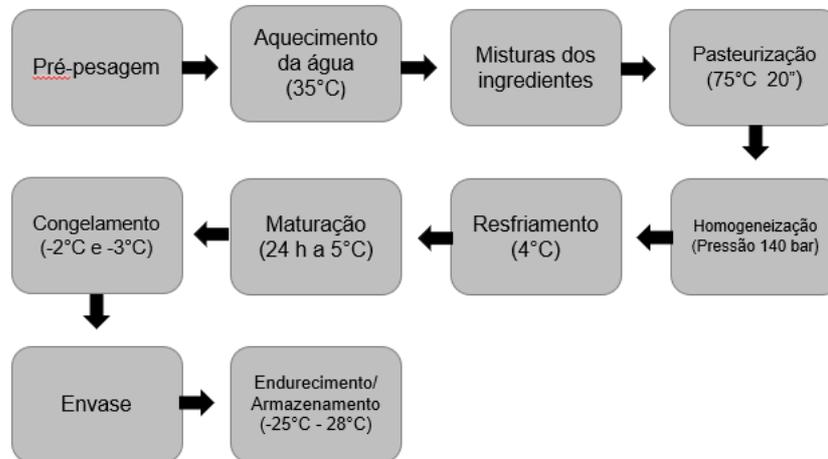
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O conteúdo da formulação “fonte” foi calculado segundo descrito na IN 75/2020 para alegação nutricional de fonte de proteínas, respeitando o limite mínimo de 10% (5 g) do VDR de proteínas (50 g) por porção de sorvete. Dessa forma, para uma porção de 60 g de sorvete, são necessárias 5 g de proteínas para atender à quantidade mínima para o critério “fonte” (Brasil, 2020b).

Dessa forma, o tratamento “controle” foi fabricado conforme formulação da indústria, empregando-se os seguintes ingredientes: açúcar refinado Caravelas<sup>®</sup>, glucose de milho em pó Cargil<sup>®</sup>, leite em pó integral Piracanjuba<sup>®</sup>, gordura de palma Cargil<sup>®</sup>, saborizante sabor chocolate suíço Du Porto<sup>®</sup>, emulsificante Max Cream Duas Rodas<sup>®</sup>, base neutra em pó Top Extruded Leagel<sup>®</sup> e estabilizante para sorvetes Supra 5 Duas Rodas<sup>®</sup>. Nos demais tratamentos foi acrescentado à formulação original, o concentrado proteico de Leite MPC 70% (Fonterra<sup>®</sup>) nas concentrações definidas nos pré-testes. Assim, para a produção de 2 litros de cada batelada, foram utilizados nas formulações “dobro” e “fonte”, 93,43 g e 144,70 g de MPC, respectivamente, conforme percentual demonstrado na Tabela 3.

A Figura 2 apresenta o fluxograma de produção adotado na fabricação dos sorvetes.

Figura 2 – Fluxograma da produção das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Todos os ingredientes foram pesados em balança, conforme a formulação fornecida pela indústria para um volume final de calda de 2 litros. A água foi aquecida a 35 °C e adicionados o leite em pó, a glucose, o emulsificante, o estabilizante e a base neutra, sendo misturados com o uso de um liquidificador. Posteriormente, adicionou-se na calda aquecida, para melhor solubilização, os demais ingredientes: açúcar, saborizante, e a gordura de palma. A calda foi, então, pasteurizada (75 °C por 25 segundos) e posteriormente homogeneizada a 120 bar em homogeneizador (Tecnolab, da marca Tecnohomo, com vazão de 10-50 L/h) e resfriadas em banho de gelo a 10 °C, sendo submetida à maturação por 24 horas a 5 °C.

O processo de bateção e congelamento foi realizado em uma sorveteira, por batelada (Tetra Pak). O sorvete congelado foi colocado em recipientes plásticos de 100 mL, e cobertos com as tampas. As amostras foram codificadas e colocadas em um freezer vertical, sob temperatura de -12 °C, pelo período de 30 dias. Todos os tratamentos foram produzidos em quatro repetições.

#### 4.4 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises foram conduzidas conforme delineamento apresentado na Tabela 2.

As caldas e os sorvetes foram coletados aleatoriamente, nas três formulações e nas quatro repetições e nos tempos de armazenamento sob congelamento,

conforme o caso, exceto para análise de derretimento que foi realizada em apenas uma repetição.

#### 4.4.1 Análises Físico-químicas

As análises de composição centesimal do MPC 70 foram realizadas antes dos testes preliminares para a determinação das formulações dos sorvetes:

- a) **Umidade:** Teores percentuais (m/m) de umidade foram determinados pelo método gravimétrico em estufa a  $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até peso constante (Costa Júnior, 2020).
- b) **Gordura:** O teor de percentual (m/m) de gordura foi determinado pelo método Gerber, utilizando butirômetro de Teichert (Costa Júnior, 2020).
- c) **Proteína Total:** O teor percentual (m/m) de Proteína Total foi determinado pelo método de *Kjeldahl*. O fator de conversão do percentual de nitrogênio total em proteína foi 6,38 (Costa Júnior, 2020).
- d) **Análise de lactose:** O teor percentual (m/m) de lactose foi determinado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, gordura e resíduo mineral fixo (Costa Júnior, 2020).
- e) **Cinzas:** O teor percentual (m/m) de cinzas foi obtido por incineração em forno mufla a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Costa Júnior, 2020).

As análises de composição centesimal, acidez e pH foram realizadas nas caldas dos sorvetes, imediatamente antes da bateção:

- a) **Umidade:** Teores percentuais (m/m) de umidade foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a  $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Zenebon; Pascuet; Tiglea, 2008).
- b) **Gordura:** O teor de percentual (m/m) de gordura foi determinado pelo método Mojonnier de extração em éter (Brasil, 2006; Costa Júnior, 2020).
- c) **Proteína Total:** O teor percentual (m/m) de Proteína Total foi determinado pelo método de *Kjeldahl*. O fator de conversão do percentual de nitrogênio total em proteína foi 6,38 (Brasil, 2006; Costa Júnior, 2020).
- d) **Análise de carboidratos:** O teor de carboidratos foi determinado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, gordura e resíduo mineral fixo.
- e) **Análise de pH:** Para análise de pH foi utilizado o medidor de pH de bancada Simpla pH 140 calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 por meio da inserção de eletrodo diretamente na amostra em temperatura ambiente.

**f) Acidez titulável:** A acidez titulável expressa em percentual de ácido láctico foi determinada pela titulação de uma alíquota amostral contra hidróxido de sódio 0,1 mol/L em fenolftaleína alcoólica neutralizada 1 %, conforme o método ponderal descrito em Costa Júnior (2020).

#### **4.4.2 Análises microbiológicas**

Foram realizadas análises de Enterobactérias, de *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), de *Salmonella* sp. e de Fungos Filamentosos e Leveduras utilizando-se *Compact Dry*<sup>®</sup>, segundo as orientações do fabricante. Além disso, foram realizadas contagens de microrganismos aeróbios mesófilos e psicrotóxicos, seguindo as metodologias descritas em Silva *et al.* (2017). Em todas as análises, o número de UFC.g<sup>-1</sup> foi calculado em função do número de colônias confirmadas e da diluição inoculada.

#### **4.4.3 Análises do perfil de textura**

A análise do perfil de textura (TPA) foi determinada no Texturômetro CT3 Textura Analyzer (Brookfield, Middleboro, USA). Os sorvetes mantidos em freezer em temperatura de -12°C, foram retirados 5 minutos antes da realização da análise, com objetivo de facilitar a penetração da probe. As análises foram realizadas sob temperatura controlada de 20 °C. Foi utilizada uma probe de aço inoxidável (TA-39) com 2 mm de largura e 20 mm de comprimento. A probe foi posicionada no centro geométrico da amostra e a leitura realizada com uma velocidade de penetração de 1 mm/s, célula de carga de 4500 g, e a distância de penetração de 20 mm (Ramos, 2016). As análises foram realizadas em quintuplicata e foram avaliados os atributos elasticidade, coesividade, mastigabilidade, adesividade e dureza.

#### **4.4.4 Cor**

A cor do sorvete foi determinada em espectrofotômetro CM-5, com abertura inferior (Konika Minolta, Sensing Americas, Inc.), calibração automática do padrão branco (refletância)/100%., obtendo as coordenadas L\* (luminosidade), a\* (verde-vermelho) e b\* (Azul-amarelo). A refletância foi avaliada, com faixa de comprimento de onda de 360 nm até 740 nm, área de medição LAV (diâmetro 30 mm) e componente

especular para SCI (componente especular incluído) (Gadonski, 2018), máscara de medição (para miniplaca de Petri): CM-A158 e placa de petri CM-A128.

Na determinação da cor, o parâmetro  $L^*$  indica a luminosidade e se refere à capacidade do objeto em refletir ou transmitir luz, variando em uma escala de zero (preto) a 100 (branco). Valores positivos da coordenada cromática  $a^*$  indicam maior contribuição da cor vermelha, enquanto os negativos indicam maior proximidade com a cor verde. Resultados de  $b^*$  positivos estão relacionados à cor amarela e negativos, à cor azul.

#### 4.4.5 Análise de *overrun*

Foi realizada a análise de *overrun* para determinação da quantidade de ar incorporada aos sorvetes logo após a produção. Essa análise considera, para um mesmo volume, o peso inicial da calda e o peso final do sorvete. O *overrun* foi determinado de acordo com a equação (Segall; Goff, 2002):

$$\%Overrun = \frac{(\text{peso da calda} - \text{peso do sorvete}) \times 100}{\text{peso do sorvete}}$$

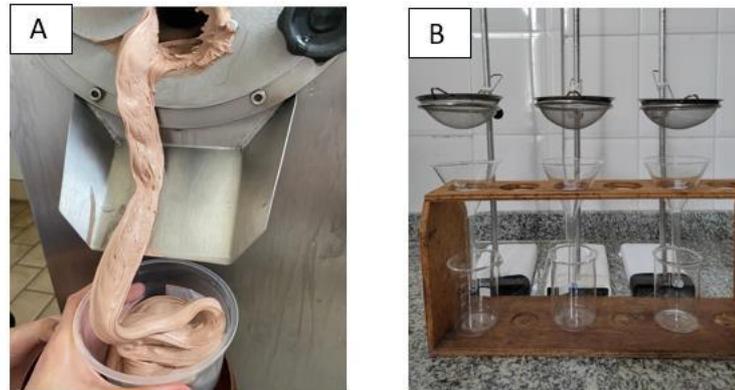
#### 4.4.6 Resistência ao Derretimento

Para a análise de resistência ao derretimento utilizou-se a metodologia descrita por (Costa Júnior, 2020), em apenas uma repetição, após 30 dias de estocagem.

Foram pesados em balanças analíticas, 200 g de cada formulação de sorvete, em potes plásticos com capacidade de 500 g (Figura 3A). Os potes foram armazenados em freezer comum até o exato momento do início da análise.

No dia da análise, a sala foi climatizada à temperatura de 25°C, e as amostras ambientadas por 20 minutos. Então, foram transferidas diretamente para uma peneira de aço inoxidável, de 100 mm de diâmetro, apoiada por um suporte, de forma que ficasse presa e firme e escoasse a amostra derretida para dentro do funil de vidro. A massa do sorvete era recebida por um Becker, de peso conhecido, com capacidade de 500 mL, conforme Figura 3B.

Figura 3 – Retirada das amostras (A). Suporte para análise de derretimento (B)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A massa de sorvete derretida foi pesada a cada 10 minutos, sempre descontando o peso da vidraria, até o final de 90 minutos. Para minimizar a influência da temperatura externa e a taxa de transferência de calor, as condições experimentais foram mantidas idênticas para os três tratamentos. Essa abordagem foi adotada a fim de reduzir possíveis interferências no processo de derretimento dos sorvetes, conforme destacado por Goff (2000). A Figura 4 representa o derretimento das amostras de sorvete ao longo do tempo.

Figura 4 – Sistema montado para análise de derretimento (béquer, funil, suporte e peneira) para análise de derretimento (A); Início da análise dos três tratamentos (B); e Sorvetes em processo de derretimento, após 60 minutos de análise (C)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 4.4.7 Características microestruturais

##### 4.4.7.1 Medida do tamanho e distribuição das nanopartículas

O Diâmetro Hidrodinâmico médio (DHm) e o Índice de Polidispersividade (Pdl) foram avaliados empregando-se a técnica de Espalhamento Dinâmico de Luz

(Dynamic Light Scattering, DLS) utilizando um ângulo de incidência do laser em relação à amostra de  $173^\circ$  e índice de refração 1,333. O Potencial Zeta (PZ) foi determinado por meio da avaliação da mobilidade eletroforética.

Para as leituras, as amostras da calda preparada para a fabricação dos sorvetes (Controle, Dobro e Fonte de proteína) foram diluídas (1:400 v/v) em água ultrapura (Purificador Miliq Direct-Q® 3UV). As determinações foram realizadas em triplicata e à temperatura ambiente, utilizando o equipamento Zetasizer Nano ZS90 (Malvern®, Worcestershire, Reino Unido).

#### 4.4.7.2 Microscopia fotônica

A análise microscópica das amostras da calda básica foi realizada utilizando microscopia fotônica (Olympus DP72) com sistema de captura de dados. Com um auxílio de pipeta *Pasteur* foram depositadas 3 gotas de amostra sobre uma lâmina e cobertas com a lamínula para leitura com a objetiva de 10x. Após varredura pela lâmina foram capturadas imagens dos campos com melhor visibilidade de distribuição de partículas (Coelho *et al.*, 2019).

#### 4.4.7.3 Microscopia eletrônica de varredura

A análise microscópica da topografia das amostras foi realizada utilizando o microscópio eletrônico varredura nas amostras de sorvete liofilizado. A análise foi realizada após 2 dias de estocagem do sorvete com diferentes teores de proteína. As três formulações de sorvetes foram vertidas em placas de petri e cobertas com papel filme, onde foram feitos micro furos para trocas gasosas. O material foi congelado por 48 horas e em seguida foi realizado o processo de liofilização no equipamento liofilizador (LJJ0, CIENTÍFICA JJ) a  $-44,4^\circ\text{C}$  e vácuo de 176 mmHg, por 24 horas, para retirada de água livre das amostras (Rezende; Coelho; Costa, 2021).

As amostras dos tratamentos denominado controle, dobro e fonte foram fixadas em porta-espécimes metálicos (*stubs*) com 12 mm de diâmetro de 10 mm de altura, cada. Foi utilizada uma fita dupla face para a fixação, sendo previamente aplicada no *stub* e pressionada, eliminando rugosidades. As amostras, logo após, foram colocadas na parte superior da fita. Foi utilizado para visualização das amostras, o microscópio

eletrônico de varredura Phenom proX com Detector de Energia Dispersiva (EDS) acoplado.

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido segundo o delineamento em blocos casualizados, em quatro repetições. Para análise da taxa de derretimento, foi empregada estatística descritiva, em apenas uma repetição. Para o perfil de textura, cor, pH e análise de *Overrun* foi utilizado o delineamento em parcelas subdividas no tempo, sendo o tratamento considerado como fator principal, e o tempo, como subfator. Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, com significância  $P < 0,05$ , por meio do programa estatístico “SISVAR®” 4.3 (Ferreira, 2019).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO CONCENTRADO PROTEICO DE LEITE 70 % (MPC 70)

A composição centesimal do MPC 70 utilizado na formulação dos sorvetes está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição centesimal do MPC 70 empregado nas formulações dos sorvetes

Atributos	MPC 70
Proteína (%m/m)	69,6
Lactose (%m/m)	17,8
Cinzas (%m/m)	7,1
Gordura (%m/m)	0,5
Umidade (%m/m)	5,0

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Não há um padrão legal nacional estabelecido para a composição centesimal do MPC. Embora o teor de proteínas seja estabelecido e empregado na nomenclatura de cada tipo de MPC, os teores dos seus componentes são variáveis. O MPC 70 empregado por Agarwal *et al.* (2015) apresentou 70% de proteína, 16% de lactose, 7% de cinzas e 1,5% de gordura. Crowley *et al.* (2014) verificaram teores de 68,3% de proteína, 18% de lactose, 8% de cinzas, 1,6% de gordura e 8% de umidade. Meena *et al.* (2017) relataram uma variação na composição do MPC 70 que, embora tenha apresentado teor de proteínas de 70%, a lactose variou entre 16 e 17%, as cinzas de 7,2 a 8%, a gordura de 1,4 a 2% e a umidade de 4 a 7,2%.

### 5.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, ACIDEZ TITULÁVEL, E pH DA CALDA

Não foram verificadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para as médias dos teores de carboidratos, gordura e cinzas entre os tratamentos, o que demonstra que a adição de MPC 70 não interferiu diretamente no conteúdo desses componentes nos

diferentes tratamentos. Porém, as análises de proteína, umidade, acidez e pH revelaram diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) entre as formulações.

A Tabela 5 apresenta os resultados médios obtidos das análises de constituintes, acidez e pH das amostras das caldas dos tratamentos “controle”, “dobro” e “fonte”.

Tabela 5 – Resultados médios obtidos das análises de constituintes, acidez e pH das amostras das caldas dos tratamentos “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas

Atributos	Tratamentos		
	“controle”	“dobro”	“fonte”
Proteínas (%m/m)	4,24 ± 0,19 <sup>c</sup>	7,95 ± 0,30 <sup>b</sup>	9,85 ± 0,37 <sup>a</sup>
Carboidratos (%m/m)	24,78 ± 1,74 <sup>a</sup>	25,44 ± 2,62 <sup>a</sup>	26,04 ± 2,73 <sup>a</sup>
Gorduras (%m/m)	7,31 ± 0,22 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,26 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,48 <sup>a</sup>
Cinzas (%m/m)	1,71 ± 0,81 <sup>a</sup>	2,25 ± 1,00 <sup>a</sup>	2,26 ± 0,72 <sup>a</sup>
Umidade (%m/m)	61,95 ± 2,01 <sup>a</sup>	57,01 ± 3,07 <sup>b</sup>	54,49 ± 2,71 <sup>c</sup>
Acidez (g ác. láctico/100g)	0,20 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,04 <sup>a</sup>
pH	6,82 ± 0,07 <sup>a</sup>	6,70 ± 0,09 <sup>b</sup>	6,63 ± 0,08 <sup>c</sup>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (DP). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

A adição de MPC 70 contribuiu significativamente para o aumento do teor proteico das formulações, dessa forma, o tratamento “fonte”, obteve maior teor que o “dobro” que, por sua vez, foi maior que o “controle” ( $P < 0,05$ ). Entretanto os resultados revelam que a quantidade de MPC 70 empregada não foi suficiente para obter o dobro de proteína da formulação “controle”, que apresentou teor proteico de 4,24 %. Isso ocorreu porque os cálculos das formulações foram obtidos a partir das informações nutricionais contidas nas fichas técnicas dos ingredientes, que resultou em 3,27 % de proteína.

Apesar disso, a formulação do tratamento “dobro” pode ser classificada como sorvete adicionado de proteína. O mesmo se aplica para o tratamento “fonte”, uma vez que atendeu ao disposto na IN 75/2020 (Brasil, 2020b), com relação ao teor mínimo de proteínas para receber essa alegação, já que na porção recomendada de consumo (5 g em 60 g), apresentou 5,91 g de proteínas.

Em relação aos aminoácidos essenciais da proteína adicionada, definidas no Anexo XXI da legislação (Brasil, 2020b), conforme demonstrado no Quadro 2, o

conteúdo aproximado de aminoácidos essenciais presentes no leite (Agarwal *et al.*, 2015), matéria-prima do MPC, atende ao perfil de aminoácidos para a declaração de alegações nutricionais de proteína.

Quadro 2 – Conteúdo aproximado de aminoácidos essenciais presentes no leite e perfil de aminoácidos para declaração de alegações nutricionais de proteína.

<b>Aminoácidos</b>	<b>Conteúdo de aminoácidos do leite (miligrama de aminoácidos por grama de proteína)</b>	<b>Composição de referência para declaração de alegação nutricional de proteína (miligrama de aminoácidos por grama de proteína)</b>
Histidina	27	15
Isoleucina	56	30
Leucina	97	59
Lisina	79	45
Metionina e cisteína	25	22
Fenilalanina e tirosina	52	38
Treonina	46	23
Triptofano	13	6
Valina	66	39

Fonte: Adaptado de Agarwal *et al.* (2015); Brasil (2020).

O resultado médio de umidade também foi influenciado pela adição de MPC 70, com diferenças significativas entre as amostras ( $P < 0,05$ ). Assim, a calda do tratamento “fonte”, apresentou menor teor médio de umidade que o tratamento “dobro”, que também foi menor que o “controle” ( $P < 0,05$ ). Esses resultados podem ser explicados pela composição do MPC, que é uma fonte concentrada de proteínas e outros sólidos do leite, com baixo teor de água. A adição de MPC nas formulações de sorvetes, aumenta consideravelmente o teor de sólidos, o que resulta, inversamente, em menor teor de umidade no produto final (Pelegriane; Carrasqueira, 2008; Torres, 2005).

No presente estudo, a amostra “fonte” apresentou maior acidez, seguida da amostra “dobro”, sendo o menor valor de acidez da amostra “controle” ( $P < 0,05$ ).

Resultados semelhantes ao de Patel; Baer; Acharya (2006), que relatam o aumento significativo ( $P < 0,05$ ) da acidez titulável (0,19 e 0,22%), em função da elevação do teor proteico em sorvetes acrescidos de WPC e de MPC. O aumento no teor de sólidos não gordurosos tende a aumentar a acidez e a diminuir o pH do sorvete (Goff, 2016), uma vez que eleva a quantidade de compostos ácidos, especialmente a caseína (Reis; Pinto; Brandi, 2011).

Também houve diferença estatística entre o pH dos três tratamentos. Na amostra “fonte” o pH foi menor, quando comparado com a amostra “dobro”, que, por sua vez, foi menor que o “controle” ( $P < 0,05$ ), o que foi condizente com a análise de acidez.

### 5.3 OVERRUN

Verificou-se que, embora o teor de proteína tenha sido aumentado, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) nos resultados da análise de *overrun* entre as formulações de sorvete "controle", "dobro" e "fonte" (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultados médios das análises de *overrun* das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas

Atributo	Tratamentos		
	Controle	Dobro	Fonte
<b>Overrun (%)</b>	38,52 ± 5,95 <sup>a</sup>	39,18 ± 7,89 <sup>a</sup>	35,85 ± 6,25 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (DP).

A adição de MPC não influenciou a quantidade de ar incorporada nas diferentes formulações. Entretanto a incorporação de ar foi menor do que relatado na literatura (Patel; Baer; Acharya, 2006; Alvarez *et al.*, 2005) e foi verificado um alto desvio padrão, o que pode ter interferido na análise estatística. Os resultados podem ser explicados em decorrência da produção de lotes pequenos de sorvetes (Patel; Baer; Acharya, 2006) e da variação nas condições de processamento e do equipamento (Vieira *et al.*, 2020).

Patel, Baer, Acharya (2006), embora tenham relatado dificuldades no controle da incorporação de ar na fabricação de pequenos lotes de sorvete, obtiveram taxas de *overrun* que variaram de 86,58% a 92,93% nos tratamentos estudados, com adição de diferentes concentrações de WPC e de MPC, considerando 30, 60 e 90% de aumento da proteína.

Em estudos realizados por Daw e Hartel (2015) e Ferretto (2020), também não foram verificadas diferenças estatísticas, em relação à incorporação de ar, nas formulações de sorvetes com diferentes teores e tipos de proteínas lácteas. Por outro lado, Levin, Burrington e Hartel (2016) verificaram que a adição de concentrado proteico de soro fosfolipídico resultou em níveis menores de incorporação de ar, quando comparado ao sorvete “controle”.

Roy *et al* (2022) também obtiveram valores menores de *overrun* ( $p < 0,05$ ) com um aumento na concentração de proteína do soro para 6%, 8% e 10%, quando comparado com o controle. Isto pode ser atribuído à capacidade de ligação à água e à capacidade de gelificação das proteínas do soro, resultando em maior viscosidade das amostras (Goff; Hartel, 2013). Alvarez *et al.* (2005) utilizando dois concentrados de proteína do leite (MPC 56 e MPC 85%) como substitutos de 20 e 50% da proteína, teve uma menor incorporação de ar no “controle” (65,04%), e *overrun* mais alto em sorvetes com a adição de 20% de MPC 85 (74,01%), e 50% de MPC 56 (72,54%).

Os trabalhos indicam que a adição de determinados tipos e teores de concentrado proteico pode influenciar a incorporação de ar no sorvete, interferindo no *overrun* (Young, 2000). Entretanto, os resultados encontrados são divergentes, bem como o percentual de *overrun* dos sorvetes, pois possuem diferentes formulações, condições de processamento e equipamentos (Vieira *et al.*, 2020).

É importante encontrar um equilíbrio adequado para garantir a textura desejada e a estabilidade do sorvete. O “controle” do *overrun* é crucial para um produto padronizado com textura e palatabilidade adequadas. Isso impacta diretamente a qualidade do sorvete, pois as bolhas de ar conferem maciez e tornam o sorvete leve e fácil de mastigar (Vieira *et al.*, 2020; Goff, 2016).

#### 5.4 RESISTÊNCIA AO DERRETIMENTO

A taxa de derretimento (grama/minuto) foi maior na amostra “controle”, seguida do sorvete com o “dobro” de proteínas e da formulação “fonte” de proteínas, como demonstrado a Tabela 7.

Tabela 7 – Quantidade total de massa derretida nos tratamentos de proteínas "controle", "dobro" e "fonte" e suas taxas de derretimento (grama/minuto)

Análises	Tratamentos		
	Controle	Dobro	Fonte
<b>Derretimento após 90 minutos (g)</b>	67,5	41,1	17,15
<b>Taxa de derretimento (g/min.)</b>	0,75	0,46	0,19

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os sorvetes com maior teor proteico apresentaram menor quantidade total de massa derretida (g). A proteína atua como um estabilizante, formando uma rede tridimensional, que retém água e impede que o sorvete derreta rapidamente (Silva, 2020). Quando há maior quantidade de proteína na composição do sorvete, essa rede de proteínas se torna mais densa e robusta. Dessa forma, as moléculas de água ficam mais retidas nessa estrutura, resultando em uma menor mobilidade e menor tendência ao derretimento (Souza *et al.*, 2010).

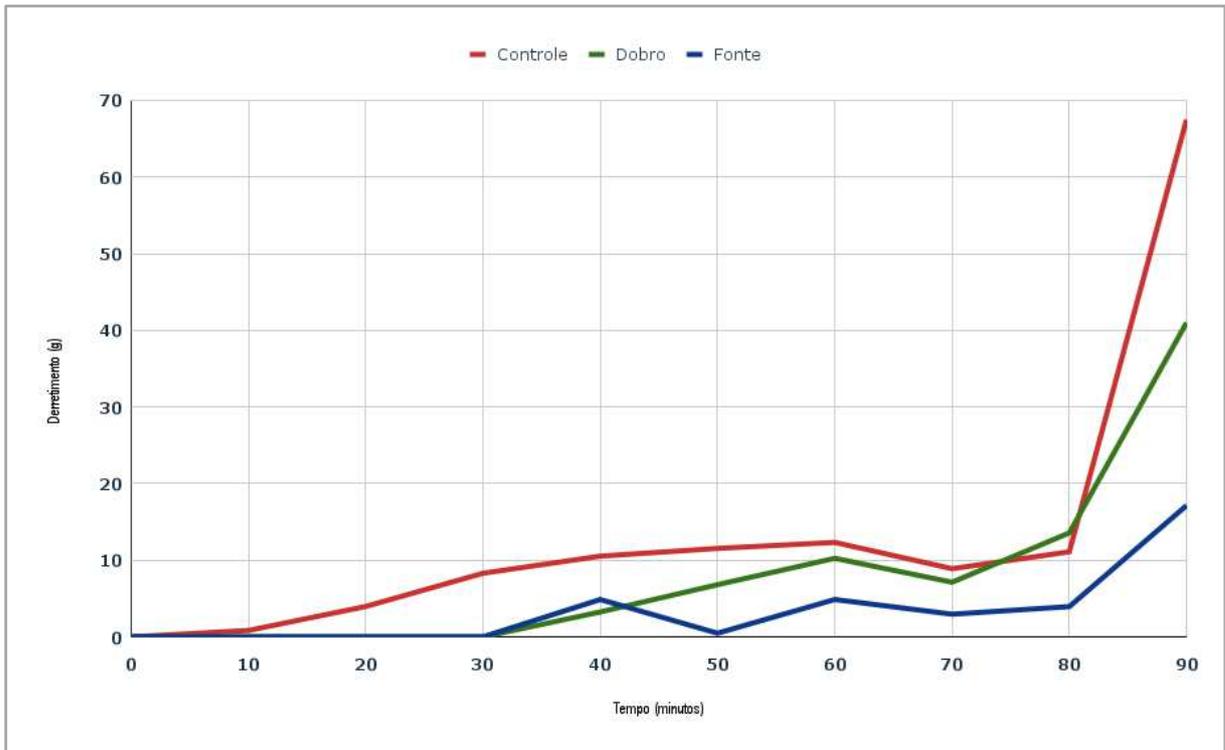
Roy *et al.* (2022), observou um rápido derretimento de amostras de sorvetes adicionados de proteína isolada de soro de leite (WPI), com teor proteico de 8 e 10% com taxa de fusão significativamente maior (0,54 e 0,74 g/min), em comparação ao “controle” (6% de proteína) com taxa de fusão de 0,26 e 0,24 g/min, concluindo que o aumento do teor de proteína resultou um aumento na taxa de fusão do sorvete.

O comportamento dos sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas na análise da taxa de derretimento ao longo do tempo está apresentado na Figura 5.

Durante a análise, o sorvete "controle" iniciou o derretimento nos primeiros 10 minutos, enquanto as amostras "dobro" e "fonte" apresentaram derretimento após 30 minutos de teste. Ao final dos 90 minutos de análise, a massa derretida foi menor, quanto maior foi o teor de proteínas. Dessa forma, quanto mais proteico, maior a capacidade do sorvete resistir ao derretimento, proporcionando uma

experiência sensorial mais agradável ao consumidor e prolongando o tempo de aproveitamento do sorvete, antes que ele se transforme em líquido (Carvalho, 2012).

Figura 5 – Taxa de derretimento (g) dos sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas ao longo do tempo (90 minutos)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O processo de derretimento dos sorvetes é influenciado por diversos fatores, incluindo a taxa de incorporação de ar ou *overrun* (Sofjan; Hartel, 2004), interações lipídicas e cristalização da gordura (Granger *et al.*, 2005), tipo e concentração de emulsificante (Bolliger; Goff; Tharp, 2000), e o diâmetro dos glóbulos de gordura (Koxholt; Eisenmann; Hinrichs, 2001). Assim como altos níveis de sólidos totais, que podem ser responsáveis por um derretimento mais lento (Correia *et al.*, 2008).

No presente trabalho, embora não tenha sido verificada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) no *overrun* das três formulações, é possível afirmar que o aumento do teor proteico proporcionou uma menor taxa de derretimento, uma vez que foi a única alteração realizada na fórmula original do produto. A menor taxa de

derretimento pode ser considerada uma vantagem tecnológica, uma vez que beneficia o consumo, principalmente em dias quentes.

## 5.5 ANÁLISES DE pH DOS SORVETES AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAGEM.

Os resultados médios de pH das amostras de sorvetes estão apresentados na Tabela 8. A análise estatística revelou que a amostra “controle” obteve maior valor de pH e diferiu significativamente ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos “dobro” e “fonte”, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ), considerando a média obtida nos pontos analisados durante a armazenagem das amostras.

Tabela 8 – Resultados médios das análises de pH das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas ao longo do tempo de armazenagem.

Atributo	Tratamentos		
	“Controle”	“Dobro”	“Fonte”
pH	6,79 ± 0,10 <sup>a</sup>	6,68 ± 0,10 <sup>b</sup>	6,60 ± 0,12 <sup>b</sup>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (DP).

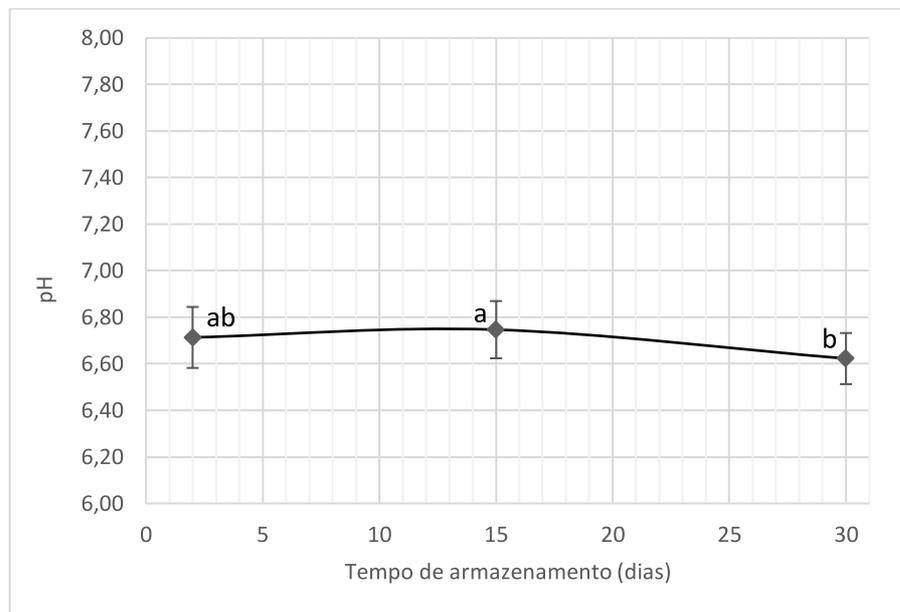
A adição de MPC 70 influenciou na redução do pH dos sorvetes “dobro” e “fonte”. Goff (2016) relata que o pH do sorvete está associado à composição da mistura, sendo influenciado pela porcentagem de sólidos não gordurosos. O aumento nos sólidos não gordurosos tende a aumentar a acidez e diminuir o pH do sorvete, neste caso, devido ao aumento da concentração da caseína (Reis; Pinto; Brandi, 2011). Isso foi observado no presente estudo, onde o sorvete “fonte” e “dobro”, que apresentaram maiores teores de sólidos não gordurosos, também registraram menores valores de pH ( $P < 0,05$ ), em comparação com o sorvete “controle”.

O aumento de sólidos não gordurosos com predominância de proteínas do soro de leite tende a aumentar o pH da mistura, com menor acidez inicial (Reis; Pinto; Brandi, 2011). Ferreto (2020) observou valor de pH (6,68) significativamente maior para o sorvete adicionado de 16% de WPC 80%, quando comparado ao produto com adição de 16% de WPC 60% (6,57). Silva, Bolini e Antunes (2004)

demonstraram resultados de pH de 6,68 e pH de 6,48, respectivamente, em sorvetes adicionados de soro desmineralizado e concentrado proteico de soro de leite 35%.

A Figura 6 apresenta os índices médios de pH ao longo do armazenamento dos sorvetes por 02, 15 e 30 dias.

Figura 6 – Índices médios de pH dos sorvetes ao longo de 02, 15 e 30 dias de armazenamento



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Foram verificadas diferenças significativas no pH médio das formulações entre os períodos de 15 e 30 dias de armazenamento, porém, ambos não diferiram estatisticamente do pH médio de 02 dias de maturação. Não houve diferença na interação tratamento e tempo ( $P > 0,05$ ).

## 5.6 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DOS SORVETES

Os resultados médios de dureza, elasticidade, adesividade, coesividade e mastigabilidade dos tratamentos “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas estão apresentados na Tabela 9. Em todos os casos, não foi observada diferença na interação entre tratamento e tempo ( $P > 0,05$ ).

Tabela 9 – Análise do perfil de textura nas diferentes formulações “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas (média dos resultados obtidos em todos os tratamentos).

Atributos	Tratamentos		
	“Controle”	“Dobro”	“Fonte”
Dureza (N)	17,20 ± 7,70 <sup>a</sup>	18,84 ± 8,66 <sup>a</sup>	24,71 ± 10,80 <sup>a</sup>
Elasticidade (mm)	16,42 ± 1,00 <sup>a</sup>	16,37 ± 1,45 <sup>a</sup>	17,25 ± 0,70 <sup>a</sup>
Adesividade (J)	16,97 ± 5,59 <sup>b</sup>	22,32 ± 10,19 <sup>b</sup>	37,23 ± 15,95 <sup>a</sup>
Coesividade	0,16 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,02 <sup>a</sup>
Mastigabilidade (J)	41,19 ± 15,93 <sup>b</sup>	57,03 ± 30,29 <sup>ab</sup>	87,76 ± 39,83 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (DP). Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

A dureza e a elasticidade não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, indicando que o teor de proteína não influenciou essas características.

Vários fatores podem alterar a dureza do sorvete, entre os quais a formulação e o *overrun* (Roy *et al.*, 2022). A incorporação de ar no sorvete confere maciez ao produto (Vieira, *et al.*, 2020; Goff, 2016). Os resultados do presente trabalho são condizentes com a análise de *overrun*, que também não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Ressalta-se, entretanto, que, assim como a taxa de *overrun*, a análise da dureza também apresentou elevado desvio padrão.

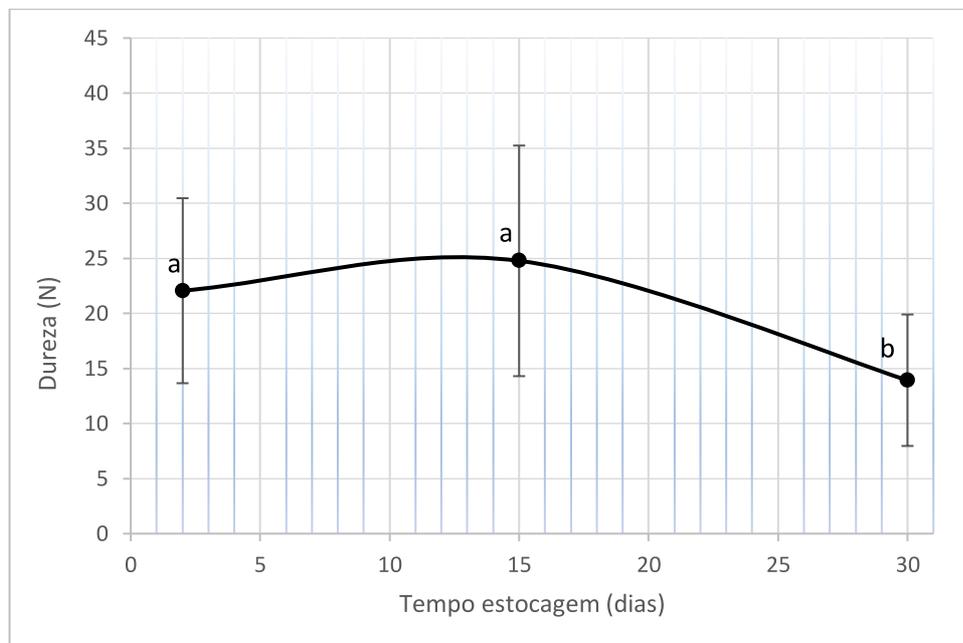
Daw e Hartel (2015), observaram em seu estudo, que o aumento de proteína em sorvete, usando diferentes fontes de proteína do leite, como, leite em pó desnatado, WPI e MPC 85 afetou a coalescência parcial dos glóbulos de gordura e as taxas de fusão, resultando em sorvete com maior dureza.

Roy *et al.* (2022) observaram a substituição do leite desnatado por WPI elevou significativamente a dureza dos sorvetes. O acréscimo do teor de proteína de 4% (amostra controle) para 10%, aumentou a dureza das amostras de sorvete de 13,60 N para 47,66 N. Os autores relacionaram esses resultados ao aumento da viscosidade e à diminuição do *overrun*.

Resultados contraditórios relacionados à dureza e à incorporação de ar podem ser explicados pela variabilidade de fatores que interferem nesses dois atributos. A dureza também é influenciada pelo tamanho dos cristais de gelo e de gordura (Sofjan; Hartel, 2004), pelo volume da fase congelada e pela desestabilização da gordura (Clarke, 2004).

Durante o período de armazenamento, a média da dureza aos dois dias não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) em relação aos valores observados aos 15 dias, no entanto, foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) em comparação aos 30 dias (Figura 7).

Figura 7 – Índices médios  $\pm$  Desvio Padrão (DP) de dureza (N) dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento



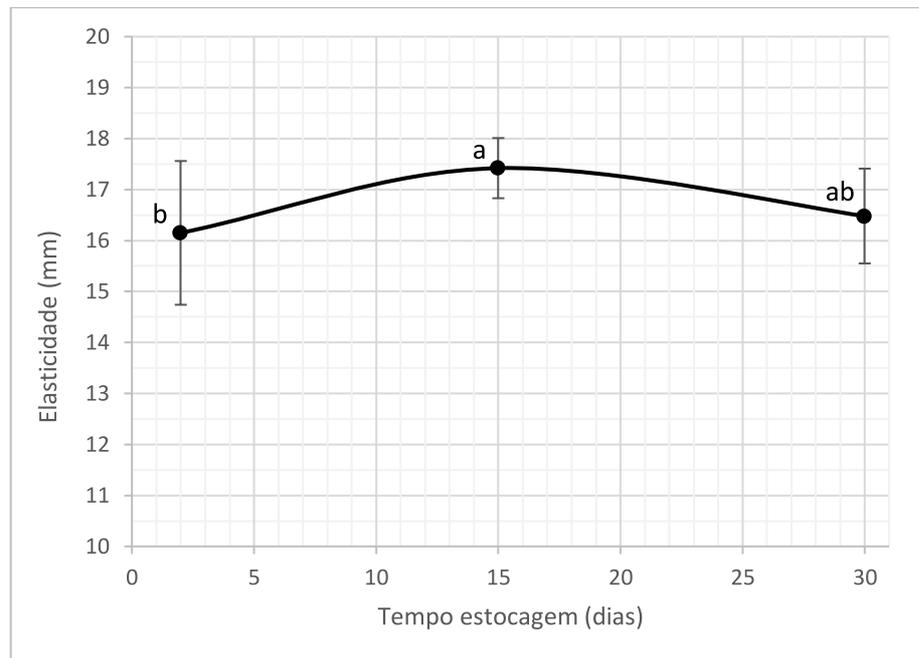
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

A alteração na dureza ao longo do tempo de armazenamento em sorvetes proteicos, pode ser atribuída a diversos fatores, como a formação de cristais de gelo, interações entre os ingredientes, e a exposição a diferentes temperaturas.

A elasticidade também não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 9). Durante o armazenamento, a elasticidade média não apresentou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os períodos de dois e 30 dias, sendo que ao final do armazenamento também não diferiu estatisticamente ( $P > 0,05$ ) da média observada aos 15 dias (Figura 8).

Figura 8 – Índices médios  $\pm$  Desvio Padrão (DP) de elasticidade (mm) dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento



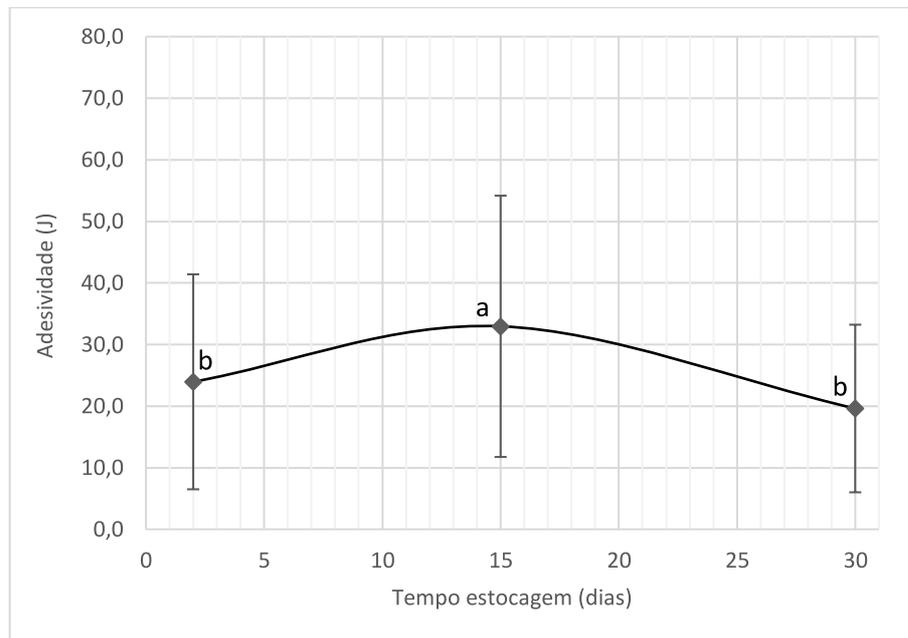
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

A adesividade foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) no tratamento “fonte”, enquanto as formulações “controle” e “dobro” não apresentaram diferenças significativas entre si ( $P > 0,05$ ), conforme apresentado na Tabela 9. Esse resultado está de acordo com relatos na literatura que indicam maior adesividade em formulações com maior teor proteico (Salem *et al.*, 2020; Furlán; Campderrós, 2015).

A Figura 9 apresenta o comportamento da adesividade ao longo do armazenamento por 02, 15 e 30 dias para os três tratamentos.

Figura 9 – Índices médios  $\pm$  Desvio Padrão (DP) de adesividade (J) dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

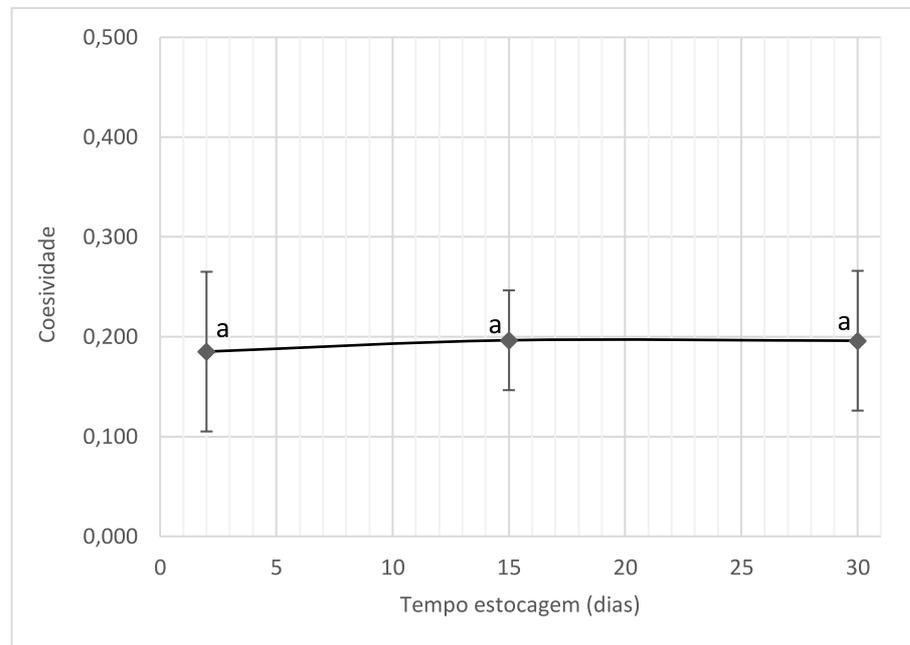
Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

A adesividade média dos três tratamentos aumentou significativamente ( $P < 0,05$ ) durante o armazenamento dos sorvetes do 2º dia até 15º dia. Aos 30 dias de congelamento o índice médio de adesividade das formulações não diferiu estatisticamente daquele apresentado aos dois dias.

A coesividade foi significativamente menor ( $P < 0,05$ ) no tratamento “controle”, enquanto as formulações “dobro” e “fonte” não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre si (Tabela 9), o que sugere que a adição de MPC pode ter interferido nesse atributo.

A Figura 10 apresenta o comportamento da coesividade ao longo do armazenamento por 02, 15 e 30 dias para as três formulações de sorvetes.

Figura 10 – Índices médios  $\pm$  Desvio Padrão (DP) de coesividade dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

A coesividade média dos sorvetes não apresentou variação significativa ( $P > 0,05$ ) ao longo do armazenamento.

A proteína forma uma rede coesa entre as moléculas (Silva, 2020), que pode afetar a textura do sorvete, conferindo-lhe uma consistência mais cremosa e resistente. Isso ocorre devido à capacidade da proteína de formar ligações e interações com outras moléculas do alimento, contribuindo para a formação de uma matriz mais estável (Gonçalves, Lannes, 2010). Assim, o maior conteúdo de proteína pode ter contribuído para um produto com maior adesividade e coesividade, o que também interferiu na menor taxa de derretimento apresentada pelos tratamentos “dobro” e “fonte”.

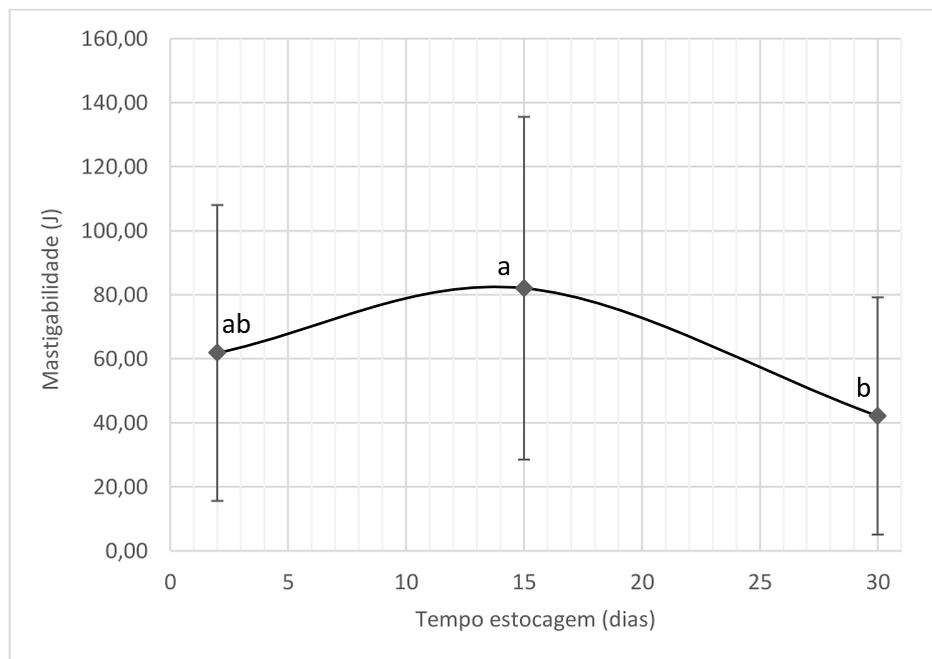
A mastigabilidade também foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) na formulação “fonte”, não diferindo do tratamento “dobro”, que, por sua vez, não diferiu do tratamento “controle” ( $P > 0,05$ ) (Tabela 9).

A mastigabilidade está relacionada à incorporação de ar, uma vez que as bolhas de ar proporcionam maciez deixando o produto leve e deformável à mastigação (Goff; Hartel 2013). Além disso, também está associada à dureza, pois quanto mais

duro o alimento, maior a resistência à quebra durante a sua mastigação (Fox *et al.*, 2004). Apesar disso, os resultados não foram condizentes com as análises de *overrun* e de dureza, pois a adição de MPC apresentou maior influência sobre o atributo mastigabilidade. O elevado desvio padrão apresentado na análise de mastigabilidade pode ter interferido na análise estatística dos resultados.

A Figura 11 demonstra o comportamento do atributo mastigabilidade ao longo do tempo para os três tratamentos.

Figura 11 – Índices médios  $\pm$  Desvio Padrão (DP) de mastigabilidade (J) dos sorvetes ao longo dos tempos 02, 15 e 30 dias de armazenamento



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

O valor médio de mastigabilidade dos sorvetes aos dois dias de estocagem não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) quando comparado com o verificado aos 15 dias. Aos 30 dias de armazenamento a mastigabilidade média foi estatisticamente menor ( $P < 0,05$ ) que aos 15 dias, entretanto, não diferiu do valor encontrado aos dois dias ( $P > 0,05$ ).

A textura de um alimento é influenciada pela sua composição, propriedades físico-químicas, tamanho e forma dos componentes. Para sorvetes, a textura é um aspecto crucial na experiência de consumo e desempenha um papel fundamental na

aceitação do produto pelos consumidores (Duarte; Damy Benedetti, 2019). Maiores teores de proteínas podem influenciar na capacidade de formação de estrutura e textura dos sorvetes em função de sua atuação como agentes estabilizadores e estruturantes nesse produto (Lamounier, 2012).

## 5.7 CARACTERIZAÇÃO DA COR DOS SORVETES

Os resultados da análise de cor indicam que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) nos atributos  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  dos sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte”, como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados médios das análises de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), obtidos ao longo da estocagem, das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas

Atributos	Tratamentos		
	“Controle”	“Dobro”	“Fonte”
$L^*$	50.23 ± 3,14 <sup>a</sup>	51.35 ± 1,67 <sup>a</sup>	46.82 ± 3,29 <sup>a</sup>
$a^*$	12.87 ± 0,46 <sup>a</sup>	12.44 ± 0,37 <sup>a</sup>	12.93 ± 0,36 <sup>a</sup>
$b^*$	16.70 ± 0,61 <sup>a</sup>	16.16 ± 0,84 <sup>a</sup>	15.79 ± 0,79 <sup>a</sup>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (DP).

A adição do MPC não teve um impacto perceptível na luminosidade ( $L^*$ ), nem na intensidade das cores vermelha ( $a^*$ ) e amarela ( $b^*$ ) dos sorvetes. O preparado saborizante (chocolate) utilizado pode ter desempenhado um papel na uniformização da cor das amostras. Como resultado, apesar da adição de MPC, a tonalidade "chocolate" prevaleceu.

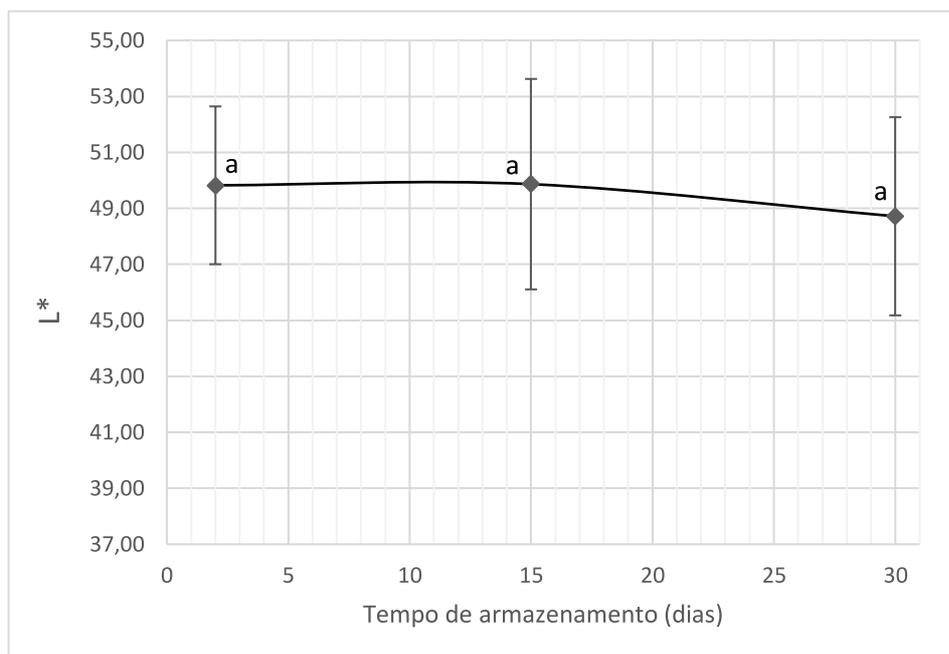
A cor é um atributo sensorial essencial, intimamente relacionado à aparência visual, que desempenha um papel significativo na escolha do consumidor. Sua percepção é influenciada pelos ingredientes usados na formulação e pela qualidade e uso de corantes nos alimentos (Ramos, 2013).

As Figuras 12, 13 e 14 apresentam, respectivamente, os resultados médios de luminosidade ( $L^*$ ) e das coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$  das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” ao longo de um período de armazenamento de 02, 15 e

30 dias. Em todos os casos, não houve diferença na interação tratamento e tempo ( $P > 0,05$ ).

A luminosidade das amostras de sorvetes não apresentou variação significativa ( $P > 0,05$ ) ao longo do período de estocagem (Figura 12).

Figura 12 - Resultados médios da análise da luminosidade ( $L^*$ ) das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas, ao longo do tempo de estocagem

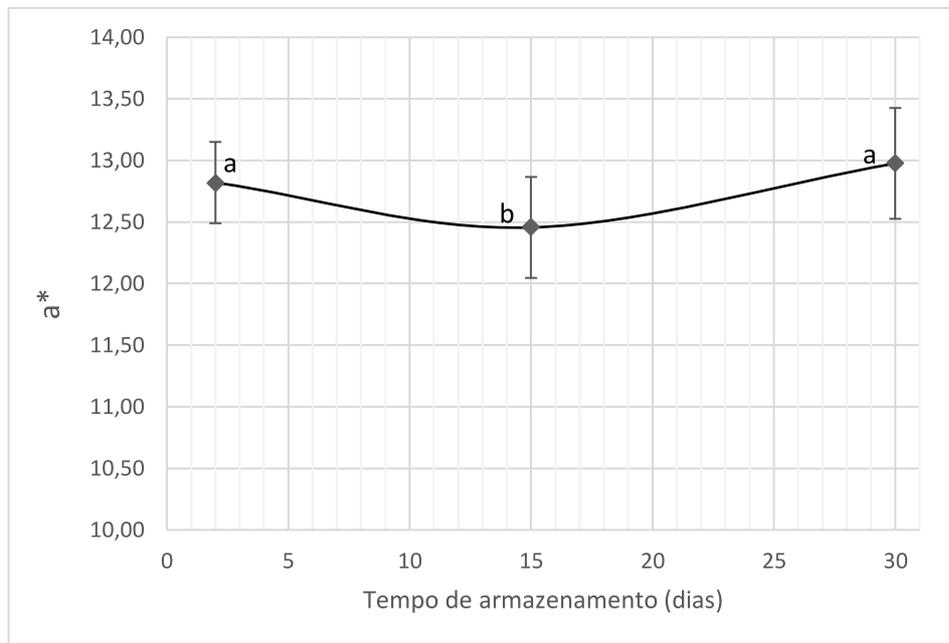


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Em relação à coordenada cromática  $a^*$  (Figura 13) que, quando positiva, indica a intensidade da cor vermelha, observou-se uma diferença significativa entre os tempos de avaliação ( $P > 0,05$ ). A média de  $a^*$  aos dois dias foi significativamente maior em comparação aos 15 dias ( $P < 0,05$ ), indicando uma maior intensidade da cor vermelha no início da estocagem. No entanto, essa média não diferiu significativamente daquela apresentada aos 30 dias ( $P > 0,05$ ), indicando uma relativa estabilidade da cor vermelha ao longo do período de armazenamento.

Figura 13 - Resultados médios da análise de cor ( $a^*$ ) das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas, ao longo do tempo de estocagem

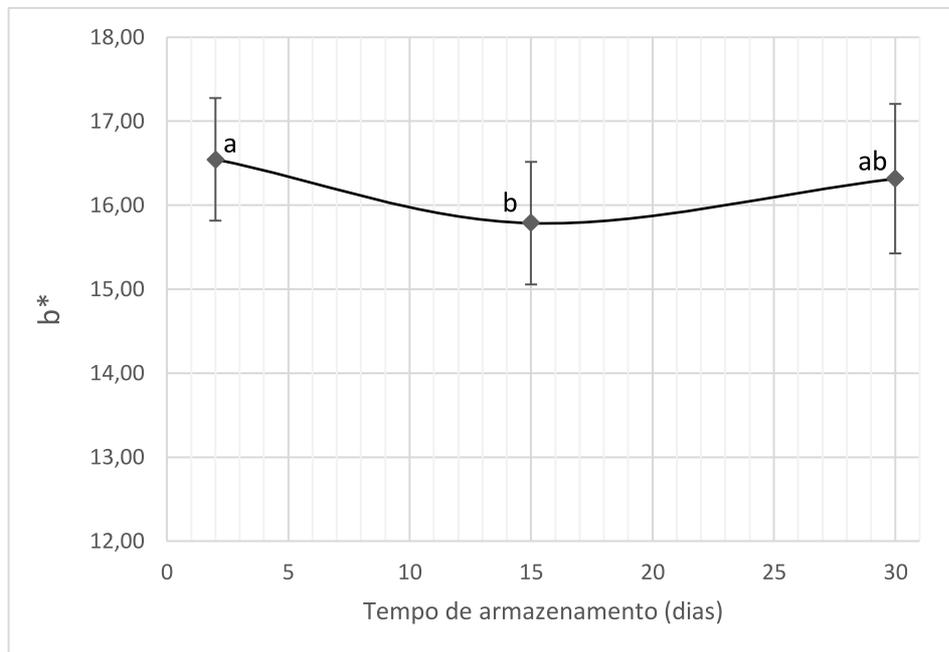


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Ao analisar a coordenada cromática  $b^*$  (Figura 14) que, quando positiva, representa a intensidade da cor amarela, observou-se que o valor médio aos dois dias foi estatisticamente igual ( $P > 0,05$ ) àquele apresentado aos 30 dias que, por sua vez, não diferiu do verificado no tempo de 15 dias ( $P > 0,05$ ). Isso indica que, apesar da diferença nos primeiros dias de estocagem, a cor amarela também se manteve ao longo do armazenamento.

Figura 14 - Resultados médios da análise de cor ( $b^*$ ) das amostras de sorvetes “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas, ao longo do tempo de estocagem



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Não foram encontradas referências na literatura que abordassem a análise da cor  $L^*a^*b^*$  em sorvetes enriquecidos com MPC, nem adicionados de saborizante chocolate. Estudos que investigaram sorvetes à base de creme adicionados de concentrado ou isolado proteico de soro, visando aumentar o teor de proteína, apresentaram resultados diversos. Enquanto Ferretto (2020) indicou maior propensão à tonalidade verde, Akalin, Karagözlü e Ünal (2007) não encontraram diferença significativa nos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

## 5.8 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A Tabela 11 apresenta os resultados das análises de Enterobactérias, *S. aureus*, Fungos Filamentosos e leveduras, *Salmonella* sp., microrganismos aeróbios mesófilos e psicotróficos.

Tabela 11 – Resultados médios das análises microbiológicas ( $\log_{10}$  UFC.g-1) das amostras de sorvete “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas (média  $\pm$  desvio padrão) e padrão legal específico

Microrganismo	“Controle”	“Dobro”	“Fonte”	Padrão legal*
<b>Enterobactérias/g</b>	1,90 $\pm$ 1,20	1,74 $\pm$ 1,62	1,30 $\pm$ 1,11	n=5 c=2 m=1 M=2
<b>S. aureus</b>	<1	<1	<1	=5 c=2 m=2 M=2,7**
<b>Salmonella/25g</b>	Ausente	Ausente	Ausente	n=5 c=0 m=ausência
<b>FF e leveduras</b>	2,24 $\pm$ 1,54	2,17 $\pm$ 1,32	2,33 $\pm$ 2,24	Não estabelecido
<b>Mesófilos</b>	3,27 $\pm$ 1,44	3,26 $\pm$ 2,14	3,25 $\pm$ 2,26	Não estabelecido
<b>Psicrotróficos</b>	<1	<1	<1	Não estabelecido

Fonte: Adaptado de Brasil (2022c).

Legenda: \*: padrão da legislação transformado em  $\log_{10}$  para fins de comparação; \*\*: padrão para *Estafilococos* coagulase positiva/g

As contagens de Enterobactérias atenderam ao padrão legal, considerando a amostra indicativa, bem como as análises de *Salmonella sp.* Na análise de *S. aureus* não foi possível detectar sua presença dentro do limite de detecção do teste ( $< 1 \log_{10}$  UFC/g). Os resultados indicam que as formulações atenderam aos padrões microbiológicos legais para o comércio de gelados comestíveis, estabelecidos em Brasil (2022c).

A presença de *Salmonella sp.* em sorvetes é uma preocupação importante, considerando a capacidade dessa bactéria de sobreviver em ambientes congelados. Produtos lácteos congelados, como sorvetes, têm sido identificados como potenciais veículos (WHO, 2015). Embora as cepas de *Salmonella spp* sejam eliminadas na pasteurização, o alimento pode ser recontaminado em decorrência de higienização ineficiente de materiais, mãos dos manipuladores, e/ou equipamentos (Bryan *et al.*, 1992).

Estudos que avaliaram sorvetes em estabelecimentos comerciais verificaram a contaminação por *Salmonella spp* em 22% das amostras no estado de São Paulo (Luche *et al.*, 2017), 75% na cidade de Fortaleza - CE (Queiroz *et al.*, 2009) e em São José do Rio Preto/SP (Hoffmann *et al.*, 2000), sendo considerados impróprios para o consumo.

A detecção de *Staphylococcus* spp. em sorvetes ressalta a importância de medidas rigorosas de qualidade e higiene para evitar riscos à saúde pública (Armondes *et al.*, 2003; Paiva *et al.*, 2016). Contagens acima do padrão de *Staphylococcus* coagulase positiva em sorvetes foram verificadas por Queiroz *et al.*, (2009) em todas as marcas estudadas. Pazianotti *et al.* (2010) verificaram que, apesar da ausência de *Salmonella* sp., 9,52% das 21 amostras de sorvetes artesanais e industriais, comercializados na região de Arapongas, Paraná, apresentaram contagens elevadas para *S. aureus*.

Barcelos *et al.* (2019) também evidenciaram resultado satisfatório para *Salmonella* sp., nas amostras de sorvete de chocolate comercializados na cidade de Limoeiro do Norte, Ceará. Entretanto, 100% das amostras de sorvetes a granel tipo self-service, e 60% dos sorvetes industrializados apresentaram níveis inaceitáveis para um ou mais microrganismos (*S. aureus*, *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes).

As análises de fungos filamentosos e leveduras e de microrganismos mesófilos e psicrotróficos não estão previstas na legislação e não possuem recomendações de padrão para contagens (Brasil, 2022c), porém, são importantes indicadores higiênicos-sanitários (Vieira; Martin, 2001).

A presença de fungos filamentosos nos alimentos pode representar riscos de patologias importantes, uma vez que são produtores de aflotoxinas (Vieira; Martin, 2001). Contagens elevadas de fungos nos alimentos indicam utilização de matéria-prima contaminada, higienização inadequada de equipamentos, deficiência no processamento, embalagem ou estocagem (Silva, 2012).

O armazenamento do sorvete em baixas temperaturas não o isenta de possíveis desafios microbiológicos. A proliferação de microrganismos psicrotróficos é uma realidade a ser considerada, o que pode representar um risco para a qualidade e segurança do produto final (Giacomini, 2015; Falcão *et al.*, 1983). Entretanto, não foram detectados microrganismos psicrotróficos, dentro do limite de detecção da análise ( $< 1 \log_{10}$  UFC/g).

Damer *et al.* (2015) avaliaram, em diferentes pontos de vendas, 21 amostras de sorvetes do tipo italiano, de massa artesanal e industrializado no estado do Rio Grande do Sul. As contagens obtidas no trabalho variaram de  $< 1$  a  $7 \log_{10}$  UFC. g<sup>-1</sup>. Os sorvetes de massa apresentaram desenvolvimento psicrotróficos em 43% dos

sorvetes artesanais e 28,6% dos industrializados. Já os sorvetes tipo italiano apresentaram maiores contagens para estes microrganismos.

As bactérias aeróbias mesófilas correspondem a grande parte dos microrganismos patogênicos causadores de toxinfecções alimentares., consistindo em um importante grupo a ser avaliado. Microrganismos mesofílicos podem se desenvolver em alimentos armazenados em temperatura ambiente ou sob refrigeração (psicrotróficos) (Silva, 2012).

Paiva *et al.* (2016) observaram altas contagens para bactérias aeróbias mesófilas em todas as amostras de sorvetes tipo expresso, nos três estabelecimentos analisados, na cidade de Pombal, Paraíba. Damer *et al.* (2015) verificaram contagens consideravelmente mais elevadas do que a encontrada no presente trabalho, que variaram de  $< 1$  a  $6,49 \log_{10} \text{ UFC.g}^{-1}$

O controle microbiológico de sorvetes é fundamental já que, após seu preparo final, não é submetido a qualquer processo de esterilização, como ocorre com outros alimentos, podendo assim ser um meio de propagação de microrganismos (Oliveira *et al.*, 2012).

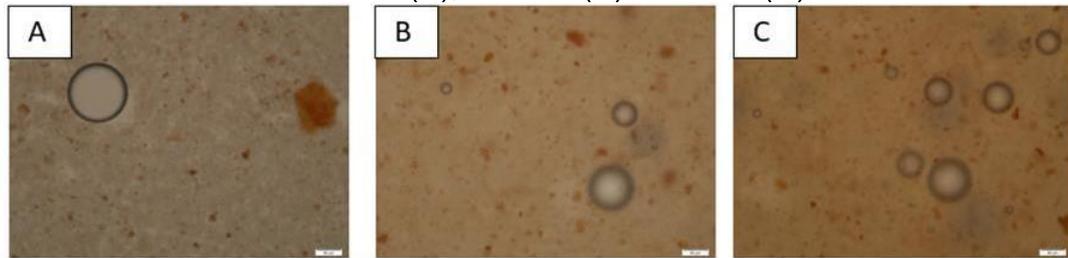
## 5.9 MICROSCOPIA

### 5.9.1 Microscopia fotônica das caldas dos sorvetes

A Figura 15 apresenta as fotomicrografias observadas nas amostras das caldas dos sorvetes nos tratamentos “controle” (A), “dobro” (B) e “fonte” (C) de proteína.

A partir das fotomicrografias, foram observadas bolhas de ar em formato circular e de coloração esbranquiçada distribuídas de diferentes formas nas caldas dos três tratamentos analisados. Além disso, também podem ser observados cristais de açúcar e fragmentos de chocolate. As bolhas de ar em sorvetes são altamente desejáveis, uma vez que influenciam diretamente na consistência e textura, pois representam uma fração de volume essencial (Howell; Muldoon, 2021).

Figura 15 – Fotomicrografias das amostras das caldas de sorvetes das formulações “controle” (A), “dobro” (B) e “fonte” (C)



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Barra de escalas de 50  $\mu\text{m}$  de diâmetro nas imagens.

Quanto menor o tamanho das bolhas de ar no sorvete, maior a percepção da riqueza e cremosidade do produto. Pequenas bolhas de ar limitam, ainda, o crescimento de cristais de gelo, já que ocupam o espaço no qual poderiam se desenvolver (Tharp, 2011), assim como a gordura (Timm, 1989). Patel (2015) também correlacionaram o aumento do teor de proteína pela adição de MPC (85% de proteína) na redução do tamanho dos cristais de gelo, sugerindo que as proteínas foram as responsáveis pelo desenvolvimento da estrutura do sorvete.

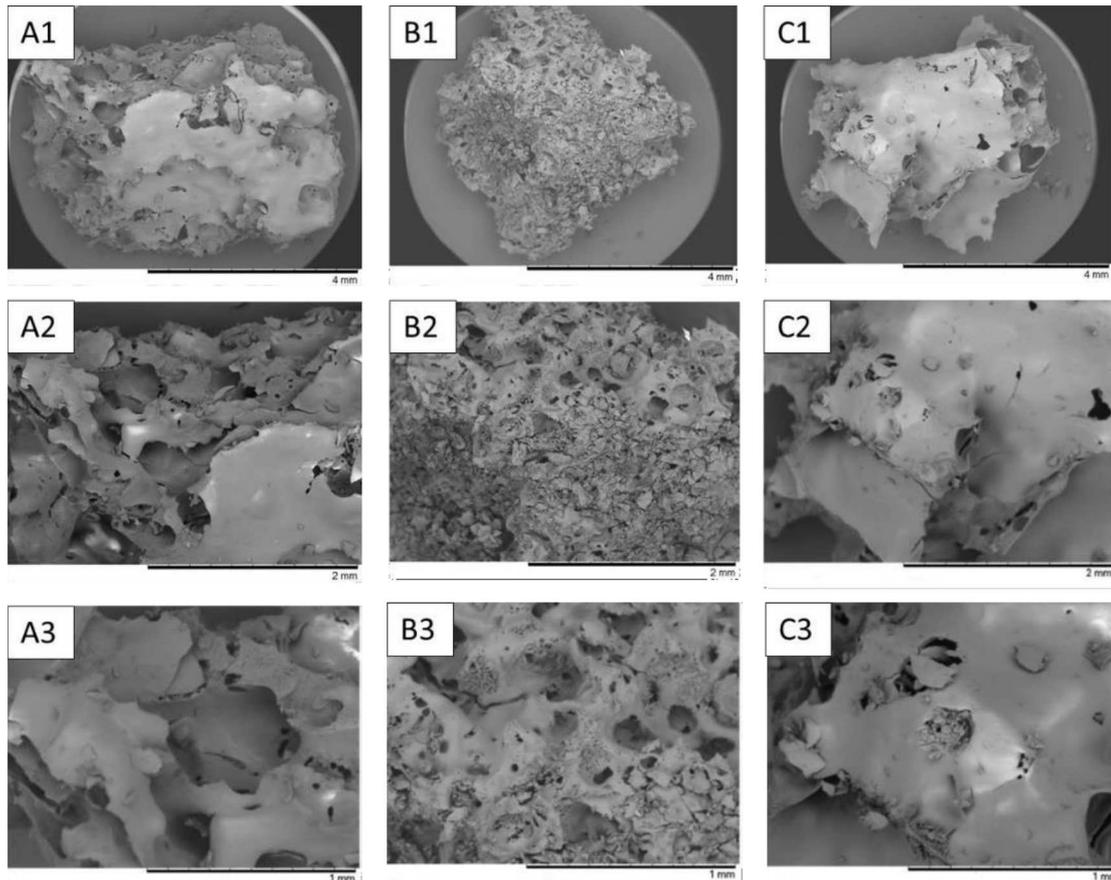
As bolhas de ar, associadas aos glóbulos de gordura e cristais de gelo, conferem ao sorvete suas características de textura macia, aerada e cremosa (Musina *et al.*, 2018). Embora a microscopia tenha sido realizada na calda, a análise da Figura 15 mostra que as formulações adicionadas de MPC (Figuras 15B e 15C) apresentam uma tendência de presença de menores bolhas de ar, quando comparado ao “controle” (Figura 15A). Além das características sensoriais, a presença de bolhas de ar nos sorvetes desempenha um papel importante na manutenção da estabilidade geral do produto (Goff, 1997).

Estruturas cristalinas observadas nas micrografias são compatíveis com a presença de cristais de açúcar. Segundo Tiefenbacher (2019), os cristais de açúcar podem variar de 20  $\mu\text{m}$  até 1.400  $\mu\text{m}$ , logo, compatível com o observado no presente trabalho. As estruturas de coloração amarronzada observadas na Figura 13 podem indicar a presença de fragmentos de chocolate, com variações de tonalidade, que podem ser atribuídas tanto à aspereza da superfície (Briones; Aguilera; Brown, 2006) quanto aos constituintes presentes na formulação, como sacarose, gordura e leite em pó (Dahlenborg *et al.*, 2012).

### 5.9.2 Microscopia eletrônica de varredura dos sorvetes

A Figura 16 apresenta as eletromicrografias de varredura das amostras de sorvete após a liofilização dos tratamentos “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas.

Figura 16 – Eletromicrografias de varredura de amostras de sorvetes “controle” (A1, A2, A3), “dobro” (B1, B2, B3) e “fonte” (C1, C2, C3).



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

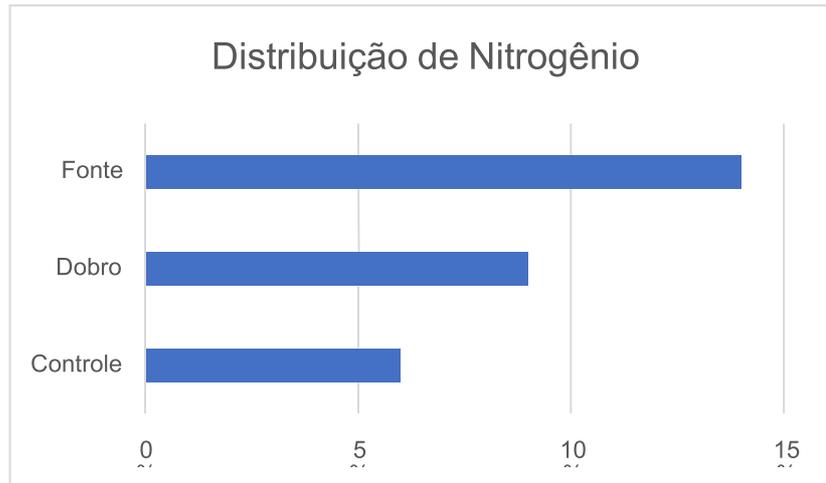
Legenda: Controle: A1 - Barra = 4 mm; A2 - Barra = 2 mm; A3 - Barra = 1 mm.  
 Dobro: B1 - Barra = 4 mm; B2 - Barra = 2 mm; B3 - Barra = 1 mm. Fonte: C1 - Barra = 4 mm; C2 - Barra = 2 mm; C3 - Barra = 1 mm.

A análise da Figura 16 permite verificar a presença de aglomerados de grânulos de proteína no sorvete liofilizado, aparentemente fundidos uns aos outros. Embora a amostra do tratamento “dobro” (B3), apresente maior porosidade e maior granulação que as demais, que aparentam ser mais lisas, a análise das eletromicrografias de varredura não revelou diferenças entre os tratamentos das três amostras (Goff, 1997).

A Figura 17 apresenta a distribuição do nitrogênio nas eletromicrografias de varredura das amostras de sorvete dos diferentes tratamentos analisados pelo

sistema EDS (Espectroscopia por Dispersão de Elétrons) acoplado ao microscópio eletrônico de varredura.

Figura 17 – Distribuição de nitrogênio pelo EDS nas eletromicrografias de varredura analisadas dos tratamentos dos sorvetes denominado “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As proteínas têm um papel crucial na estrutura e nas propriedades dos sorvetes. A amostra do tratamento “fonte” apresenta o maior teor de nitrogênio, com, aproximadamente, 14%, seguida da formulação “dobro”, em torno de 9%. O “controle” apresenta o menor teor de nitrogênio, com cerca de 6%. Os resultados são condizentes com o conteúdo proteico de cada tratamento (Silva Junior, 2008).

### 5.9.3 Caracterização das nanopartículas das caldas dos sorvetes

A Tabela 12 apresenta as médias do diâmetro hidrodinâmico médio (DHM), do índice de polidispersividade (PDI) e do potencial zeta (PZ) das partículas das amostras das caldas dos sorvetes dos tratamentos “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas.

Tabela 12 – Diâmetro hidrodinâmico médio (DHM), índice de polidispersividade (PDI) e potencial zeta (PZ) das partículas presentes nas amostras das caldas “controle”, “dobro” e “fonte” de proteínas

Caracterização	Tratamentos		
	Controle	Dobro	Fonte
PZ (mV)	-36,62 ± 5,53 <sup>a</sup>	-31,80 ± 2,15 <sup>a</sup>	-31,48 ± 3,31 <sup>a</sup>
PDI	0,53 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,39 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,39 ± 0,11 <sup>a</sup>
DHM (nm)	539,45 ± 25,57 <sup>a</sup>	389,87 ± 21,95 <sup>b</sup>	351,21 ± 22,15 <sup>b</sup>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Legenda: Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ); Resultados expressos em média ± Desvio Padrão (DP).

Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos com relação ao PZ. Todas as amostras das caldas apresentaram um PZ dentro da faixa desejável que, de acordo com Silva *et al.* (2013) deve ser em torno de 30 mV (módulo). O PZ indica estabilidade coloidal das partículas, afetando sua interação e agregação no sistema. Esse valor sugere que as partículas presentes possuem uma forte repulsão entre si, reduzindo significativamente a probabilidade de agregação e precipitação (Silva *et al.*, 2013). Por outro lado, valores de PZ próximos de zero sugerem uma reduzida repulsão eletrostática entre as partículas, o que pode resultar na sua aglomeração (Schultz *et al.*, 2008; Srinivasan *et al.*, 2010), algo indesejável em sistemas de dispersão coloidal.

Em sorvetes, parâmetros como textura, a estabilidade e a homogeneidade, podem ser influenciados pela distribuição e pelo tamanho das partículas. Por isso, ao se considerar sistemas coloidais, o PZ representa um indicativo de sua estabilidade. Isso pode influenciar a coalescência, a separação de fases e até as propriedades reológicas da emulsão (Silva *et al.*, 2013).

O PZ pode ser influenciado pela variação do pH, temperatura e outras substâncias utilizadas na formulação (Lu; Gao, 2010), como por exemplo os emulsificantes que impactam diretamente na estabilidade (Silva *et al.*, 2013). Embora o pH das caldas dos diferentes tratamentos, tenham apresentado diferença estatística, não foi suficiente para alterar o PZ, como a adição do MPC 70 para aumento do teor proteico.

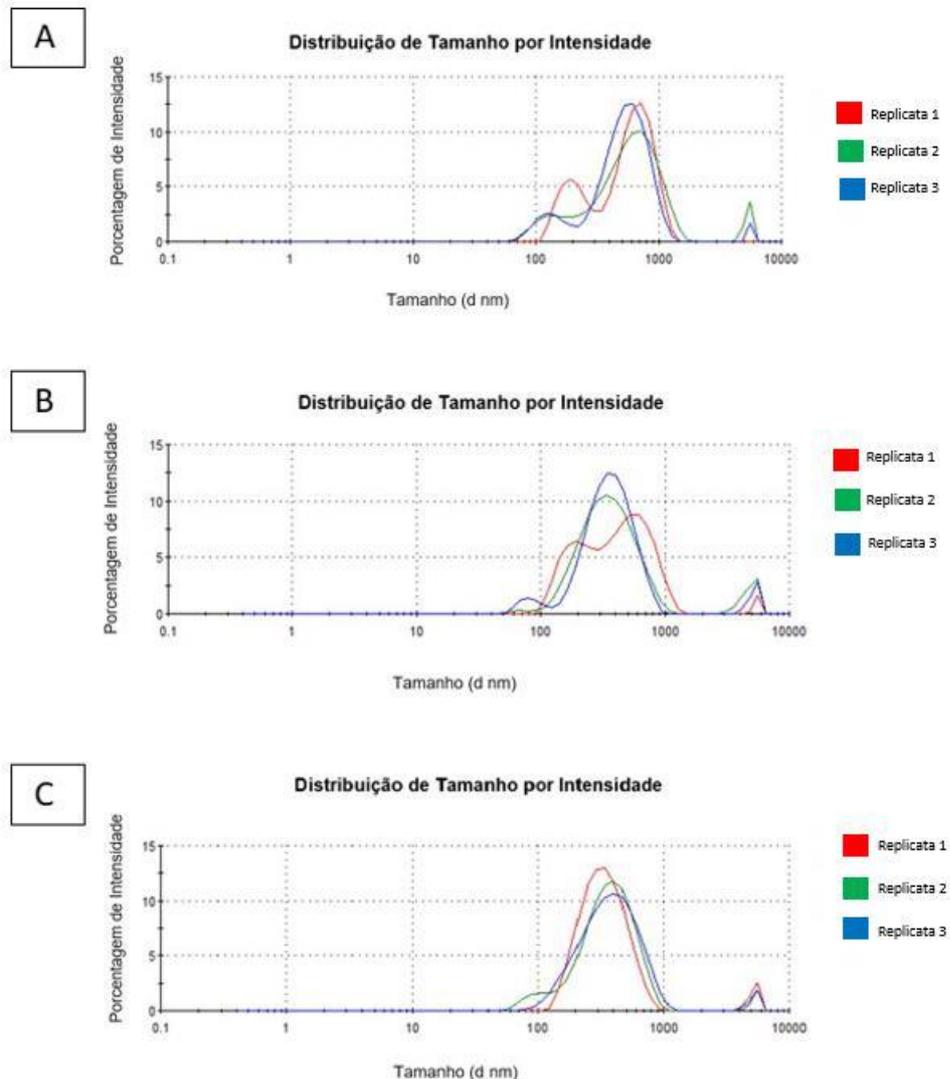
Os resultados de PDI das caldas também não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 12). Todas as amostras exibem características polidispersas (heterogêneas), pois apresentam  $PDI > 0,3$ . Entretanto, as amostras dos tratamentos “dobro” e “fonte” possuem valores próximos do limite (0,3), indicando uma tendência em direção a sistemas mais monodispersos (homogêneos), quando  $PDI < 0,3$ . O PDI fornece informações sobre a distribuição e a regularidade das partículas do sistema coloidal, assim, sistemas monodispersos são considerados opções mais vantajosas (Jusril *et al.*, 2022; Tortorici *et al.*, 2022; Raval *et al.*, 2019; Amnuakit *et al.*, 2018).

Com relação ao DHM das partículas, verificou-se que o valor obtido na amostra “controle” foi estatisticamente superior ( $P < 0,05$ ) em comparação com a amostra “dobro” e “fonte”, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). Esses resultados indicam que a adição de MPC 70 possivelmente influenciou na redução do diâmetro e na distribuição das partículas. Essas diferenças no DHM das partículas podem ter implicações na textura, na dispersão e na estabilidade do sorvete. Partículas menores podem contribuir para uma melhor dispersão e uma textura mais suave no produto final, enquanto as partículas maiores podem afetar a textura e a sensação de cremosidade e refrescância na boca (Silva *et al.*, 2013).

Além disso, o aumento do teor proteico nos sorvetes pode ocasionar uma diminuição da coalescência parcial (Petrut; Danthine; Blecker, 2016; Costa *et al.*, 2008; Grangegeer *et al.*, 2005; Goff, 1997). Daw; Hartel (2015) analisaram a porcentagem de gordura parcialmente coalescida após a adição de diferentes proteínas ao sorvete. A porcentagem de gordura parcialmente coalescida, medidas por meio de análise de tamanho de partícula, diminuiu quando o teor de proteína passou de 4% para 10% com a adição de MPC. Entretanto, nesse mesmo trabalho houve um aumento desse parâmetro, quando a fonte proteica foi o leite em pó desnatado. Isso sugere que o tipo de proteína utilizada pode também desempenhar um papel crítico nesse aspecto, não sendo apenas a quantidade um fator determinante.

A Figura 18 apresenta a distribuição e o tamanho das partículas nas amostras das caldas dos tratamentos “controle” (A), “dobro” (B) e “fonte” (C).

Figura 18 – Distribuição e tamanho das partículas nas amostras das caldas dos tratamentos “controle” (A), “dobro” (B) e “fonte” (C) de proteínas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Embora tenha ocorrido alguma modificação na estrutura das caldas dos sorvetes nas formulações dos tratamentos “dobro” (Figura 18 B) e “fonte” (Figura 18 C), essas mudanças não foram consideradas relevantes quando comparadas à amostra “controle” (Figura 18 A). Nesse sentido, o processo de homogeneização utilizado mostrou-se eficiente, sendo capaz de promover uma distribuição uniforme dos constituintes e manter a consistência e a qualidade dos sorvetes, pois não foram observadas grandes diferenças na microestrutura entre as amostras dos tratamentos “dobro” e “fonte” em relação à amostra do “controle”.

## 6 CONCLUSÃO

A adição de MPC 70 aos sorvetes, nas quantidades avaliadas, de 7,95 % não foi suficiente para atingir o percentual desejado para o dobro de proteínas em relação a formulação controle (4,24%), sendo, entretanto, considerado um produto adicionado de proteínas. Por outro lado, o percentual de 9,85 % na formulação, foi satisfatória para atingir o critério “fonte” de proteínas (5,91 g em 60 g de proteína), que atende aos critérios para declaração de alegações nutricionais de proteína.

O aumento do teor proteico não foi suficiente para alterar a incorporação de ar do sorvete, embora tenha contribuído para o aumento do tempo necessário para o início do derretimento dos sorvetes, bem como para a redução da taxa de derretimento, o que são vantagens tecnológicas agregadas ao produto devido à adição do MPC.

As diferenças apresentadas na composição centesimal em relação à umidade, bem como ao pH e à acidez, ocorreram, provavelmente, devido ao aumento do teor de proteínas, uma vez que foi o único aspecto alterado na formulação dos sorvetes.

A adição do MPC 70 influenciou a mastigabilidade, a adesividade e a coesividade dos sorvetes, porém a dureza e a elasticidade não foram alteradas. A cor dos sorvetes não apresentou alteração em relação ao conteúdo proteico, o que pode estar relacionado à coloração do saborizante de chocolate utilizado na fabricação.

As formulações adicionadas de MPC 70 apresentam uma tendência de presença de menores bolhas de ar nas caldas. Assim como influenciou na redução do diâmetro e na distribuição das partículas, o que podem contribuir para uma melhor dispersão e uma textura mais suave no produto final. Não foram observadas grandes diferenças na microestrutura entre as amostras dos tratamentos “dobro” e “fonte” em relação à amostra “controle”, demonstrando que o processo de homogeneização utilizado foi eficiente, mantendo uma distribuição uniforme, consistência e qualidade dos sorvetes.

O MPC 70 consiste em uma boa alternativa para atingir o objetivo da indústria de fabricação de um sorvete com maior densidade nutricional e valor agregado, além de atender às tendências do mercado de produção de alimentos hiperproteicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIS. Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes. 2022. Disponível em: <http://www.abis.com.br>. Acesso em 20 setembro de 2023.

AGARWAL, S.; BEAUSIRE, R. L. W.; PATEL, S.; PATEL, H. Innovative Uses of Milk Protein Concentrates in Product Development. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 80, n. 1, p. 23-29, 10 mar. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12807>.

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**, [S.L.], v. 227, n. 3, p. 889-895, 11 dez. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-007-0800-z>.

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**, [S.L.], v. 86, p. 34-40, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.036>.

ALVAREZ, V.B.; WOLTERS, C.L.; VODOVOTZ, Y.; JI, T. Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 88, n. 3, p. 862-871, mar. 2005. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72752-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72752-1)

AMNUAIKIT, T. et al. Vesicular carriers containing phenylethyl resorcinol for topical delivery system; liposomes, transfersomes and invasomes. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 13, n. 5, p. 472–484, set. 2018.

ANEMA, S.G. On heating milk, the dissociation of  $\kappa$ -casein from the casein micelles can precede interactions with the denatured whey proteins. **Journal Of Dairy Research**, [S.L.], v. 75, n. 4, p. 415-421, 14 ago. 2008. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0022029908003555>.

ANTUNES, A. E. C.; SILVA, K.; ANTUNES, A.J.; BOLINI, H. M. A. Elaboración de yogurt descremado con perfil de textura y syneresis similares al yogurt integral. **Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos**, v. 356, n. 356, p. 61-67, jan. 2004.

ARMONDES, M.P.; ISSY, P. N.; ANDRÉ, M.C.D.P.B.; SERAFINI, A.B. Aspectos higiênico-sanitários de sorvetes e caldas de sorvetes, produzidos artesanalmente na cidade de Goiânia. **Higiene Alimentar**, S.L, v. 107, n. 17, p. 86-94, abr. 2003.

BARCELOS, S. C.; SILVA, E.F.; BATISTA, E.M.; SANTOS, S.; SÁ, D. M. A. T.; MONTE, A. L. S. Qualidade microbiológica e físico-química de sorvetes sabor chocolate comercializados na cidade de Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, [S.L.], v. 26, p. 1-14, 2 jul. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/san.v26i0.8654452>.

BOLLIGER, S; GOFF, H.D; THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 10, n. 4, p.

303-309, jan. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(00\)00044-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(00)00044-3).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº. 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. **Diário Oficial [da União]**: Brasília, 14 de dezembro de 2006, Seção 1, Página 8.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 267, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. **Diário Oficial União**: Brasília, DF, 25 de setembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 29 de agosto de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 429, de 08 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 09 de outubro de 2020a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 75, de 08 de outubro de 2020. Estabelece os Requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 09 de outubro de 2020b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 713, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos gelados comestíveis e dos preparados para gelados comestíveis. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 de julho de 2022a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 de julho de 2022b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 161 de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 de julho de 2022c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 722, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 de julho de 2022d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 160 de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos

tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 de julho de 2022e.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 623, de 9 de março de 2022. Dispõe sobre os limites de tolerância para matérias estranhas em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 16 de março de 2022f.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 727, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 de julho de 2022g.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa nº 211 de 1º de março de 2023. Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 8 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 379, de 26 de abril de 1999. Aprova o Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 29 de abril de 1999.

BRIONES, V.; AGUILERA, J. M.; BROWN, C. Effect of surface topography on color and gloss of chocolate samples. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p. 776–783, 1 dez. 2006.

BRYAN, F.L.; TEUFEL, P.; RIAZ, S.; ROOHI, S.; QADAR, F.; MALIK, Z. Hazards and Critical Control Points of Street-Vending Operations in a Mountain Resort Town in Pakistan. **Journal Of Food Protection**, [S.L.], v. 55, n. 9, p. 701-707, set. 1992. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028x-55.9.701>.

BYARS, J. Effect of a Starch-Lipid Fat Replacer on the Rheology of Soft-Serve Ice Cream. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 67, n. 6, p. 2177-2182, ago. 2002. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09523.x>.

CARVALHO, K. D. **Utilização de soro de leite doce na fabricação de sorvete de massa**. 2012. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Sustentável e Qualidade de Vida, Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino - Fae, São João da Boa Vista, 2012.

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

COELHO, M. O.; REZENDE, S. O.; PENA, M.G.R.; COSTA, F.F. Estudo da ação emulsificante da polpa de abacate associada às proteínas do soro de leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S.L.], v. 73, n. 3, p. 122-135, 12 mar. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v73i3.677>.

CORREIA, R.T.P.; MAGALHÃES, M.M.A.; PREDINI, M.R.S.; CRUZ, A.V.F.; CLEMENTINO, I. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: composição química e propriedades de derretimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 251-256, abr. jun. 2008.

COSTA JÚNIOR, L. C. G. **Métodos físico-químicos para controle de qualidade em leite e produtos lácteos**. 1. ed. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2020. E-book. 681 p.

COSTA, F.F.; RESENDE, J.V.; ABREU, L.R.; GOFF, H.D. Effect of Calcium Chloride Addition on Ice Cream Structure and Quality. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 91, n. 6, p. 2165-2174, jun. 2008. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0932>

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

COSTA, M. C.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Revisão: tecnologias não convencionais e o impacto no comportamento do consumidor. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (Online)**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 187-210, jul. 1999.

CROWLEY, S. V; GAZI, I; KELLY, A. L; HUPPERTZ, T; O'MAHONY, J.A. Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders. **Journal of Food Engineering**. 135 (2014) 31–38

DAHLENBORG, H. et al. Study of the porous structure of white chocolate by confocal Raman microscopy. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 114, n. 8, p. 919–926, 17 abr. 2012.

DAIRY EXPORT COUNCIL. USDEC. U.S.. Manual de referência para produtos de soro e lactose dos EUA. São Paulo: USDEC, 2004. 226p.

DAMER, J.; GARCIA, V.; GUSMÃO, A.; MORESCO, T. Qualidade higiênico-sanitária de sorvetes tipo italiano e de massa (artesanal e industrializado) comercializados na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 821-834, 17 dez. 2015. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/demetra.2015.16010>.

DAW, E.; HARTEL, R.W. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 43, p. 33-41, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.12.001>.

DUARTE, I. A.; BENEDETTI, P.C.D. Desenvolvimento e aceitação de sorvete artesanal de açaí zero lactose com baixo teor de açúcar e sorvete de açaí tradicional. **Revista Científica Unilago**, S.L., v. 1, n. 1, jan. 2019.

FALCÃO, D. P.; SALGADO FILHO, G.; NISHIDA, N. K.; BORGES, S. R. Exame microbiológico de sorvetes não pasteurizados. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 2-8, fev. 1983. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89101983000100002>.

FANIN, F. C; SARACCHI, P. A. Tecnologia de gelados comestíveis. 2. São Paulo: Senai-sp, 2006. 66p.

FANG, Y.; SELOMULYA, C.; AINSWORTH, S.; PALMER, M.; CHEN, X. D. On quantifying the dissolution behaviour of milk protein concentrate. **Food**

**Hydrocolloids**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 503-510, maio 2011. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.07.030>.

FERNANDES, R.C.S.; PITOMBO, V.C.; DEMORAIS, N. A. R.; SALVADOR, A. C.A.; REZENDE, L. S.; MATIAS, A. C.G.; FURQUIM, N. R.; PEREIRA, I. R.O.  
 Desenvolvimento e avaliação sensorial de sorvete de iogurte (frozen) funcional com biomassa de banana verde e frutas vermelhas. **Revista Uningá**, S.L, v. 30, n. 2, p. 17-22, abr. 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 20 dez. 2019. *Revista Brasileira de Biometria*. <http://dx.doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FERRETTO, L. R. **Desenvolvimento e caracterização de sorvete com alto teor de proteína, baixo teor de gordura e zero açúcar**. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Alimentos de Origem Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

FIB. Food Ingredients Brasil. Dossiê Proteínas. **Food Ingredients Brasil**, nº 28. 2014. Disponível em:  
[https://revistafi.com.br/upload\\_arquivos/201606/2016060879641001464957906.pdf](https://revistafi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060879641001464957906.pdf)  
 Acesso em:03 de abr. de 2021.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H; COGAN, T. M.; GUINEE, T.P. **Cheese: chemistry, physics & microbiology: general aspects**. 3 ed. London: Ed. Elsevier. 1069 p. 2004.

FRANCOLINO, S.; LOCCI, F.; GHIGLIETTI, R.; IEZZI, R.; MUCCHETTI, G. Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian citric Mozzarella cheese making. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 310-314, mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2009.08.007>.

FURLÁN, L. T. R.; CAMPDERRÓS M. E. Incorporação de inulina na matriz de sorvete de baunilha livre de gordura: efeito sobre as propriedades texturais e físicas. **Sorveteria Confeitaria Brasileira**. n. 218. 2015.

GADONSKI, A. P.; FEIBER, M.; ALMEIDA, L.; NAUFEL, F. S.; SCHMITT, V. L. Avaliação do efeito cromático em resinas compostas nanoparticuladas submetidas a solução café. **Revista de Odontologia da Unesp**, [S.L.], v. 47, n. 3, p. 137-142, jun. 2018. *FapUNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-2577.04318>.

GIACOMINI, A. P.; GUERINO, A. C.; NASCIMENTO, I.A. Análise microbiológica de sorvetes produzidos em foz do Iguaçu - PR. **Revista de Saúde e Biologia**, S.L, v. 10, n. 3, p. 3-8, set./dez. 2015.

GIROUX, H. J.; HOUDE, J.; BRITTEN, M. Use of heated milk protein–sugar blends as antioxidant in dairy beverages enriched with linseed oil. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 43, n. 9, p. 1373-1378, nov. 2010. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.001>.

GODOI, C. N.; COSTA FILHO, B. A.; WANDER, A. E. Ice cream Made of Brazilian Native Fruits: sustainable development to depressed and biodiversity areas. **International Journal Of Advanced Engineering Research And Science**,

[S.L.], v. 6, n. 5, p. 150-161, 2019. AI Publications.  
<http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.6.5.20>.

GOFF, H. D. Controlling ice-cream structure by examining fat: protein interactions. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 55, n. 2, p. 78-81, 2000.

GOFF, H. D. Milk Proteins in Ice Cream. **Advanced Dairy Chemistry**, [S.L.], p. 329-345, 2016. Springer New York. [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2\\_13](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_13).

GOFF, H. D. Ice Cream. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H.. **Advanced Dairy Chemistry: proteins**. 3. ed. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. p. 1063-1082.

GOFF, H. D.; HARTEL, R.W. **Ice cream**. 7th ed. New York: Springer, 455 p. 2013.

GOFF, H.D. Colloidal aspects of ice cream—A review. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 7, n. 6-7, p. 363-373, jun. 1997. Elsevier BV.  
[http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946\(97\)00040-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0958-6946(97)00040-x).

GONÇALVES, E. V.; LANNES, S. C. S. Chocolate rheology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 845-851, out./dez 2010.

GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREY, P.; LANGENDORFF, V.; CANCELL, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 255-262, mar. 2005. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.07.009>.

HARVEY, J. Protein fortification of cheese milk using milk protein concentrate—yield improvement and product quality. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 61, n. 2, p. 183, 2006.

HAVEA, P. Protein interactions in milk protein concentrate powders. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 415-422, maio 2006. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.06.005>.

HOFFMANN, F. L.; PENNA, A. L. B.; COELHO, A. R.; MANSOR, A. P.; VINTURIM, T. M. Qualidade higiênico-sanitária de sorvetes comercializados na cidade de São José do Rio Preto-SP-Brasil. **Revista Higiene Alimentar**, v. 11, n. 76, p. 62-68, 2000.

HOWELL, P.; MULDOON, M. Two-phase modelling of air bubbles in ice cream.

**Mathematics in Industry Reports**. 2021; C1 – C19. DOI: 10.33774/miir-2021-fb24s

HUI, Y.H., & SHERKAT, F. **Handbook of Food Science, Technology, and Engineering**. vol. 4. 1 ed. CRC Press. 2005.

HUSSAIN, R.; GAIANI, C.; SCHER, J. From high milk protein powders to the rehydrated dispersions in variable ionic environments: a review. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 113, n. 3, p. 486-503, dez. 2012. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.011>.

JIMENEZ-FLORES, R.; KOSIKOWSKI, F. V. Properties of Ultrafiltered Skim Milk Retentate Powders. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 69, n. 2, p. 329-339, fev. 1986. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(86\)80410-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(86)80410-6).

- JONES, L.V.; PERYAM, D. R.; THURSTONE, L. L. Development of a scale for measuring soldiers' food preferences. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 20, n. 5, p. 512-520, set. 1955. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1955.tb16862.x>.
- JUSRIL, N. A.; BAKAR, S. I. A.; KHALIL, K. A.; SAAD, W. M. M.; WEN, N. K.; ADENAN, M. I.. Development and Optimization of Nanoemulsion from Ethanolic Extract of *Centella asiatica* (NanoSECA) Using D-Optimal Mixture Design to Improve Blood-Brain Barrier Permeability. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, [S.L.], v. 2022, p. 1-18, 7 mar. 2022. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2022/3483511>.
- KELLY, P. Milk protein products. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F; MSWEEENEY, P. L. H. (eds) **Encyclopedia of Dairy Science**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2011. v. 3, p. 848 – 854.
- KHAN, R. S.; GRIGOR, J. V.; WIN, A. G.; BOLAND, M. Differentiating aspects of product innovation processes in the food industry. **British Food Journal**, v. 116 (8), p. 1346-1368, 2014.
- KOXHOLT, M.M.R.; EISENMANN, B.; HINRICHS, J. Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 84, n. 1, p. 31-37, jan. 2001. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)74448-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)74448-7).
- KUO, C. J; HARPER, W. J. Effect of hydration time of milk protein concentrate on castFet cheese texture. **Milchwissenschaft**, v. 58, p. 283 – 286, 2003.
- LAMOUNIER, M. L. **Sorvete a base de preparado em pó**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2012.
- LEVIN, M.A.; BURRINGTON, K.J.; HARTEL, R. W. Whey protein phospholipid concentrate and delactosed permeate: applications in caramel, ice cream, and cake. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 99, n. 9, p. 6948-6960, set. 2016. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-10975>.
- LIMA, M; CAVALCANE, L; LIMONGI, V, 2021. **Emulsificantes: impactos no overrun, rendimento e custo do sorvete**. Disponível em <https://alibra.com.br/informes-tecnicos-e-comerciais/emulsificantes-impactos-no-overrun-rendimento-e-custo-do-sorvete>. Acesso em: 21 de nov. de 2021
- LOVEDAY, S. M.; HINDMARSH, J. P.; CREAMER, L. K.; SINGH, H. Physicochemical changes in a model protein bar during storage. **Food Research International**, [S.L.], v. 42, n. 7, p. 798-806, ago. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.002>.
- LU, G. W.; GAO, P. Emulsions and Microemulsions for Topical and Transdermal Drug Delivery. **Handbook Of Non-Invasive Drug Delivery Systems**, [S.L.], p. 59-94, 2010. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-8155-2025-2.10003-4>.
- LUCHE, D. E.D.; ANDRADE, A. P.; CERVELATTI, E. P.; MATOS, D.J.. Aspecto higiênico-sanitário de sorvetes artesanais e industriais: análise da variabilidade genética e da resistência a antimicrobianos em *Escherichia coli* isoladas. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 493-508, 16 maio 2017.

Universidade de Estado do Rio de Janeiro.

<http://dx.doi.org/10.12957/demetra.2017.26754>.

MAGALHÃES, P.J.; BROIETTI, F. C. D. Gestão de Qualidade na Elaboração de Sorvetes. **Unopar Cient. Exatas Tecnol**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 53-60, nov. 2010.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice Cream**. 6. ed. New York: Springer Science, Business Media, LLC, p. 2, 3, 4, 178, 289, 311. 1932

MARSHALL, R.T. AND ARBUCKLE, W.S. **Ice Cream**. 5 Ed. Chapman & Hall, New York. 1996.

MEENA, G. S.; SINGH, A. K.; AURORA, S.; BORAD, S.; SHARMA, R.; GUPTA, V. K. Physico-chemical, functional and rheological properties of milk protein concentrate 60 as affected by disodium phosphate addition, diafiltration and homogenization. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 54, n. 6, p. 1678-1688, 29 mar. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2600-1>.

MEENA, G. S.; SINGH, A. K.; PANJAGARI, N. R; AURORA, S.; Milk protein concentrates: opportunities and challenges. **Journal Of Food Science And Technology**, 2017. 54(10):3010–3024. DOI 10.1007/s13197-017-2796-0

MOREIRA, A. C. S.; ALVES, C. A.; NASCIMENTO, C. W; SILVA, D. D. M; ALMEIDA, F. H. S; SILVA, I. T. A; ROCHA, J. M. S; TEODORO, L. C; SANABRIA, M. M. C; ANANIAS, P. T. A; PONTES, R. C. A; CALAFA, T. B; NASCIMENTO, T. A. G; COSTA, F. F. Helados sustentables: una tendencia para las próximas décadas. **Heldaería panadería latinoamericana** nº 275. p. 54-67, 2021.

MUSINA, O. The use of whey protein extract for manufacture of a whipped frozen dairy dessert. **Mljekarstvo**, [S.L.], p. 254-271, 11 out. 2018. Croatian Dairy Union. <http://dx.doi.org/10.15567/mljekarstvo.2018.0402>.

OLIVEIRA, E. T.; BATISTA, J. S.; OLIVEIRA, E. G.; SILVA, I. T. F.; FROELICH, A.; Avaliação Microbiológica de Sorvetes Comercializados nos Principais Supermercados de Maceió-AL. VII CONNEPI- Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, Tocantins, 2012.

OLSON, D.W.; WHITE, C.H.; WATSON, C.E. Properties of Frozen Dairy Desserts Processed by Microfluidization of their Mixes. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 86, n. 4, p. 1157-1162, abr. 2003. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73698-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73698-4).

ORDOÑEZ J.A. **Tecnología de alimentos: alimentos de origem animal**. Vol.2. Ed. Artmed, Porto Alegre, 2005, 280p.

ÖZTÜRK, H. I.; DEMIRCI, T.; AKIN, N.. Production of functional probiotic ice creams with white and dark blue fruits of *Myrtus communis*: the comparison of the prebiotic potentials on *Lactobacillus casei* 431 and functional characteristics. **Lwt**, [S.L.], v. 90, p. 339-345, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.049>.

PAIVA, Y.F; SILVA, E. V.; ARAÚJO, A. S.; AZEVEDO, P. T. M.; SOUSA, T. C. A.. Condições higiênico-sanitárias de sorvetes do tipo italiano (soft), comercializados em Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento**

- Sustentável**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 75, 14 ago. 2016. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4389>.
- PATEL, M.R.; BAER, R.J.; ACHARYA, M.R.. Increasing the Protein Content of Ice Cream. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 89, n. 5, p. 1400-1406, maio 2006. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72208-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72208-1).
- PATEL, Seema. Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 52, n. 11, p. 6847-6858, 9 jun. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-015-1894-0>.
- PAZIANOTTI, L.; BOSSO, A. A.; CARDOSO, S.; COSTA, M. R.; SIVIERI, K.; Características microbiológicas e físico-químicas de sorvetes artesanais e industriais comercializados na região de Arapongas-PR. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S.L.], v.65, n. 377, p. 15-20. 2010.
- PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. In: VII BMCFB - VII Brazilian meeting on Chemistry of food and beverages, 7., 2008, Lorena. **Edição Especial**. Lorena: [S.I.], 2008. p. 146-151.
- PENA, M. G. R.; COELHO, M. O.; CRUZ, P.; FURTADO, M. A. M.; COSTA, F. F. Gelados comestíveis: principais problemas e soluções na fabricação e estocagem de sorvetes. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 38, n. 299, 7p., 2017.
- PETRUT, R. F.; DANTHINE, S.; BLECKER, C. Assessment of partial coalescence in whippable oil-in-water food emulsions. **Advances In Colloid And Interface Science**, [S.L.], v. 229, p. 25-33, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2015.12.004>.
- PLETSCH, L. B. H; SEVERO, J; HERMANNNS, G; PREICHARD, L. D. Gelado comestível de kefir adicionado de polpa de jabuticaba e morango. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S.L.], v. 74, n. 1, p. 39-50, 1 nov. 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v74i1.701>.
- QUEIROZ; H.G.S; NETA, N.A. S.; PINTO R.S.; RODRIGUES, M.C.P.; COSTA, J.M.C. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de sorvetes do tipo tapioca. **Revista Ciência Agrônômica**, [S.L.], v.40, n.1, p. 60-65, jan./mar. 2009.
- RAMOS, A. F. **Avaliação de aspectos físico-químicos, sensoriais e reológicos, de sorvetes gourmet elaborado com teor reduzido de lactose**. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.
- RAMOS, T. M. **Tipos de pasteurização e agentes coagulantes na fabricação do queijo tipo Prato**. 2013. 231 p. Tese (Doutorado) – Curso Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- RAVAL, N. MAHESHWARI, R.; KALYANE, D.; YOUNGREN-ORTIZ, S. R.; CHOUGULE, M. B.; TEKADE, R. K. Importance of Physicochemical Characterization of Nanoparticles in Pharmaceutical Product Development. **Basic Fundamentals Of Drug Delivery**, [S.L.], p. 369-400, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-817909-3.00010-8>.

- RECK, I. M.; GAZELOTO, S. A.; SOUZA JUNIOR, R. C.; SANTOS, A. V.; HENSCHER, M. T. N.; MADRONA, G. S. Análise e desenvolvimento de sorvete a base de proteína. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 2771-2779, 27 mar. 2016. Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual.
- REHMAN, S. U.; FARKYE, N.Y.; CONSIDINE, T.; SCHAFFNER, A.; DRAKE, M. A. Effects of Standardization of Whole Milk with Dry Milk Protein Concentrate on the Yield and Ripening of Reduced-Fat Cheddar Cheese. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 86, n. 5, p. 1608-1615, maio 2003. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73746-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73746-1).
- RENHE, I. R. T.; WEISBERG, E.; PEREIRA, D.B.C. Indústria de gelados comestíveis no Brasil. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 281, p. 81-86, 2015.
- REZENDE, S. O.; COELHO, M. O.; COSTA, F. F. Bebida emulsionada a base de soro de leite e polpa de abacate (Persea americana Mill): desenvolvimento e estudo de estabilidade físico-química. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, p. 1436-1450, 2021.
- ROY, S.; HUSSAIN, S.A.I.; PRASAD, W. G.; KHETRA, Y. Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. **Applied Food Research**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 100029, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.afres.2021.100029>.
- SALEM, R. D. S., JUDACEWSKI, P., LOS, P. R., COSTANTIN, F. A. B. Sorvete Produzido com Baixo Teor de Gordura e Adição de Colágeno Hidrolisado: avaliações físico-químicas, instrumentais e sensoriais. In: 10º Congresso brasileiro de Engenharia de Produção., 2020, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2020.. **Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. 2020. p. 1-11
- SANCHES, L.; SOUZA JUNIOR, M. A. A. ASPECTOS DA QUALIDADE. **Revista Interface Tecnológica**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 993-1005, 18 dez. 2020. Interface Tecnológica. <http://dx.doi.org/10.31510/infa.v17i2.988>.
- SANTOS, G. G. Sorvete: processamento, tecnologia e substituto de sacarose. **Ensaio e ciência: Ciências biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 8, n.2, p. 96-109, 2009.
- SCHULTZ, N.; METREVELI, G.; FRANZREB, M.; FRIMMEL, F. H.; SYLDATK, C. Zeta potential measurement as a diagnostic tool in enzyme immobilisation. **Colloids And Surfaces B: Biointerfaces**, [S.L.], v. 66, n. 1, p. 39-44, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2008.05.004>.
- SEGALL, K. I.; GOFF, H. D. A modified ice cream processing routine that 735 promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. **International Dairy Journal**, v.12, p.1013-1018. 2002
- SILVA JUNIOR, E. **Formulações especiais para sorvetes**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica, Universidade São Paulo, São Paulo, 2008.
- SILVA, A. C.; PIRES, A. C. S.; MARCONDES, M. I.; SILVA, M. F. Influence of milk type in texture and stability of ice cream. **Revista do Instituto de Laticínios**

**Cândido Tostes**, [S.L.], v. 68, n. 393, p. 26-35, 2013. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2238-6416.20130032>.

**SILVA, C. C. Sorvete produzido a partir do crioconcentrado do leite: propriedades físicas, químicas, reológicas e o estudo da viabilidade de um produto probiótico.** 2020.88f Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SILVA, D. F.; AHRNÉ, L.; IPSEN, R.; HOUGAARD, A. B. Casein-Based Powders: characteristics and rehydration properties. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 240-254, 13 nov. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.12319>.

SILVA, J. G. A. **Acompanhamento do processo produtivo na IBIS sorvetes.** 2019. 31 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Semi-Arido, Mossoró, 2019.

SILVA, K.; BOLINI, H. M. A.; ANTUNES, A. J. Soro de leite bovino em sorvete. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 187-196, 2004.

SILVA, L. V.; SOUZA, S. V. C. Qualidade de suplementos proteicos: avaliação da composição e rotulagem. **Rev Inst Adolfo Lutz**, p. 1-17, 2016.

SILVA, V. M., **Sorvete light com fibra alimentar: desenvolvimento, caracterização físico-química, reológica e sensorial.** 2012. 147f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SINGH, H. Protein interactions and functionality of milk protein products. **Dairy-Derived Ingredients**, [S.L.], p. 644-674, 2009. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1533/9781845697198.3.644>

REIS, S. M; PINTO, M. S; BRANDI, I. V. Efeito do teor de sólidos não gordurosos e da concentração de sacarose na acidificação de iogurte por bactérias lácticas. **Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes**, Jan/Fev, nº 378, 66, 34:39, 2011

SOBRAL D.; CHEMINAND E PAULA, M. M.; DE PAULA, J. C. J.; COSTA, R. G. B.; TEODORO, V. A. M. Derretimento de requeijão culinário fabricado com proteína concentrada do leite. **Revista Indústria de Laticínios**, n 136, p. 90 – 93, 2019.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 255-262, mar. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005>.

SOLER, M. P.; VEIGA, P.G. **Sorvetes.** Campinas: CIAL/ITAL, 2001. 68 p.

SOUKOULIS, C.; FISK, I. D.; BOHN, T. Ice Cream as a Vehicle for Incorporating Health-Promoting Ingredients: conceptualization and overview of quality and storage stability. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 627-655, 21 jun. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.12083>.

SOUZA, A. B.; COSTA JÚNIOR, L. C. G.; PERRONE, Í. T.; STEPHANI, R.; ALMEIDA, D. F. Parâmetros de textura em queijos processados: influência da utilização de concentrados proteicos de leite e de soro. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S.L.], v. 69, n. 3, p. 181, 30 jun. 2014. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v69i3.279>.

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

SRINIVASAN, S.; BARBHUIYA, S.A.; CHARAN, D.; PANDEY, S.P. Characterising cement–superplasticiser interaction using zeta potential measurements. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 24, n. 12, p. 2517-2521, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.06.005>.

STEPHANI, R.; SOUZA, A. B.; OLIVEIRA, M. A. L.; PERRONE, I. T. CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Evaluation of the synergistic effects of milk proteins in a rapid viscosity analyzer. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 98, n. 12, p. 8333-8347, dez. 2015. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9300>.

SZIGETI, J; KRASZ, A.; VARGA, L. A novel technology for production of lactose-free fermented milks. **Milchwissenschaft**, v. 61, n. 2, p. 177 – 180, 2006.

TEIXEIRA, L.V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora. v. 64, n. 366, p.12-21, jan-fev, 2009.

TEIXEIRA, N. S.; ALCANTARA, M.; MARTINS, I. B. A.; CHÁVEZ, D. H. W.; ROSENTHAL, A.; CHAVES, A. C. S. D.; DELIZA, R. Attitudes and conceptions of Brazilian consumers toward ice cream and protein addition. **Food Quality And Preference**, [S.L.], v. 108, p. 104881, maio 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104881>.

THARP, B. W. Estrutura do sorvete. **Revista Sorvetes e Casquinhas**, São Paulo, v. 53, p. 20-21, 2011.

TIEFENBACHER, K. F. Glossary of Terms in Wafers, Waffles and Adjuncts. **The Technology Of Wafers And Waffles II**, [S.L.], p. 325-411, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-809437-2.00010-1>.

TIMM, F. **Fabricación de helados**. Zaragoza: Acribia, 1989. p. 42-57.

TOMER, V.; KUMAR, A. Development of High Protein Ice-Cream Using Milk Protein Concentrate. **IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology**, v. 6, Issue 5. p. 71-74. 2013.

TONG, P. S.; SMITHERS, G. W. The Future of Dairy Ingredients: critical considerations that will underpin future success. **Advances In Dairy Ingredients**, [S.L.], p. 313-317, 10 jan. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118448205.ch12>.

TORTORICI, S.; CIMINO, C.; RICUPERO, M.; MUSUMECI, T.; BIONDI, A.; SISCARO, G.; CARBONE, C.; ZAPPALÀ, L. Nanostructured lipid carriers of essential oils as potential tools for the sustainable control of insect pests. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 181, p. 114766, jul. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114766>.

VIEIRA, J. L. F.; MARTIN N. M.; Determinação de aflatoxinas em amostras de leite e amendoim consumidas na cidade de Belém-Pará. **Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA**, [S.L.], v. 1, n. 2, 11 p., jul. 2001.

VIEIRA, J. N.; SILVA, R. M.; SANTOS, L. S; PEREIRA, Y. L.; GARCIA, L. G. C.; SANTOS, P. A. Estudo de propriedades físicas de sorvete soft serve durante a

estocagem. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 10, 21 out. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8334>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Who estimates of the global burden of foodborne diseases**. 2015. Disponível em: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165\\_eng.pdf](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/199350/9789241565165_eng.pdf). Acesso em: 29 jun. 2023.

YOUNG, S. O uso de produtos de soro em sorvetes e sobremesas congeladas. **Leite e Derivados**, v. 9, n. 51, p. 66-77, 2000.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. 1 edição digital.