

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL
MESTRADO PROFISSIONAL

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM ALTO TEOR DE
PROTEÍNA, BAIXO TEOR DE GORDURA E ZERO AÇÚCAR

LUANA RODRIGUES FERRETTO

PORTO ALEGRE

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL
MESTRADO PROFISSIONAL

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM ALTO TEOR DE
PROTEÍNA, BAIXO TEOR DE GORDURA E ZERO AÇÚCAR

Luana Rodrigues Ferretto

Dissertação apresentada à Faculdade de Veterinária
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Alimentos de Origem Animal pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Susana Cardoso
Co-orientador: Prof. Dr. Guiomar Pedro Bergmann

PORTO ALEGRE

2020

CIP - Catalogação na Publicação

Ferreto, Luana Rodrigues
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM
ALTO TEOR DE PROTEÍNA, BAIXO TEOR DE GORDURA E ZERO
AÇÚCAR / Luana Rodrigues Ferreto. -- 2020.
90 f.
Orientador: Susana Cardoso.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de
Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Alimentos de
Origem Animal, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Inovação. 2. Sorvete lácteo protéico. 3. Sorvete
com baixo teor de gordura. 4. Proteínas do soro de
leite. 5. Tendências globais de mercado de lácteos. I.
Cardoso, Susana, orient. II. Título.

Luana Rodrigues Ferretto

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE SORVETE COM ALTO TEOR DE
PROTEÍNA, BAIXO TEOR DE GORDURA E ZERO AÇÚCAR

Aprovada em 18 de dezembro de 2020.

APROVADO POR:

Profa. Dra. Susana Cardoso

Orientador e Presidente da Comissão

Profa. Dra. Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

Membro da Comissão

Prof. Dr. Cesar Augusto Marchionatti Avancini

Membro da Comissão

Profa. Dra. Saionara Araújo Wagner

Membro da Comissão

Dedico este trabalho a minha avó Jaci “Dona Negra” (in memoriam) a qual com todo seu amor e simplicidade na vida me ensinou a crescer forte, ser independente e nunca desistir dos meus sonhos, como ela sempre me dizia “estude e seja independente”. O conhecimento liberta.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus e todas as forças do universo que me fortaleceram e me intuíram no caminho para chegar até aqui, a conclusão de mais essa etapa da minha vida.

Um sonho que se realiza diante de todo esforço e dedicação, sempre no pensamento positivo que eu iria conseguir, a jornada não foi fácil, mas tudo valeu a pena, cada passo e cada conhecimento adquirido me fizeram crescer e ver mais além, estimulando ainda mais a minha vontade pelo saber, o qual é infinito. Agradeço de coração todas as pessoas que fizeram parte da minha jornada, cada pessoa que se juntou ao meu caminho, me ajudou a conquistar uma nova etapa, sendo todos extremamente importantes para a conquista do meu mestrado.

Agradeço a minha orientadora e professora Dr^a Susana Cardoso, a qual não mediu esforços para me ajudar, orientando e me guiando em todos os passos do projeto. Professora te agradeço imensamente por todas as vezes que a senhora acreditou em mim, me escutou e segurou a minha mão quando eu mais precisava, só gratidão por te ter como minha orientadora por tantos anos juntas, sempre me incentivando na luta por novas conquistas, muito obrigada. Também agradeço ao meu co-orientador professor Dr. Guiomar por estar sempre disposto a me ajudar.

Gratidão a minha família, mãe e pai, que são minha luz e fortaleza, obrigado por todo apoio e força dada a mim para sempre seguir em frente.

Agradeço muito as colegas e amigas que fiz ao longo do projeto Michele Utpott e Ana Raísa Paiva, técnicas do laboratório do ICTA da UFRGS, por toda atenção, ajuda e paciência comigo, muito obrigada, gurias, por todos ensinamentos e troca de ideias sobre a área de engenharia de alimentos. Agradeço também a disponibilização de toda estrutura do Instituto de Ciências e Tecnologia (ICTA) da UFRGS, laboratórios de Planta Piloto de Laticínios e Laboratório de Análises Sensorial, os quais pude realizar as análises do meu projeto.

Agradeço aos profissionais do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRGS, em especial a técnica Aline Rodrigues Leuven, a qual me acompanhou e me orientou na realização das análises, sempre disposta a me ajudar em tudo. Também em especial agradeço de coração ao professor Dr. João Riboldi do Departamento de Estatística, o qual sempre atencioso e disponível me ajudou e me passou um enorme conhecimento sobre estatística, contribuindo no desenvolvimento do projeto.

Por fim agradeço a indústria parceira do projeto, por aceitar esta parceria de pesquisa e desenvolvimento junto a universidade, acreditando na nossa ideia inovadora. Obrigado a todos envolvidos no projeto, e seguimos fortes na busca por mais conhecimento. Gratidão!

RESUMO

Frente às novas tendências de consumo do mercado de lácteos, há uma crescente demanda por alimentos enriquecidos e/ou funcionais, tais como os com alto teor nutricional contendo componentes naturais do leite. As proteínas do soro de leite (*whey protein*) destacam-se por serem proteínas de alta qualidade, ricas em aminoácidos essenciais potencialmente benéficos para o organismo. Visando criar um produto inovador para uma indústria de sorvetes do Rio Grande do Sul e ampliar seu potencial de comercialização seguindo as tendências globais do mercado de produtos lácteos, objetivou-se desenvolver e caracterizar sorvetes com maior densidade nutricional, elaborados com leite integral, concentrado proteico de soro de leite em pó com 60% de proteína (WPC60) ou com 80% de proteína (WPC80), gordura de palma (GP) e zero açúcar. Foram desenvolvidas seis formulações experimentais de sorvetes de creme e uma formulação controle já utilizada pela indústria contendo: A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Os sorvetes foram analisados quanto à composição centesimal, valor energético por calorimetria direta; características físico-químicas (pH); físicas (cor padrão L*, a*, b*, perfil de derretimento, overrun), reológicas (viscosidade e perfil de textura) e também quanto aos custos de produção. Os sorvetes A, B e D caracterizaram-se como alto teor de proteína, sendo o A e B como baixo em gordura e todas as formulações zero açúcar. A adição do WPC80 comparado ao WPC60 nas formulações provocou aumento na estabilidade da fase contínua dos sorvetes através do aumento da interação e ligações proteína-proteína formando uma rede intermolecular mais resistente, favorecendo a formação de um fluido mais viscoso. Os sorvetes B, D e F apresentaram perfil de derretimento lento, menor peso final derretido, baixo overrun, aumento no índice de consistência (k) e na viscosidade aparente (μ_{ap50}), tornando os sorvetes com textura mais dura e gomosa. Os sorvetes A, C e E demonstraram uma cor esverdeada (a*) mas também apresentaram maior equilíbrio na estrutura interna da matriz e melhor estabilidade destes sorvetes. Nas formulações A e C (0% e 2% GP) verificou-se efeito positivo na viscosidade, obtendo melhor perfil de derretimento, aumento do overrun e textura mais macia, demonstrando ser o WPC60 adequado substituto de gordura em sorvetes. Consideraram-se as características do sorvete da formulação A com o maior potencial inovador, pelo seu de alto teor de proteína (12g), baixo teor de gordura (2,5g), zero açúcar, fonte de energia, ter custo de produção viável e alto valor agregado, atendendo as atuais tendências do mercado de produtos lácteos.

Palavras-chave: Inovação. Sorvete lácteo protéico. Sorvete com baixo teor de gordura. Proteínas do soro de leite. Tendências globais de mercado de lácteos.

ABSTRACT

*In view of the new consumption trends in the dairy market, there is an increasing demand for enriched and / or functional foods, such as those with a high nutritional content containing natural components of milk. Whey proteins stand out for being high quality proteins, rich in essential amino acids potentially beneficial to the body. Aiming to create an innovative product for an ice cream industry in Rio Grande do Sul and expand its commercialization potential following global trends in the dairy market, the objective was to develop and characterize ice creams with higher nutritional density, made with whole milk, protein concentrate whey powder with 60% protein (WPC60) or 80% protein (WPC80), palm fat (GP) and zero sugar. Six experimental ice cream formulations were developed and a control formulation already used by the industry containing: A and B with 0% GP and 16% WPC60 or WPC80; C and D with 2% GP and 14% WPC60 or WPC80; E and F with 4% GP and 12% WPC60 or WPC80 and the Standard formulation with 4% GP, 18% whole milk powder. Ice creams were analyzed for chemical composition, energy value by direct calorimetry; physical-chemical characteristics (pH); physical (standard color L *, a *, b *, melting profile, overrun), rheological (viscosity and texture profile) and also regarding production costs. Ice creams A, B and D were characterized as high in protein, with A and B as low in fat and all formulations with zero sugar. The addition of WPC80 compared to WPC60 in the formulations caused an increase in the stability of the continuous phase of the ice creams by increasing the protein-protein interactions and forming a more resistant intermolecular network, favoring the formation of a more viscous fluid. Ice creams B, D and F showed a slow melting profile, lower melted final weight, low overrun, increased consistency index (k) and apparent viscosity (μ_{ap50}), making ice creams with a harder and gummy texture. Ice creams A, C and E showed a greenish color (a*) but also showed greater balance in the internal structure of the matrix and better stability of these ice creams. In formulations A and C (0% and 2% GP) there was a positive effect on viscosity, obtaining a better melting profile, increased overrun and softer texture, demonstrating that WPC60 is an adequate fat substitute in ice cream. The characteristics of formulation A ice cream with the greatest innovative potential were considered, due to its high protein content (12g), low fat content (2.5g), zero sugar, energy source, having a viable production cost and high added value, meeting the current market trends of dairy products.*

Keywords: Innovation. Protein milk ice cream. Low fat ice cream. Whey proteins. Global dairy market trends.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Gráfico do consumo brasileiro de sorvetes em milhões de litros/ano.....	18
Figura 2 –	Percentual de consumo de sorvetes nas diferentes regiões do Brasil.....	19
Figura 3 –	Representação da microestrutura do sorvete com base em imagens obtidas por microscópio de varredura.....	21
Figura 4 –	Fluxograma básico de produção industrial de sorvetes.....	26
Figura 5 –	Sorveteira marca Tramontina Express.....	41
Figura 6 –	Fluxograma do processamento dos sorvetes de creme.....	42
Figura 7 –	Liofilizador de alimentos.....	45
Figura 8 –	Calorímetro IKA.....	46
Figura 9 –	Colorímetro Konica Minolta.....	47
Figura 10 –	Material para medição de derretimento.....	48
Figura 11 –	Reômetro HAAKE Mars III, tipo rotacional.....	50
Figura 12 –	Texturômetro TAX-T2.....	51
Figura 13 –	Imagens do comportamento do sorvete D ao longo do tempo de derretimento.....	60
Figura 14 –	Médias dos resultados do <i>Overrun</i> das sete formulações de sorvete.....	62
Figura 15 –	Proposta de rotulagem para informação nutricional do sorvete proteico..	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Porcentagens dos ingredientes utilizados nas formulações experimentais e padrão dos sorvetes de creme.....	41
Tabela 2 –	Resultados das médias da composição centesimal e valor energético das matérias-primas leite em pó e concentrado proteico do soro de leite.....	87
Tabela 3 –	Resultados das médias da composição centesimal e valor energético das sete formulações de sorvetes experimentais.....	52
Tabela 4 –	Valores das médias do pH dos sorvetes.....	56
Tabela 5 –	Resultados das médias dos parâmetros de cor L^* , a^* , b^*	57
Tabela 6 –	Médias dos resultados das características do perfil de derretimento dos sorvetes.....	59
Tabela 7 –	Médias dos parâmetros reológicos das amostras de sorvetes seguindo o modelo da Lei da Potência.....	65
Tabela 8 –	Resultados das médias da área de histerese.....	68
Tabela 9 –	Resultados da análise instrumental do perfil de textura dos sorvetes.....	70
Tabela 10 –	Custo variável unitário (CVu) das formulações de sorvetes desenvolvidas.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1	Sorvete.....	16
3.1.1	Componentes do sorvete.....	21
3.1.2	Composição funcional da mistura.....	23
3.1.3	Tecnologia de produção de sorvetes.....	24
3.2	Leite.....	26
3.3	Soro de leite.....	29
3.4	Proteínas do soro de leite.....	32
3.4.1	Propriedades funcionais das proteínas do soro e seu uso na indústria.....	34
3.5	Tendências do mercado e fatores de influência no consumo de sorvetes.....	36
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.1	Delineamento experimental e tratamentos.....	40
4.2	Processamento das formulações de sorvetes	41
4.3	Determinação da composição centesimal dos sorvetes.....	45
4.3.1	Determinação do valor energético por calorimetria direta.....	46
4.4	Caracterização físico-química.....	47
4.4.1	Determinação do pH.....	47
4.5	Caracterização física dos sorvetes.....	47
4.5.1	Análise da cor.....	47
4.5.2	Medição da taxa de derretimento.....	48
4.5.3	<i>Overrun</i>	48
4.6	Caracterização das propriedades reológicas dos sorvetes.....	49
4.6.1	Análise da viscosidade.....	49
4.6.2	Análise instrumental do perfil de textura.....	50
4.7	Análise do custo dos sorvetes.....	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52

5.1	Caracterização da composição centesimal e valor energético por calorimetria.....	52
5.2	Caracterização físico-química.....	55
5.2.1	Avaliação do pH.....	55
5.3	Caracterização física dos sorvetes.....	57
5.3.1	Avaliação da cor.....	57
5.3.2	Avaliação da taxa de derretimento.....	58
5.3.3	Avaliação <i>overrun</i>	62
5.4	Caracterização das propriedades reológicas dos sorvetes.....	64
5.4.1	Avaliação da viscosidade.....	64
5.4.2	Avaliação da análise instrumental do perfil de textura	69
5.5	Avaliação do custo dos sorvetes e proposta de rotulagem para o sorvete proteico da formulação A.....	72
6	CONCLUSÃO.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79
	APÊNDICE A.....	87
	APÊNDICE B.....	88
	APÊNDICE C.....	89

1 INTRODUÇÃO

O sorvete é um produto tradicional da indústria de alimentos e pode ser definido como uma mistura alimentícia congelada bastante complexa, pois trata-se de uma emulsão a qual é submetida a um processo de congelamento e incorporação de ar, criando uma espuma aerada com textura cremosa altamente atrativa ao paladar (ORDÓÑEZ, 2005b; GOFF; HARTEL, 2013). Por ser considerado como um produto refrescante e saboroso, o sorvete ganha destaque no mercado mundial de alimentos sendo apreciado por diversos tipos de consumidores.

Analisando o mercado de sorvetes, segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS, 2020), o Brasil apresenta mais de 10 mil empresas relacionadas a cadeia de produção de sorvetes e gelatos, destacando-se mundialmente entre os 10 maiores produtores de sorvetes. Porém nos últimos anos o mercado brasileiro de sorvetes apresentou oscilações, com altos e baixos no consumo.

Em 2019 a média de consumo *per capita* no Brasil foi de 5,2 litros/habitante/ano, mesmo sendo um país tropical essa média é baixa comparado ao consumo mundial e com a Nova Zelândia, que tem se destacado como o maior consumidor de sorvetes do mundo com um consumo *per capita* de 28,3 litros/habitante/ano e os Estados Unidos com 20,8 litros/habitante/ano (ZONI, 2019; ABIS, 2020). Esses dados estimulam as indústrias tradicionais de sorvetes a desenvolverem estratégias de mercado para atingir diferentes nichos de comercialização, além do mercado convencional, a fim de atrair mais consumidores.

Nos últimos anos a indústria sorveteira do Brasil tem investido em pesquisas e marketing para desmistificar o valor nutritivo dos sorvetes, lançando movimentos como *Sorvete Alimenta* (SEBRAE, 2017) e *Sorvete Pode* (ABIS, 2020), trazendo como meta romper a barreira da falta de informação da população quanto ao real valor nutritivo dos produtos, uma vez que, os sorvetes a base de leite caracterizam-se como produtos lácteos de alto valor nutritivo, em função de o leite ser uma excelente fonte de nutrientes essenciais (ORTEGA-REQUENA; REBOUILLAT, 2015).

O leite fornece vários benefícios à saúde, estudos observacionais sugerem que o consumo de laticínios está associado ao menor risco de obesidade (MOZAFFARIAN, 2020), tanto adultos quanto crianças podem consumir produtos lácteos como parte de um padrão alimentar saudável (DAIRY COUNCIL OF CALIFORNIA, 2020).

Em geral, muitas decisões de compra e consumo têm sido influenciadas por mitos e preconceitos quanto a produção de alimentos industrializados, as quais podem acarretar

consequências ruins para os consumidores, indústrias e o setor como um todo. Para evitar impactos negativos sobre os alimentos é fundamental fornecer a população fatos e evidências baseados em dados científicos e estatísticos confiáveis, necessitando o sistema alimentar estar plenamente alinhado com a ciência e de acordo aos regulamentos vigentes (REGO; VIALTA; MADI, 2020).

Novas pesquisas científicas sobre a relação entre saúde, alimento e meio ambiente, tem propiciado a população o conhecimento das vantagens à saúde e qualidade de vida em promover um maior equilíbrio nas dietas alimentares, estimulando os consumidores a terem atitudes mais críticas quanto à qualidade, saudabilidade, segurança e sustentabilidade dos alimentos consumidos.

A tecnologia está sendo aplicada a todos os pontos da cadeia de abastecimento alimentar, levando a uma variedade de inovações, como mudanças na gestão agrícola, nas formulações de alimentos, processamento e embalagem (DAIRY COUNCIL OF CALIFORNIA, 2020). As mudanças de comportamento dos consumidores estimulam as inovações, pois redesenham antigos padrões gerando novas tendências de consumo, as quais devem ser estudadas como ferramentas estratégicas de inovação na disputa de mercado, criando vantagens competitivas.

Esses avanços tecnológicos em ingredientes e processos têm permitido inovações em produtos que substituem as tradicionais sobremesas geladas, incluindo o sorvete, essa categoria de produtos tem como característica importante a conveniência, por encontrarem-se prontas para ser consumidas (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

O aumento do valor nutricional de produtos alimentícios industrializados tem sido realizado recorrendo a inovação tecnológica orientada conforme as tendências de consumo (REGO; VIALTA; MADI, 2020).

Uma forte tendência do mercado de produtos lácteos é de densidade nutricional e conveniência caracterizada pelo enriquecimento nutricional de produtos, a qual apresenta-se como excelente tática de inovação no desenvolvimento de produtos como o sorvete, visando impulsionar o consumo, enfrentar a sazonalidade e equilibrar as vendas das indústrias (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

Um estudo sobre a percepção dos consumidores em relação a conceitos de sorvetes, demonstrou que o conceito “sorvete enriquecido” pode ser uma estratégia eficaz para promover o aumento do consumo entre diferentes grupos de consumidores, uma vez que esses consumidores tiveram a percepção do sorvete “enriquecido” como mais saudável que o “tradicional” (SILVA *et al.*, 2014). Outra pesquisa de mercado mostrou que 50% dos consumidores da América Latina buscam por alimentos ricos em proteínas (NIELSEN, 2015).

Com isso os alimentos enriquecidos estão vivenciando uma onda de popularidade, com crescente demanda por produtos ricos em proteína de alto valor biológico como as proteínas do soro de leite (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

O aumento da demanda do mercado pelas proteínas do leite levou as proteínas ao patamar de componente mais valioso do leite, ressaltando o crescimento nos segmentos de produtos derivados de concentrados e isolados de proteínas do soro de leite (ORTEGA-REQUENA; REBOUILLAT, 2015).

As proteínas do soro de leite se destacam por suas propriedades multifuncionais, apresentando propriedades tecnológicas e sensoriais, e também propriedades fisiológicas altamente benéficas para o organismo, devido a sua composição aminoacídica e presença dos aminoácidos essenciais para a alimentação (SGARBIERI, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2012; VASCONCELOS *et al.*, 2018).

O uso de fontes de proteínas concentradas, como o concentrado proteico de soro de leite em pó, do inglês: *whey protein concentrate (WPC)*, na produção de sorvetes tem potencial para influenciar positivamente na qualidade final do produto pelo aumento do teor nutricional agregando mais valor ao sorvete. As proteínas são capazes de promover melhorias na estabilidade, na viscosidade e incorporação de ar em sorvetes, propriedades de muita valia para produtos com reduções dos níveis de gordura e/ou de açúcares (VARNAM; SUTHERLAND, 2001; SILVA; BOLINI; ANTUNES, 2004; GOFF; HARTEL, 2013).

Alguns efeitos já observados da adição das proteínas do soro de leite em sorvete com reduzido teor de gordura foram, maior resistência ao derretimento e aumento da viscosidade aparente, além de não demonstrar influência significativa na avaliação das propriedades sensoriais de sabor e odor do sorvete (DANESH; GOUDARZI; JOOYANDEH, 2017).

O surgimento de novos tipos de sorvetes, com variações tais como “premium”, “gourmet”, “funcionais”, “orgânicos”, entre outros, deve fazer o mercado crescer exponencialmente, sendo importante que o empreendedor da cadeia produtiva esteja preparado para essas diversidades (SEBRAE, 2017).

Portanto, analisando as macrotendências globais do setor de produtos lácteos e a demanda do setor de sorvetes por inovação, ligado à crescente procura dos consumidores por produtos com atributos de saudabilidade e o interesse por ingredientes lácteos naturais e funcionais que promovam melhorias da saúde e favoreçam o bem-estar, objetivou-se desenvolver um produto inovador para uma indústria de sorvetes do Rio Grande do Sul a fim de expandir o potencial de comercialização da empresa para diferentes segmentos do mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver e caracterizar um sorvete com alto teor de proteína, baixo teor de gordura e zero açúcar com potencial de comercialização para uma indústria gaúcha produtora de sorvetes.

2.2 Objetivos específicos

a) Desenvolver formulações e elaborar sorvetes com alto teor de proteína, baixo teor de gordura e zero açúcar utilizando como ingredientes leite em pó integral, concentrado proteico de soro de leite em pó, gordura de palma, mix de edulcorantes e estabilizantes em diferentes quantidades;

b) Caracterizar os sorvetes elaborados quanto às características da composição centesimal (proteína, gordura, carboidratos, cinzas, extrato seco); determinação do valor energético por calorimetria; características físico-químicas (pH); características físicas (cor, perfil de derretimento e *overrun*); características reológicas (viscosidade e perfil de textura) e análise do custo dos sorvetes.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Sorvete

A aparência simples do sorvete desmente sua natureza química complexa, mas transforma-o num produto de grande popularidade entre consumidores de todo mundo. A possibilidade de diversificação na produção, abrangendo diferentes cores, sabores, texturas e formatos, facilita a entrada dos sorvetes em diferentes segmentos do mercado alimentício, propiciando experiências alimentares gostosas e atrativas para públicos de diferentes faixas etárias.

A invenção do sorvete ocorreu muito antes do desenvolvimento da refrigeração mecânica e há mais de 3.000 anos a humanidade já se deliciava com essa mistura gelada, seus primeiros relatos indicam como originário da China, através de misturas de neve com frutas e com leite de arroz. Porém, a grande revolução no mundo dos sorvetes aconteceu com Marco Polo, que trouxe o “segredo” do preparo do sorvete do Oriente para a Itália em 1292, disseminando a “moda” dos sorvetes por toda Europa, levando esse gelado há conquistar um grande público ao redor do mundo (VARNAM; SUTHERLAND, 2001; DAIRY PRODUCT, 2020).

Do ponto de vista tecnológico o sorvete é considerado um fluido complexo, tratando-se de um sistema coloidal, no qual sua mistura inicial formará uma emulsão líquida e a textura do produto final será determinada, em parte, pela operação subsequente de congelamento e aeração, formando uma espuma com uma fase contínua sólida e uma fase dispersa (FELLOWS, 2006). O autor também refere que todas as etapas de fabricação contribuem para a formação da estrutura física do sorvete, determinando sua aparência, viscosidade, consistência e textura a qual influenciará substancialmente a percepção da qualidade do sorvete pelos consumidores.

A palavra “sorvete” existe em vários idiomas, por exemplo, na Itália sorvete é denominado *gelato*, na França chamam-se *glaces à la creme* e nos Estados Unidos chamam-se *ice cream*.

Os padrões de composição do sorvete variam ao redor do mundo, assim como o entendimento do que constitui um “sorvete” (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017). Dentro da categoria de sorvetes existem inúmeras variações de fórmulas, ingredientes lácteos, métodos de congelamento, embalagens entre outras variáveis que possibilitam a criação de uma ampla gama de produtos (GOFF; HARTEL, 2013).

A variedade de denominações dos sorvetes se dá principalmente pela quantidade e tipos de ingredientes que compõem a mistura e pouco se diferencia na tecnologia de fabricação, sendo

geralmente classificados de acordo com o teor e tipo de gordura (VARNAM; SUTHERLAND, 2001).

Alguns gelados a base de leite podem conter teores de gordura superiores a 16%, sendo denominados de sorvetes *super premium*, já outros podem conter entre 1 e 2% de gordura e denominados então como *sherbet* (SEBRAE, 2018). Porém para determinação da composição o fabricante deve levar em consideração, primeiramente, os requisitos legais do país, a qualidade do produto desejada, as matérias-primas disponíveis, as demandas comerciais, a concorrência e o custo do produto (GOFF; HARTEL, 2013).

Muitos países não permitem a utilização de gorduras não lácteas para fabricação de sorvetes, sendo determinado que produtos feitos com gorduras não lácteas devam ser descritos por um nome alternativo. Os únicos países da Comunidade Europeia que permitem a utilização de gorduras não lácteas nos sorvetes são a Islândia, Portugal e o Reino Unido e nestes países o termo “gelado lácteo” só é aplicado aos produtos onde toda a gordura é derivada do leite (VARNAM; SUTHERLAND, 2001).

Nos Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia é exigido o teor mínimo de 10% de gordura do leite no “sorvete”, embora versões light, com baixo teor de gordura e não lácteos também estejam disponíveis com outras denominações (GOFF; HARTEL, 2013).

A legislação brasileira enquadra os sorvetes, segundo a Resolução nº 266 da ANVISA (BRASIL, 2005a), na categoria “gelados comestíveis”, sendo definidos como “produtos alimentícios congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcar, nos quais podem ser adicionados de outros ingredientes e substâncias desde que não descaracterizem o produto”.

Porém ressalta-se que a quantidade da gordura e, principalmente, o tipo de gordura que irá compor um sorvete, afetará diretamente as características físicas do produto, nutritivas e organolépticas percebidas pelo consumidor.

Todos os alimentos, sejam in natura ou industrializados, tem em sua composição componentes e nutrientes que os caracterizam (REGO; VIALTA; MADI, 2018). Os tipos de ingredientes utilizados na fabricação de sorvetes irão caracterizar seu valor nutritivo e sua qualidade final as quais influenciaram na aceitação do produto pelo consumidor.

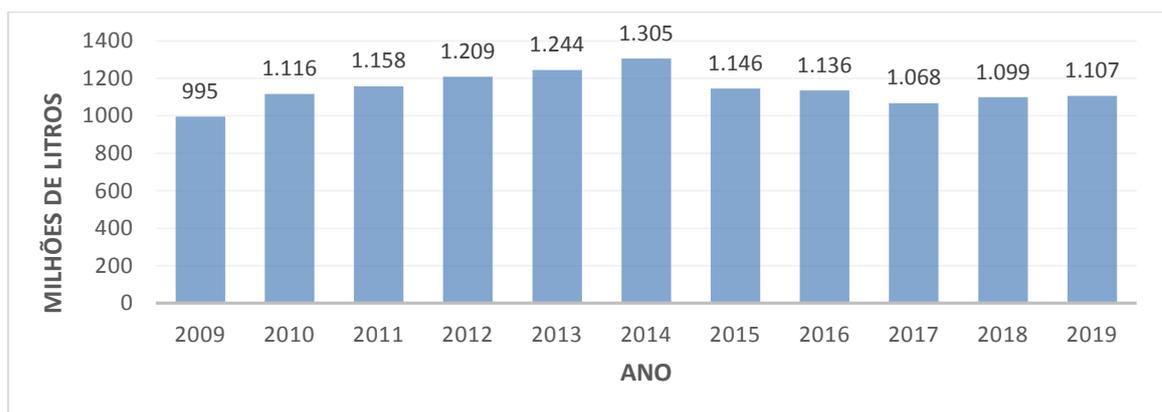
Conceitualmente, os nutrientes são substâncias contidas nos alimentos as quais são utilizadas pelo organismo para cumprir três finalidades básicas: proporcionar energia para o perfeito funcionamento das estruturas corporais; prover materiais necessários para a formação dessas estruturas e suprir substâncias necessárias para regular o metabolismo (ORDÓÑEZ, 2005a).

A preocupação com saúde e segurança tem levado o consumidor a evitar determinados produtos industrializados ou preferir produtos com formulações sem determinados tipos de ingredientes (REGO; VIALTA; MADI, 2018). Repelindo alimentos com maiores quantidades de gorduras, calorias, açúcares e sódio, estando preocupados com o controle do peso, aumento da imunidade e prevenção de doenças associadas à má alimentação (REGO; VIALTA; MADI, 2020).

Contudo o fator determinante para um produto ser mais ou menos nutritivo é o seu conteúdo, por exemplo, sorvetes feitos à base de água, açúcar, corantes são bem menos nutritivos do que sorvetes à base de leite, frutas, cacau ou amêndoas. Como resultado, muitas decisões de compra e consumo têm sido influenciadas por mitos e preconceitos em relação aos alimentos processados ou industrializados e suas reais funções e benefícios (REGO; VIALTA; MADI, 2018).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS) o consumo de sorvetes no Brasil cresceu entre os anos 2009 e 2014, como pode ser observado na Figura 1 (ABIS, 2020) mas, a partir de 2015 tem ocorrido uma queda no consumo brasileiro de sorvetes, passando de 1305 milhões de litros consumidos em 2014 para 1107 milhões de litros consumidos em 2019.

Figura 1 – Gráfico do consumo brasileiro de sorvetes em milhões de litros/ano



Fonte: Adaptada de ABIS (2020).

O setor industrial brasileiro de sorvetes tem relacionado a diminuição no consumo com a falta de informação da população quanto à composição e importância nutricional dos sorvetes, o qual muitas vezes é visto, em geral, como um alimento não nutritivo (SEBRAE, 2017; ABIS, 2020). Essa percepção negativa em relação aos sorvetes convencionais está principalmente atrelada a presença da gordura em sua composição, a qual é vista pelo público como uma característica não saudável (VARNAM; SUTHERLAND, 2001).

Porém existem vários sorvetes industrializados nos quais o leite, in natura ou em pó, ou as frutas representam a maior quantidade do produto, todos os produtos podem conter tipos e quantidades variadas de nutrientes, de acordo com a diversidade de formulações existente no mercado (REGO; VIALTA; MADI, 2018).

O mercado brasileiro de sorvetes apresenta-se, basicamente, dividido entre produtos industrializados e produtos fabricados em escala artesanal (TOZATO *et al.*, 2007). Sendo que 92% dos produtores ligados ao setor são micro e pequenas empresas, gerando em torno de 100 mil empregos diretos (ABIS, 2020).

Analisando o consumo de sorvetes nas diferentes regiões brasileiras pode-se observar na Figura 2, que a população da região sudoeste consome 52% da produção de sorvetes do Brasil.

Figura 2 – Percentual de consumo de sorvetes nas diferentes regiões do Brasil



Fonte: ABIS (2020).

Essa diferença no consumo de sorvetes entre as regiões parece estar mais influenciada pelo desenvolvimento econômico da região do que pelo clima, uma vez que regiões com predomínio de clima quente o ano inteiro apresentam baixo consumo. Os fatores ambientais, culturais e socioeconômicos locais tem sido os principais contribuintes para estabelecer o padrão de consumo da população, porém a globalização do comércio e a progressiva interação cultural tem gerado novas tendências também influenciando no consumo de alimentos (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

A medida que aumentam os níveis de educação, informação e renda familiar, os consumidores, criam condições de conhecer e experimentar diferentes opções de alimentos, além disso, a concentração da população em grandes áreas urbanas, o envelhecimento da

população e a mudança no comportamento das novas gerações também interferem nas escolhas e formatos das refeições dos indivíduos (REGO; VIALTA; MADI, 2018).

Essas mudanças de hábitos alimentares têm estimulado a indústria sorveteria a desenvolver inovações adaptando as características dos produtos à saudabilidade, a fim de atender aos anseios e percepções dos consumidores preocupados com os aspectos dietéticos dos sorvetes, visando aumentar o consumo.

O conhecimento da composição dos alimentos consumidos no Brasil é um elemento essencial para ações de orientação nutricional, baseadas em princípios de desenvolvimento local e diversificação da alimentação, pois sem o conhecimento do valor nutricional dos alimentos pode haver a massificação de uma dieta monótona e desequilibrada (NEPA, 2011).

Para analisar a composição nutricional e o conteúdo dos alimentos industrializados, o consumidor necessita consultar os rótulos que, por lei, devem conter todos os ingredientes utilizados na produção (REGO; VIALTA; MADI, 2018).

Se compararmos a composição nutricional de um sorvete a base de leite, o qual contém em 100g do produto 201 calorias (Kcal), 128 mg de cálcio e 409 (UI) de vitamina A (DAIRY PRODUCT, 2020) com a composição calórica de um queijo minas frescal (100g = 264 Kcal) ou com o um pão francês integral (100g = 253 Kcal), o sorvete apresenta menos calorias, ou seja, mais energia, e ainda disponibiliza vitamina e mais da metade da quantidade de cálcio que um copo de leite integral (200 ml = 223 mg cálcio) (NEPA, 2011).

O conhecimento do valor nutricional é de suma importância, para os consumidores influência no equilíbrio das dietas esclarecendo e orientando-os no momento da escolha de um produto, e para a indústria de alimentos age como uma ferramenta de transparência e agregação de valor aos produtos através das alegações nutricionais determinadas pelas legislações.

A interpretação da percepção dos consumidores quanto à composição do sorvete, tanto através das características sensoriais quanto não sensoriais, deve ser considerada para o sucesso de um produto (SILVA *et al.*, 2014). E para atingir um potencial nicho de mercado no setor alimentício deve-se primeiramente considerar a influência da consciência dos consumidores no momento da compra, identificando as mudanças no perfil de consumo e se adaptando a tais mudanças (ARAUJO, 2012).

Alegações de saudabilidade em produtos buscam responder ao interesse dos consumidores na saúde, transmitindo mensagens sobre benefícios específicos do mesmo que potencialmente agregam valor aos produtos (SILVA *et al.*, 2014).

Nesse contexto, o conceito de ampliar a “saudabilidade” de sobremesas geladas através da adição de ingredientes específicos, possibilita novos negócios para a indústria sorveteira (THARP, 2008), estimulando a readequação dos produtos tradicionais e o aumento do consumo de acordo com as necessidades dos consumidores e tendências do mercado.

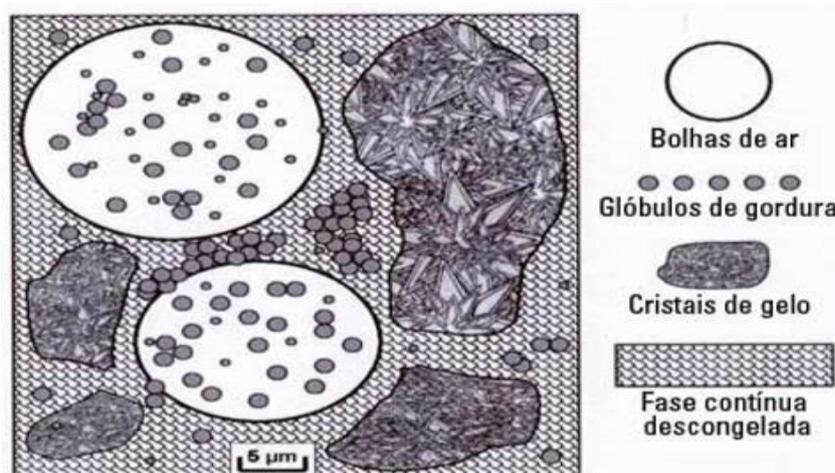
3.1.1 Componentes dos sorvetes

As matérias-primas, ingredientes e aditivos mais utilizados pela indústria sorveteira são o leite em pó e o condensado, o creme de leite, as gorduras lácteas e vegetais, iogurte, açúcar, glicose, sucos e polpas de frutas naturais, os estabilizantes, aromatizantes e os emulsificantes também podem compor uma mistura para sorvete (GOFF; HARTEL, 2013; ORDÓÑEZ, 2005b).

O termo "mistura", é usado para definir o conjunto de todos os componentes do sorvete com exceção do ar, a qual após ser tratada termicamente e homogeneizada, e antes de sofrer o processo de congelamento, também é denominada de “calda” (VARNAM; SUTHERLAND, 2001). A interação dos componentes que formam a calda do sorvete deve ser equilibrada a fim de manter o grau de plasticidade e de congelamento suficiente até o momento da venda do produto ao consumidor (ORDÓÑEZ, 2005b).

Segundo Tharp (2011) a estrutura do sorvete, basicamente, será formada por quatro elementos principais: bolhas de ar, glóbulos de gordura, cristais de gelo e uma fase contínua, não congelada, como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Representação da microestrutura do sorvete com base em imagens obtidas por microscópio de varredura



Fonte: Tharp (2011).

Para realizar o desenvolvimento da calda de sorvete e determinar o balanço das quantidades dos ingredientes deve-se ter conhecimento da interação dos componentes entre si e sua modificação durante as etapas de produção, pois dependendo das propriedades destes componentes da mistura a estabilização da estrutura do sorvete e sua qualidade será determinada.

De acordo com Varnam e Sutherland (2001), Ordóñez (2005b) e Tharp (2011), foram compilados os principais componentes do sorvete e suas funções na qualidade do produto, sendo os seguintes:

- a) Gorduras: responsáveis pela cremosidade e textura dos sorvetes. A fonte mais adequada para produção de sorvetes é a gordura láctea, destacando-se pela sua importância nutricional e por promover um produto com sabor e qualidade superior, melhoria nas propriedades de textura e sabor. A gordura láctea é amplamente utilizada para sorvetes de qualidade superior e as gorduras vegetais (de coco e/ou de palma) são mais utilizadas para sorvetes de qualidade aceitável, pois tem pouco sabor intrínseco.
- b) Proteínas: compõem os sólidos não gordurosos da mistura, atuam melhorando a emulsificação, a palatabilidade e estão relacionadas com a intensidade e tempo de permanência do sabor na boca. As proteínas se ligam na superfície dos glóbulos de gordura e das bolhas de ar estabilizando a espuma e aumentando a viscosidade da calda, sendo consideradas a componente chave do sorvete. O uso de proteínas concentradas propicia um aumento de funcionalidade em relação a estabilização e melhoria no batimento, possibilitando o uso de concentrados proteicos de soro de leite para melhorar a qualidade final dos sorvetes.
- c) Açúcares: proporcionam sabor doce ao sorvete, fixam os compostos aromáticos e também contribuem para a viscosidade. O uso de edulcorantes, incluindo os naturais como stévia e adoçantes sintéticos, como aspartame, sucralose, são utilizados como bons substitutos da sacarose, podendo adicionar sozinhos ou em combinações.
- d) Cristais de gelo: responsáveis pela consistência e sensação de frescor, porém devem ser pequenos para evitar sensação de arenosidade na boca, influenciando na textura.

- e) Bolhas de ar: Proporcionam maciez deixando o produto deformável à mastigação, tornando-o mais leve, sem elas seria muito difícil digerir o sorvete. O tamanho das bolhas de ar é um elemento muito importante para a sensação de cremosidade, pois pequenas bolhas de ar contribuem indiretamente para o controle do crescimento de cristais de gelo, limitando o espaço no qual o crescimento pode ocorrer. Atuando como isolante do frio intenso, pois sem o ar seria difícil consumir o sorvete. Portanto, as características mais importantes das bolhas de ar são o seu tamanho e sua estabilidade.
- f) Estabilizantes: são hidrocolóides solúveis em água, agem unindo todos os elementos devido ao seu aumento de volume após hidratação, formando soluções viscosas ou géis. São usados em praticamente todos os sorvetes, melhoram a viscosidade da mistura, a incorporação de ar e a textura. Aumentam a cremosidade e minimizam efeitos das variações de temperatura ou choque térmico durante o armazenamento.
- g) Aromatizantes, corantes ou acidulantes: são adicionados para realçar o sabor e a cor, podem ser naturais ou artificiais, sendo que a temperatura em que o sorvete for consumido tem efeito sobre a percepção do sabor.

3.1.2 Composição funcional da mistura de sorvete

Segundo Varnam e Sutherland (2001) a formulação de uma mistura de sorvete deve ter um equilíbrio funcional entre os ingredientes para formar e a composição e estrutura do produto final.

De acordo com os autores, em primeiro lugar, deve-se calcular a proporção correta de gordura e açúcar evitando a sensação de boca gordurosa. O segundo equilíbrio requerido é a relação entre sólidos totais e água, pois se ocorrer uma alta concentração de sólidos totais, há um risco de ocorrer textura arenosa e áspera devido à cristalização da lactose, mas por outro lado se for muito baixo, grandes cristais de gelo podem se formar resultando em uma textura “vítrea” ou “gelada”, com pouco sabor.

A relação entre dieta e saúde vem estimulando o interesse em alimentos com menos gordura. Porém quando se diminui os teores de gordura ocorre a diminuição das propriedades sensoriais do produto, sendo que o sorvete com baixa porcentagem de gordura geralmente

apresenta sabor indesejável, baixa resistência ao derretimento e maior firmeza (DANESH; GOUDARZI; JOOYANDEH, 2017).

A diminuição do teor de gordura modifica a estrutura do produto e é necessário usar um alto nível de estabilizadores para ligar a água e fornecer “corpo” ao sorvete. Um ótimo fixador de água e estabilizante natural são as proteínas do soro de leite, as quais apresentam propriedades funcionais que possibilitam a elaboração de um produto final superior (VARNAM; SUTHERLAND, 2001; THARP, 2008).

Devido ao fato das composições de sorvete serem dependentes do nível de gordura, à medida que se diminui o nível de gordura deve-se aumentar o nível de sólidos não gordurosos (SNG) da mistura para manter a composição funcional da formulação. A adição de um concentrado proteico na formulação de sorvete contribui para o aumento de SNG podendo favorecer a estrutura do sorvete devido suas propriedades funcionais, tecnológicas e sensoriais (THARP, 2008; THARP, 2010).

3.1.3 Tecnologia de produção de sorvetes

A RDC nº 267, de 25 de setembro de 2003, regulamenta as boas práticas de fabricação para estabelecimentos industrializadores de gelados comestíveis, com objetivo de estabelecer procedimentos de garantia das condições higiênico-sanitárias do produto final (BRASIL, 2003b).

A escolha da matéria-prima é fundamental para qualidade do produto e cada uma delas deve ser analisada, com relação a função, a cor, sabor e demais características, como ser livre de contaminantes, ter garantia de procedência, estar dentro do prazo de validade, para garantir a segurança e qualidade da produção e dos produtos finais (BRASIL, 2003b; SEBRAE, 2018).

Feita a escolha da matéria-prima procede-se a mistura dos ingredientes, a qual pode ser realizada em misturadores com aquecimento ou no próprio tanque de pasteurização, após procede-se a homogeneização, que pode ocorrer antes ou após a pasteurização, importante para uniformização das partículas de gordura formando uma emulsão (ORDÓÑEZ, 2005b; SEBRAE, 2018).

O processo de pasteurização, na fabricação industrial deve atender às seguintes condições mínimas: no processo contínuo, 80°C por 25 segundos, ou no processo em batelada (batch), 70°C por 30 minutos (BRASIL, 2003b). Esse processo térmico é importante para redução da carga microbiana inicial do produto e eliminação dos microrganismos patogênicos e também

para solubilizar e dispersar melhor os ingredientes tornando a calda mais uniforme. Porém deve-se ter controle rigoroso com as altas temperaturas durante a pasteurização, evitando temperaturas extremas, para não provocar a desnaturação excessiva das proteínas do leite e o aparecimento do sabor de cozido no sorvete (SEBRAE, 2018).

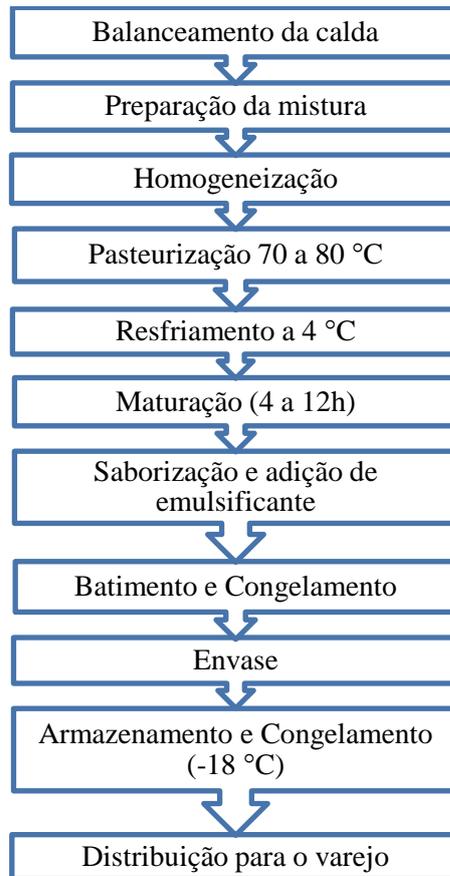
Após a pasteurização realiza-se um rápido resfriamento da calda, a qual deve ser resfriada até alcançar temperatura em torno de 4°C. Então a calda segue para o processo de maturação onde deverá ser maturada em tanques à temperatura de 4°C, em tempo de 4 a 12h. Nessa etapa ocorre reorganização das estruturas do sorvete, envolvendo a hidratação das proteínas do leite, a cristalização de gorduras e a absorção de água pelos hidrocolóides e também ocorre a adsorção das proteínas e estabilizantes na superfície dos glóbulos de gordura. A fase de envelhecimento é muito importante sendo substancialmente concluída dentro de no máximo 24 horas, períodos mais longos a esse tempo devem ser evitados para não ocorrer a deterioração da massa por microrganismos psicrotróficos (VARNAM; SUTHERLAND, 2001).

A etapa final do processamento é o congelamento, realizado de forma simultânea a batedura, sendo que nesse momento o ar é incorporado na emulsão que é refrigerada rapidamente, ocorrendo duplicação do volume inicial da mistura criando uma espuma com células de ar, que tornam o produto mais leve, portanto a mistura que antes era uma emulsão converte-se em sorvete (ORDÓÑEZ, 2005b; FELLOWS, 2006; SEBRAE, 2018).

O congelamento do sorvete deve ser rápido, para evitar a formação grandes cristais de gelo, atuando também na desestabilização parcial da emulsão produzindo certo grau de aglomeração da gordura melhorando assim a textura do sorvete (FELLOWS, 2006).

Na Figura 4 está representado um fluxograma básico de produção industrial de sorvetes.

Figura 4 – Fluxograma básico de produção industrial de sorvetes



Fonte: Adaptado Ordóñez (2005b) e Sebrae (2018).

3.2 Leite

Mesmo com a diversidade e riqueza das dietas humanas do mundo atual, as proteínas de alto valor que o setor pecuário oferece são as que fortalecem e melhoram a nutrição da grande maioria da população no mundo. Produtos de origem animal além de fornecerem proteínas de alto valor biológico para o organismo humano, também são fontes importantes de uma ampla gama de micronutrientes essenciais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002).

De acordo com o Artigo 235 do Decreto nº 9.013, de 29 de Março de 2017, que dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (BRASIL, 2017), entende-se por “leite”, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas.

O leite contém em sua composição glóbulos lipídicos revestidos por uma membrana lipoproteica, ácidos graxos saturados e insaturados, ácido oleico, ácido linoleico conjugado, ácidos graxos ômega-3, micelas de caseína e proteínas do soro, lactose, vitaminas (A, D, K),

minerais como cálcio, potássio, zinco, ferro, oligossacarídeos, imunoglobulinas, lactoferrina, citocinas, enzimas e outros peptídeos bioativos essenciais para o desenvolvimento e manutenção fisiológica do organismo (JENSEN, 1995; HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007; SPADOTI *et al.*, 2016).

O conteúdo de compostos bioativos do leite podem promover efeitos positivos à saúde e um consumo diário de 0,5 L de leite fornece uma quantidade significativa de nutrientes necessários para um metabolismo saudável (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007).

O leite é, sem dúvida, a fonte mais importante de ingestão de cálcio pelos humanos, devido a quantidade e biodisponibilidade deste mineral, a presença de caseinofosfopeptídeos, lactose e proteínas no leite facilitam a absorção do cálcio pelo organismo (SPADOTI *et al.*, 2016).

As proteínas lácteas são sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso das células secretoras da glândula mamária das fêmeas bovinas, onde são formadas a partir de uma sequência de aminoácidos unidos por ligações peptídicas. O leite contém em torno de 3,5% de proteínas lácteas totais, onde são divididas, em média, por 80% de caseínas e 20% de proteínas do soro de leite, essas proteínas são de elevada qualidade pela alta quantidade de aminoácidos essenciais em sua composição, os quais estão envolvidos nas funções fisiológicas dos sistemas do organismo.

As proteínas são moléculas presentes em todos os seres vivos, que participam dos processos celulares do corpo desempenhando inúmeras funções vitais no organismo. A composição dos aminoácidos e a disposição das ligações que estabilizam a estrutura das proteínas irá caracterizar as suas propriedades e funcionalidade (ANTUNES, 2003; ORDÓÑEZ, 2005a).

Nos últimos anos, descobertas científicas sobre o leite e seus componentes vem reforçando a importância desse alimento e sua relação com a saúde e longevidade da população.

Pesquisas vêm evidenciado o potencial nutracêutico dos componentes presentes na membrana que envolve naturalmente os glóbulos de gordura (triglicerídeos) do leite (MGGL), especialmente relacionados aos fosfolipídios e proteínas dessa membrana, como inibição ou alteração de câncer de cólon; ação anticolesterolêmica associada à diminuição da absorção do colesterol; supressão de patógenos gastrointestinais; anti-alzheimer ligados a atenuação dos efeitos neurais do envelhecimento restaurando parcialmente a memória; ação antidepressiva e antiestresse (SPITSBERG, 2005; COSTA; JIMÉNEZ-FLORES; GIGANTE, 2009).

Outros estudos têm observado um possível efeito cardioprotetor exercido pela gordura natural do leite, devido à presença de compostos com efeitos benéficos para o sistema

cardiovascular, também associados a diminuição dos riscos de obesidade e diabetes do tipo 2 (SPADOTI *et al.*, 2016).

Mozaffarian (2020) analisando a evolução das evidências nutricionais, também destaca em seu artigo as propriedades da MGGL, por ser rica em lipídios polares bioativos (fosfolipídios e esfingolipídios) e proteínas, trazendo que o consumo de leite e produtos lácteos, independente do nível de gordura, estão associados a redução de insulina, ao menor risco de diabetes tipo 2 e de doenças cardiovasculares. O autor também traz que estudos observacionais entre crianças sugerem que o consumo de laticínios está associado ao baixo risco de obesidade.

Uma outra vantagem da gordura láctea para a saúde em comparação com a gordura vegetal hidrogenada, quando utilizada industrialmente, ela não requer processo de hidrogenação, o qual pode levar à formação de ácidos graxos trans. Atualmente a ANVISA publicou medidas que visam proteger a saúde da população através da RDC N° 332, de 23 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019b), limitando o uso de gorduras trans industriais em alimentos, essa gordura é os triglicerídeos que contém ácidos graxos insaturados, expressos como ácidos graxos livres, e são produzidos por meio da hidrogenação parcial. Geralmente estão presentes nos alimentos processados como os sorvetes.

A fim de reduzir as taxas de ácidos graxos trans na indústria de alimentos a utilização de uma gordura láctea no lugar de uma gordura vegetal hidrogenada é uma boa alternativa, com efeitos positivos para a saúde.

O setor leiteiro mundial apresenta grande relevância na produção de alimentos e também no desenvolvimento econômico, segundo Sorio (2018) mais de 600 milhões de pessoas vivem em propriedades leiteiras, demonstrando a importância dessa atividade para a agricultura familiar.

No Brasil o setor de laticínios contribui com o desenvolvimento econômico, principalmente o desenvolvimento rural de várias regiões do país (PITHAN E SILVA; BUENO; SÁ, 2017).

Pois são quase 1,2 milhões de produtores rurais, distribuídos em 99% dos municípios do país. O que levou o Brasil em 2018 a ganhar destaque mundial como 4º maior fabricante de leite em pó integral, 6º maior de leite em pó desnatado e 4º maior produtor de queijos (SORIO, 2018).

Portanto além do leite ser uma das principais fontes de nutrição para a população a cadeia produtiva do leite apresenta um papel importante dentro do complexo agroindustrial brasileiro, apresentando grande relevância socioeconômica para o país.

3.3 Soro de leite

O soro de leite é um componente importante do processo de lácteos, e vem ganhando destaque neste setor. Inúmeras pesquisas vêm estudando as propriedades funcionais e bioativas desse subproduto, o qual representa até 90% do leite utilizado na fabricação de queijos e, aproximadamente, 55% dos nutrientes do leite (ALVES *et al.* 2014). De acordo com o autor a composição do soro de leite depende da composição química do leite, do tipo de coagulação do leite e do processo de fabricação do queijo.

Em média o soro de leite é composto por 94 a 95% água, 3,8 a 4,6% lactose, 0,8 a 1% proteínas, 0,7 a 0,8% minerais, e uma pequena quantidade de gordura e vitaminas (ANTUNES, 2003; ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017; VASCONCELOS; BACHUR; ARAGÃO, 2018)

No Artigo 400 do Decreto nº 9.013, de 29 de Março de 2017 o “soro de leite” é definido como produto lácteo líquido extraído da coagulação do leite utilizado no processo de fabricação de queijos, o qual pode ser submetido a desidratação parcial ou total por meio de processos tecnológicos específicos (BRASIL, 2017).

A Instrução Normativa Nº 80, de 13 de Agosto de 2020, aprova o Regulamento Técnico que fixa os padrões de identidade e qualidade para o soro de leite e o soro de leite ácido sendo classificados quanto a sua acidez, a denominação de venda desses produtos vem de acordo com as suas classificações e processamento tecnológico (BRASIL, 2020).

Segundo Sorio (2018) o comércio de soro de leite aumentou 15% entre os anos de 2012 a 2016, onde a União Europeia e os EUA foram responsáveis por 60% das exportações de soro de leite no mundo.

Comumente na produção de 1 Kg de queijo gera-se em média de 9 L de soro de leite, isso produz um grande volume de soro líquido, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em 2016 o Brasil alcançou o volume de produção de 2,7 milhões de toneladas de soro de leite demonstrando a disponibilidade desse produto para o mercado. Contudo o país se caracteriza como um importador de soro industrializado, pois o processamento do soro de leite e seus derivados é ainda pequeno frente à necessidade e a demanda interna do país (PITHAN E SILVA; BUENO; SÁ, 2017).

No mercado a União Europeia destaca-se como um dos maiores exportadores de soro de leite para o comércio mundial, chegando em 2018 a gerar 4,150 milhões de toneladas de soro de leite, considerando que, em média, na sua produção, 1 kg de queijo (semi) duro e queijo

macio rende 0,495 kg de sólidos de soro de leite e 1 kg de queijo fresco rende 0,33 kg de sólidos de soro de leite (EUROPEAN DAIRY ASSOCIATION, 2020).

O soro de leite se aproveitado adequadamente pode ser visto como uma ótima oportunidade para melhorar a competitividade da cadeia láctea, por outro lado, se indevidamente descartado pode causar sérios problemas para a indústria de laticínios e para o meio ambiente.

O soro é considerado a principal fonte poluidora do setor industrial de laticínios, devido sua elevada carga orgânica, que representa alto poder poluente para o ambiente. Esse líquido quando despejado com os demais resíduos da indústria exige alta demanda bioquímica de oxigênio, podendo levar à duplicação dos custos de tratamento de efluentes o que, muitas vezes, ocasiona a destinação incorreta desse resíduo gerando graves problemas ambientais, provoca poluição das águas, geração de odor desagradável, comprometimento da estrutura físico-química do solo, além de multa pelos órgãos fiscalizadores (GIROTO; PAWLOWSKY, 2001; OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012; ALVES *et al.* 2014).

Uma alternativa para o adequado aproveitamento do soro de leite pela indústria é através do desenvolvimento de novos produtos alimentícios ou agregando valor aos produtos já existentes, surgindo como uma possibilidade para melhorar a eficiência econômica e gerar possíveis aumentos da lucratividade para as indústrias de laticínios (PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2012; ALVES *et al.* 2014; PITHAN E SILVA; BUENO; SÁ, 2017).

O processamento do soro de leite e de seus derivados geram subprodutos de alto valor para o mercado, ao mesmo tempo diminui os problemas ambientais e aproveitam-se as propriedades nutritivas do soro inserindo-o na alimentação humana (ANTUNES, 2003; ALVES *et al.* 2014; ORTEGA-REQUENA; REBOUILLAT, 2015).

O desenvolvimento de processos tecnológicos de separação por membranas, como a ultrafiltração, diafiltração e secagem por atomização (*spray drying*) possibilitaram a produção comercial de concentrados proteicos de soro de leite (CPS) em pó. Os quais são obtidos pela remoção dos constituintes não proteicos do soro até um ponto que o produto final apresente determinado nível de proteína, com esses procedimentos elimina-se a lactose e minerais do sistema aumentando a proporção relativa de proteína (ANTUNES, 2003; SPADOTI *et al.*, 2016).

A concentração das proteínas do soro de leite leva à formação de produtos proteicos que podem ser utilizados como ingredientes para melhorar as propriedades tecno-funcionais dos alimentos (ALVES *et al.* 2014).

Os “produtos lácteos proteicos” são definidos no Artigo 408 do Decreto n° 9.013, de 29 de Março de 2017, como produtos lácteos obtidos por separação física das caseínas e das proteínas do soro por meio de tecnologia de membrana ou por meio de outro processo tecnológico com equivalência reconhecida pelo MAPA (BRASIL, 2017).

Esses produtos proteicos de soro de leite ganharam grande popularidade no mercado e são conhecidos mundialmente pela sua denominação em inglês *whey protein concentrate (WPC)*.

No mercado os produtos lácteos são classificados de acordo com o teor de proteína, os concentrados de proteína do soro disponíveis para comercialização podem conter de 35 a 90% de proteínas, podendo ser encontrados na forma de concentrado proteico (*WPC*) com níveis de 35 a 89% de proteína, isolado proteico em inglês *whey protein isolate (WPI)* com 90 a 95%, e hidrolisado proteico em inglês *whey protein hydrolyzate (WPH)*, onde depois de isoladas as proteínas são hidrolisadas em peptídeos menores (ANTUNES, 2003; VASCONCELOS; BACHUR; ARAGÃO, 2018).

Nos últimos anos há mundialmente uma demanda crescente pelos componentes do leite, principalmente pelas proteínas do soro de leite e por seus concentrados proteicos (ORTEGA-REQUENA; REBOUILLAT, 2015).

As proteínas do soro de leite têm se destacado fortemente entre os consumidores do mercado de lácteos, devido sua alta qualidade e por ter importantes propriedades multifuncionais, as quais podem ajudar os consumidores a alcançar objetivos de bem-estar.

Um litro de soro de leite pode conter entre 4 a 6 g de proteínas, sendo essas muito utilizadas em fórmulas nutricionais, em suplementos alimentares, em dietas especiais para crianças, idosos, controle de peso, entre outras atribuições (PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2012; U.S. DAIRY EXPORT COUNCIL, 2018).

Os ingredientes lácteos proteicos são o grupo de componentes derivados do soro de leite com maior valor agregado, com utilização em grande escala tanto na indústria alimentícia quanto na indústria química e farmacêutica (ALVES *et al.* 2014; PITHAN E SILVA; BUENO; SÁ, 2017).

A produção de soro de leite pode criar novos fluxos de produtos entre as agroindústrias do setor, o crescimento do processamento do soro pelas indústrias brasileiras pode diminuir as importações de soro de leite em pó e de seus derivados, suprimindo dessa maneira a demanda interna industrial. Além de que ao fazer a conversão de um resíduo em insumo, leva-se à geração de novos empregos, cria-se nova fonte de renda e conseqüente reduz-se custos na produção, melhorando assim o desempenho do setor lácteo (PITHAN E SILVA; BUENO; SÁ, 2017).

3.4 Proteínas do soro de leite

As proteínas do soro de leite apresentam estrutura globular contendo algumas pontes de dissulfeto, o que lhes proporciona certo grau de estabilidade, as principais frações são beta-lactoglobulina (50%), alfa-lactalbumina (19-20%), imunoglobulinas (10-13%), protease peptona (13%), albumina bovina sérica (BSA, 6%), lactoferrina (1-2%), lactoperoxidase (0,5%) e glicomacropéptido, sendo cada uma com propriedades biológicas e funcionais únicas (ANTUNES, 2003; ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

Essas proteínas são compostas por elevados teores de aminoácidos essenciais, principalmente os aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina, valina) e peptídeos bioativos. Os aminoácidos essenciais são aqueles que o organismo humano não consegue sintetizar, porém são necessários para manutenção de processos metabólicos do corpo como reparação celular, fornecimento de energia, construção e reparação dos músculos e ossos, devendo ser obtidos através de uma dieta equilibrada (ANTUNES, 2003; SGARBIERI, 2004; VASCONCELOS; BACHUR; ARAGÃO, 2018).

De acordo com Antunes (2003) um dos índices para expressar a qualidade nutricional de proteínas é o valor biológico (*Biological Value, BV*) da proteína, o qual é representado pela fração da proteína absorvida pelo organismo, e outro fator é o índice de aminoácidos corrigido para digestibilidade proteica (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, PDCAAS*), que considera a composição de aminoácidos e digestibilidade das proteínas. As proteínas do soro do leite apresentam alto BV (100) e também uma alta digestibilidade, o que as caracteriza como proteínas de alta qualidade nutricional e boa biodisponibilidade para o organismo.

Classificadas como proteínas de metabolização rápida, as proteínas do soro de leite são ideais para situações de estresses metabólicos, onde o organismo necessita de reposição rápida de proteínas, sanguíneas e ou teciduais, prevenindo possíveis desequilíbrios e o desenvolvimento de doenças (SGARBIERI, 2004).

Os efeitos das proteínas do soro no organismo humano estão intimamente relacionados à sua composição (OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012). É a partir dessa composição, que as proteínas do soro de leite são matérias-primas lácteas que podem fornecer uma variedade de benefícios para a saúde e bem-estar da população (US DAIRY EXPORT COUNCIL, 2018).

Estudos vêm demonstrado algumas das complexas relações entre nutrição e saúde revelando efeitos benéficos relacionados ao uso de proteínas do soro de leite como alimento promotor de saúde, sugerindo sua utilidade na prevenção e/ou tratamento de condições

patológicas decorrentes da má nutrição, doenças crônicas e envelhecimento (SGARBIERI, 2004).

Pesquisas sobre os benefícios das proteínas do soro de leite destacam o envolvimento das propriedades das proteínas com atividades antimicrobiana e anti-viral, contra microrganismos patogênicos e alguns tipos de vírus como o HIV e o vírus da hepatite C; atividade imunomoduladora, por estimularem a síntese de glutatona, estimulando a produção dos linfócitos de defesa e a resposta imune (celular e humoral) do organismo; aumento do triptofano sanguíneo que é precursor do neurotransmissor serotonina e do hormônio melatonina (SGARBIERI, 2004; ALMEIDA *et al.* 2013; VASCONCELOS; BACHUR; ARAGÃO, 2018).

Os autores também relatam atividade protetora sobre o sistema cardiovascular pelo envolvimento de peptídeos com ação hipotensora, ação antioxidante e sequestrante de radicais livres, atividade anticancerígena, estímulo da síntese muscular, onde a leucina em grandes quantidades aumenta o estímulo da síntese proteica o que pode acelerar a recuperação durante e pós exercícios. E outros benefícios ainda estão sendo estudados.

Em uma pesquisa para determinar se a suplementação com *whey protein* promove maiores aumentos de massa muscular em comparação com soja ou carboidrato, em indivíduos em treinamento, Volek *et al.* (2013) observaram que a suplementação diária com as proteínas do soro foi mais efetiva do que as condições de tratamento com proteína de soja ou carboidrato para ganhos de massa magra corporal.

Witard *et al.* (2014) ao analisarem a relação-resposta das taxas de síntese de proteína muscular miofibrilar, de músculos descansados e exercitados de indivíduos jovens, em relação a ingestão de doses crescentes de proteínas do soro de leite, concluíram que uma dose suplementar de 20g/dia de proteína de soro pós exercício foi suficiente para maximizar a estimulação das taxas de síntese de proteínas miofibrilares, observando que o dobro da dose (40g) estimulou a oxidação de aminoácidos e urogênese.

A quantidade de proteínas necessária na dieta de um indivíduo é determinada em grande parte pelo consumo total de energia e necessidades do corpo (nitrogênio e aminoácidos), as recomendações nutricionais devem ser especificadas, principalmente, quanto à idade do indivíduo, quanto à massa corporal magra, sexo, status de treinamento do indivíduo e condição de saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1991; WITARD *et al.* 2014).

No Brasil a ANVISA recomenda uma ingestão (Ingestão Diária Recomendada-IDR) de proteína de 50g/dia para um indivíduo adulto, para gestantes 71g/dia e para crianças recomenda de 13-34g/dia (dependendo da idade) (BRASIL, 2005b).

Observando as recomendações mundiais das organizações de saúde para o consumo mínimo necessário para evitar uma deficiência de proteína, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a Autoridade de Segurança Alimentar Europeia (EFSA) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendam para um indivíduo adulto o consumo de 0,83g de proteína/kg de seu peso corporal por dia. Porém o consumo mínimo de proteína não é necessariamente suficiente para potencializar os benefícios de saúde e bem-estar, essa quantidade é determinada para estabelecer o equilíbrio metabólico de um indivíduo saudável (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1991; EFSA, 2012; US DAIRY EXPORT COUNCIL, 2018). Enfatizando que um aumento equilibrado na ingestão de proteínas seria vantajoso a fim de se obter maiores benefícios à saúde.

Diante dessas inúmeras descobertas científicas pode-se considerar as proteínas do soro de leite, bem como seus concentrados proteicos, como um suplemento alimentício valioso na diminuição de riscos de doenças crônicas e degenerativas, e também como um valioso aliado dietoterápico no tratamento de várias doenças, fortalecendo a ideia de incorporar as proteínas do soro de leite na dieta diária da população (SGARBIERI, 2004; ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017; US DAIRY EXPORT COUNCIL, 2018).

3.4.1 Propriedades funcionais das proteínas do soro e seu uso na indústria

As proteínas do soro de leite apresentam propriedades tecnológicas com grandes aplicações na indústria de alimentos. As principais propriedades das proteínas do soro de leite são propriedades de solubilidade, geleificação, viscosidade e propriedades ligadas a características de superfície, como capacidade de formar espuma e de emulsificação (ANTUNES, 2003; ORDÓÑEZ, 2005a).

Essas funcionalidades são expressadas pela interação das proteínas entre si e interação delas com outros componentes do alimento, podendo ser influenciadas por fatores intrínsecos, relacionados ao tipo de proteína, e extrínsecos, relacionados aos métodos de tratamento, como secagem, concentração de proteína, temperatura, pH, troca iônica (ANTUNES, 2003). Assim a conformação, estrutura tridimensional das proteínas, pode ser modificada ou desestruturada dependendo do ambiente que ela se encontra.

As proteínas do soro de leite são proteínas globulares altamente solúveis, um dos principais fatores que modificam as suas propriedades é a aplicação de altas temperaturas, a qual tem como consequência a desnaturação das proteínas.

Essa mudança influencia o desdobramento de grupos hidrófobos, expondo as ligações peptídicas do interior da molécula para a superfície, alterando o equilíbrio da interação proteína-proteína e proteína-água. O comportamento das proteínas em presença de água pode modificar as propriedades físico-químicas dos produtos alimentícios e influenciar diretamente na aceitabilidade do produto final pelo consumidor, pode-se dizer que as proteínas são responsáveis pela estrutura física de muitos alimentos (ORDÓÑEZ, 2005a).

Pelegrine e Gomes (2012) analisando as propriedades das proteínas do soro mostraram que tanto a temperatura quanto o pH influenciam na solubilidade da proteína, observando que a propriedade de solubilidade diminuía com o aumento da temperatura.

As proteínas apresentam boa solubilidade em temperaturas entre 40 a 50°C, favorecendo as funcionalidades de emulsão, geleificação e batimento (chicoteamento). Com o aumento gradual da temperatura, e pH do meio próximo ao ponto isoelétrico (PI) das proteínas do soro (pH entre 3,5 a 6,5), aumenta a hidrofobicidade da superfície proteica diminuindo a capacidade de ligação com a água (solvente) e favorecendo a interação proteína-proteína e agregação (PELEGRINE; GOMES, 2012).

A geleificação é uma funcionalidade importante das proteínas do soro, que se dá pela fração proteica da β -lactoglobulina, boas propriedades geleificantes ocorrem a temperaturas de 70 a 80°C, o calor induz a desnaturação proteica formando géis viscoelásticos, a geleificação proteica controlada melhora a absorção da água, a viscosidade e adesão entre partículas, melhorando a estabilização de emulsões e espumas (ORDÓÑEZ, 2005a).

Segundo Zhang *et al.* (2019) a desnaturação proteica, a certo nível, é vantajosa porque aprimora as funcionalidades de geleificação e agente espessante (viscosidade), as quais em estado nativo é limitada devido a estrutura compacta e ao baixo peso molecular das proteínas.

As proteínas do soro desnaturadas podem aumentar 4 vezes a sua capacidade de retenção de água, quando adicionadas na mistura de sorvete ela diminui a água livre para o congelamento reduzindo a formação e o tamanho dos cristais de gelo proporcionando maior estabilidade no congelamento/descongelamento (DANESH; GOUDARZI; JOOYANDEH, 2017).

As proteínas do soro de leite têm sido utilizadas nas formulações de sorvetes, principalmente, devido essa capacidade de imobilização da água, a qual favorece a textura final do produto (SILVA; BOLINI; ANTUNES, 2004; THARP, 2011).

O uso das proteínas do soro nos sorvetes está associado à formação de espumas estáveis e aumento da aeração do produto. Atuam como emulsificante e estabilizante, pois elas aumentam a estabilidade da fase não congelada, se aderindo a camada superficial dos

glóbulos de gordura e das bolhas de ar formando uma película que aumenta a força/resistência dessa camada, isso previne a aglomeração dos glóbulos de gordura e aumenta a estabilidade das bolhas de ar. Assim, se aumentarmos a quantidade de proteínas do soro na interface óleo/água diminuiremos a tensão superficial, aumentando ligeiramente a viscosidade da mistura, o que melhorará a estabilidade no congelamento e descongelamento do sorvete (ANTUNES, 2003; SILVA; BOLINI; ANTUNES, 2004).

As proteínas do soro de leite também têm sido amplamente utilizadas como substituto de gordura em produtos lácteos, pois elas simulam perfeitamente o papel de gordura em relação a textura e sabor, devido a capacidade de interação e ligação com a água, proteínas e compostos de sabor (PRINDIVILLE *et al.*, 2000; AKALIN; KARAGÖZLÜ; ÜNAL, 2008).

Os géis formados pela fração da β -lactoglobulina imitam a textura típica de gordura de maneira tão eficaz, que elas podem ser usadas em grande escala como substitutos de gorduras (ANTUNES, 2003).

A qualidade do sorvete é determinada pelo tamanho e distribuição dos glóbulos de gordura não emulsificados e pelo tamanho e quantidade dos cristais de gelo e das bolhas de ar. Os concentrados proteicos se utilizados como fonte alternativa de sólidos não gordurosos do leite na formulação de sorvetes, influenciam a fase contínua e não congelada da mistura levando a mudanças na reologia e no grau de imobilização de água, que podem trazer melhoras nas propriedades físicas e estruturais dos produtos (THARP, 2008; THARP, 2010).

Explorar a possibilidade de incorporar potenciais benefícios à saúde através de produtos lácteos, como o sorvete, propicia uma experiência alimentar gostosa e atrativa para os consumidores (MÉNDEZ; EUPHRASIO, 2017). Os sorvetes a base de leite são derivados lácteos que podem ser consumidos como lanche, sobremesa, snacks, bolos, *cookies*, e ainda podem fazer parte de uma dieta equilibrada, essas inúmeras aplicações favorecem os fabricantes de sorvetes a criarem inovações.

As proteínas do soro de leite se caracterizam como um excelente componente para agregar valor aos sorvetes, ampliando o valor nutricional do produto podendo influenciar positivamente no flavor, na textura e na cremosidade do produto final. Além de possibilitarem inovações para o mercado de produtos lácteos através da produção de produtos dietoterápicos, com alegações de propriedades funcionais e de saúde.

3.5 Tendências do mercado e fatores de influência no consumo de sorvetes

Visando apontar as principais tendências do mercado consumidor de lácteos a edição Brasil Dairy Trends 2020 (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017), destacou o crescimento do segmento de consumidores que valorizam a importância dos aspectos saudáveis e sustentáveis da alimentação. Também relatou que os consumidores estão dando mais atenção à saúde e ao bem-estar como um símbolo de status e que dentre as estratégias para mudar o estilo de vida está a mudança de hábitos alimentares.

Cada vez mais a população tem se preocupado com os hábitos alimentares, tornando-se conscientes das propriedades de saúde dos alimentos, percebendo que uma dieta desequilibrada afeta diretamente a saúde e aumenta o risco de desenvolver Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNTs). Essas percepções impulsionam o crescimento do mercado de alimentos saudáveis e de alimentos com benefícios especiais para a saúde (HAUG; HØSTMARK; HARSTAD, 2007).

Os ajustes dietéticos podem influenciar tanto a saúde atual como também determinar se um indivíduo desenvolverá ou não as DCNTs as quais incluem obesidade, diabetes mellitus, doença cardiovascular, hipertensão e alguns tipos de câncer, essas doenças são de grande preocupação mundial, pois estão se tornando causas cada vez mais significativas de incapacitação e morte prematura da população, o que leva a encargos adicionais sobre orçamentos nacionais de saúde já sobrecarregados (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002).

Na maioria dos países observa-se na população um aumento no índice de massa corporal, sobrepeso, medidas que são correlacionadas com o desenvolvimento de DCNTs. Os países de média e baixa renda, como o Brasil, enfrentam uma rápida mudança na transição nutricional em face do aumento das doenças crônicas, essa transição nutricional consiste em mudanças nos padrões dietéticos e inclusão de atividades físicas rotineiras dos indivíduos (POPKIN, 2015).

Em 2015, o Ministério de Saúde do Brasil revelou que na população brasileira 52% dos adultos estavam acima do peso e que 17% eram obesos, esses números encorajaram os brasileiros a terem mais controle sobre o que estão comendo e, ao mesmo tempo, pressionam o governo a estabelecer normas para guiar um consumo mais benéfico (MÉNDEZ; EUPHRASIO, 2017).

Estratégias comportamentais efetivas para a redução dos riscos de doenças envolvem redução do peso corporal, aumento da atividade física e adoção de hábitos alimentares saudáveis, onde cada vez mais a dieta tem sido reconhecida como ferramenta essencial na prevenção e no controle das DCNTs (COSTA; ROSA, 2016).

Dieta e nutrição são os fatores mais importantes na manutenção da boa saúde durante todo o ciclo de vida, sua influência como determinantes das doenças crônicas está bem estabelecida, portanto, esses fatores ocupam uma posição de destaque nas atividades de prevenção (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002).

De acordo com Méndez e Euphrasio (2017) devido às mudanças nos padrões dietéticos e de estilo de vida, países com um maior índice de desenvolvimento humano (IDH) tem diminuído o consumo de sorvetes que contém quantidades substanciais de açúcar e gorduras, preferindo sorvetes de baixa caloria.

Para sobreviver no mercado competitivo de sorvetes, as macro e micro empresas devem conhecer os aspectos positivos e negativos de seus produtos, portanto ter conhecimento sobre o perfil dietético, nutricional e sensorial do produto é de extrema importância para atender a demanda, tanto quanto entender as preferências e como os consumidores se comportam diante dessas características, a fim de se destacar no mercado.

Atualmente os consumidores estão mais exigentes quanto à qualidade, saudabilidade, segurança e sustentabilidade dos produtos, também há uma maior atenção quanto à composição dos produtos e seus benefícios, havendo uma alta demanda por produtos mais saudáveis, com maior valor nutricional e funcionais (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

Os alimentos funcionais são aqueles que além do seu valor nutritivo intrínseco contém compostos que apresentam funções bioquímicas e fisiológicas benéfica à saúde humana, o interesse da população por esses alimentos ou por componentes alimentares ativos que promovem melhora da saúde têm crescido, surgindo também como uma possível estratégia na diminuição dos riscos de DCNTs (COSTA; ROSA, 2016).

O Brasil Dairy Trends 2020, destaca o crescimento do mercado de produtos lácteos com alegações de naturalidade e sustentabilidade, densidade nutricional, evidenciando uma alta na demanda por produtos com redução de gorduras, açúcar, sódio ou outros ingredientes associados ao risco de incidência de DCNTs (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

Conforme as perspectivas apresentadas pelo Brasil Dairy Trends 2020 as macrotendências do mercado de produtos lácteos, são: a) densidade nutricional e conveniência; b) digestibilidade e bem-estar; c) funcionalidade e prevenção; d) controle e adequação; e) premiunização e sensorialidade e f) sustentabilidade e naturalidade (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017). Observando essas tendências e estudando as plataformas para

inovação, pode-se desenvolver produtos com maior valor agregado, criando assim potenciais nichos de mercado.

Mudanças no padrão de vida da população brasileira, criaram situações em que os consumidores começaram a associar o bem-estar emocional com um aspecto saudável, de saúde, dando maior valor a um estilo de vida saudável. Isso mudou o padrão de comportamento dos consumidores levando-os a ter atitudes de compartilhar, em suas redes sociais, sentimentos positivos relacionados à compra de produtos que prometem trazer benefícios ao seu bem-estar, isso pode significar a criação de produtos que proporcionem uma sensação prazerosa, um clima jovial ou criem uma atmosfera relaxante e tragam sensação de bem-estar (MÉNDEZ; EUPHRASIO, 2017).

Nesse contexto os sorvetes se destacam como modificadores naturais de humor, pois remetem ao consumidor situações e sentimentos vividos através de experiências de consumo, as quais geram memórias afetivas que influenciarão diretamente na decisão de compra do consumidor. Os benefícios de um aumento da ingestão de proteína na dieta através de um derivado lácteo, como o sorvete, podem ser metabolicamente vantajosos em função das suas propriedades nutritivas, bem como estrategicamente vantajoso em função da produção de um produto diferenciado.

Dessa maneira um novo conceito definido como “Inovação Tecnológica Bioinspirada”, indica que o futuro da inovação deve ser baseado na observação da natureza e aplicação de seus recursos em diferentes domínios utilizando para essa aplicação pesquisas multidisciplinares (ORTEGA-REQUENA; REBOUILLAT, 2015).

Assim a utilização e o processamento de todos componentes lácteos, principalmente os do soro de leite, englobam a valorização da produção animal e a valorização da nutrição humana através do consumo de alimentos de origem animal.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado nas macrotendências de consumo e nas plataformas de inovação do mercado lácteo, buscando-se intervir e inovar a linha de produtos de uma empresa de sorvetes do Rio Grande do Sul, que comercializa seus produtos para toda a Região Sul do Brasil, realizou-se este trabalho visando desenvolver sorvetes inovadores seguindo principalmente as tendências globais de densidade nutricional (enriquecimento da dieta), conveniência (busca de alternativas práticas para melhora da nutrição), bem-estar (interesse por produtos para obter sensação de bem-estar) e funcionalidade e prevenção (interesse por alimentos para melhoria ou controle de condições de saúde).

O período de realização de todas etapas de pesquisa foi de julho de 2018 a março de 2020.

O desenvolvimento das formulações de sorvete ocorreu a partir da determinação da quantidade de proteína de soro de leite (*whey protein*) a ser adicionada no sorvete para que o produto final tivesse a alegação de alto teor de proteína e baixo teor ou reduzido em gorduras totais, de acordo com o Regulamento Técnico Mercosul sobre informação nutricional complementar (Declarações de Propriedades Nutricionais), RDC nº 54 da ANVISA (BRASIL, 2012), o qual define o mínimo 12g de proteínas em 100g do produto final e o máximo de 3g de gordura em 100g ou ter redução mínima de 25% no conteúdo de gorduras totais em relação ao produto padrão.

4.1 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi um esquema fatorial 3x2 aplicado para elaborar formulações de sorvete com 3 níveis de gordura vegetal (0, 2 e 4%) e 2 tipos de concentrados proteicos de soro de leite (*WPC*) com 60 e 80% de proteína, perfazendo 6 tratamentos (A, B, C, D, E e F) e um controle (PADRÃO) que constituiu numa formulação de sorvete de creme, utilizado na empresa, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Porcentagens dos ingredientes utilizados nas formulações experimentais e padrão dos sorvetes de creme

INGREDIENTE (%)	FORMULAÇÃO DE SORVETE						PADRÃO
	A	B	C	D	E	F	
Gordura de Palma	0	0	2	2	4	4	4
WPC* 60% de proteína	16	0	14	0	12	0	0
WPC* 80% de proteína	0	16	0	14	0	12	0
Leite em pó integral	8	8	8	8	8	8	18
¹ Mix edulcorantes	12	12	12	12	12	12	12
² Estabilizante	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Saborizante de creme	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Água	63,25	63,25	63,25	63,25	63,25	63,25	65,25

Fonte: Própria autora.

Legenda: *WPC = *whey protein concentrate* (concentrado proteico de soro de leite em pó).

¹Mix edulcorantes (maltodextrina 8,75%, sorbitol 4,5%, polidextrose 4,5%, sucralose 0,34%).

²Estabilizante = Liga neutra em pó.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com 3 repetições e na análise estatística foi realizada a análise de variância dos dados ANOVA utilizando o software estatístico SAS System, versão 9.4, sendo complementada pelos testes de comparação múltipla Tukey e Dunnet utilizando nível de significância 5%.

4.2 Processamento das formulações dos sorvetes

O processamento das sete formulações de sorvete de creme foi realizado na Planta Piloto de Laticínios e no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) situado em Porto Alegre – RS, utilizando uma sorveteira de bancada da marca Tramontina modelo Express (Figura 5).

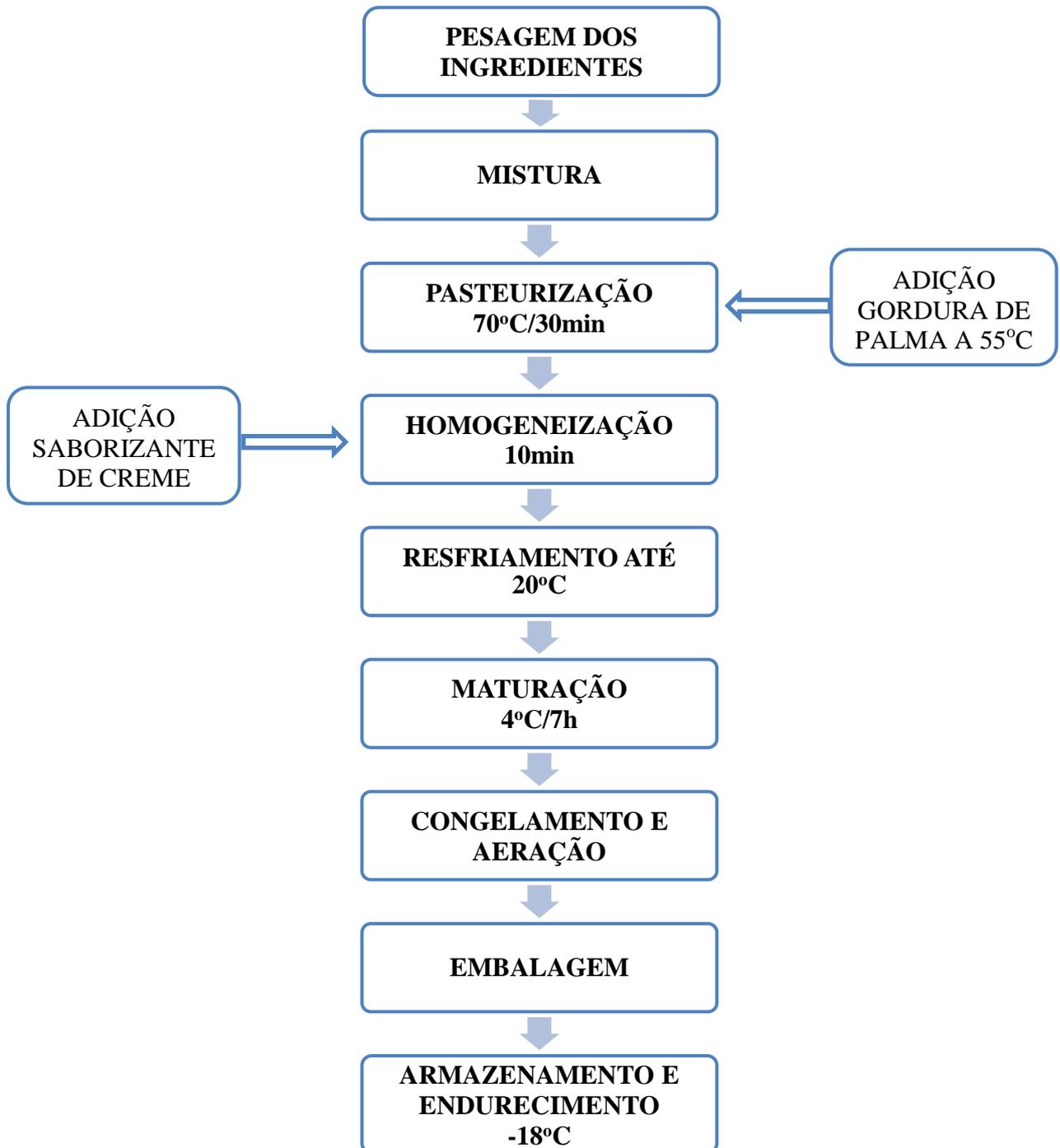
Figura 5 – Sorveteira Tramontina Express



Fonte: Própria autora.

Seguindo o delineamento experimental, antes de iniciar-se o experimento foi sorteada a ordem do processamento dos diferentes tratamentos de sorvete sendo dispostos em três blocos distintos. Após delineamento, o processamento dos sorvetes seguiu o fluxograma de produção apresentado na Figura 6 e descrito a seguir.

Figura 6 – Fluxograma do processamento dos sorvetes de creme



Fonte: Própria autora.

- a) **Pesagem:** cada ingrediente foi individualmente pesado, embalado em recipiente plástico devidamente lacrado, e identificado com o tipo e o peso do ingrediente para cada formulação. Para a preparação do mix de edulcorantes, cada componente do mix após pesado, foi misturado aos demais componentes e homogeneizados em um multiprocessador da marca Philco, a mistura processada foi pesada, embalada e identificada.
- b) **Mistura:** a mistura da calda de sorvete foi realizada em um béquer (1000 ml), primeiramente à água filtrada, em temperatura ambiente, foi medida em uma proveta e colocada no béquer, na sequência adicionou-se o mix de edulcorantes, o leite em pó, agitando até completa dissolução, após adicionou-se o concentrado proteico do soro de leite em pó e o estabilizante, agitando novamente até dissolução.
- c) **Pasteurização:** a calda foi pasteurizada utilizando os parâmetros do processo de batelada em temperatura de 70°C por 30 minutos. Nesse processo o béquer contendo a calda era aquecido em banho maria em fogão convencional, a temperatura da calda foi controlada constantemente utilizando um termômetro digital marca Simpla, e o tempo era cronometrado, quando a temperatura da calda atingia 55°C era adicionada a gordura de palma, a qual era completamente derretida antes de ser incorporada à calda. A temperatura de pasteurização foi determinada a partir de testes piloto com os tratamentos, visando favorecer a funcionalidade das proteínas do soro de leite.
- d) **Homogeneização:** Seguida da pasteurização a calda foi imediatamente homogeneizada utilizando um liquidificador convencional marca Philco (600W) por 10 min na velocidade 1. Para uma eficiente homogeneização a temperatura da calda deve ainda estar alta, pois esse processo tem a função de diminuir os glóbulos de gordura, favorecendo a estabilidade e uniformidade da calda na maturação. Aos 8 min. de homogeneização era adicionado o saborizante de creme.
- e) **Resfriamento:** a calda homogeneizada era transferida para um béquer (1000 ml) sendo realizado o resfriamento da calda em banho de gelo, com agitação constante, até a calda atingir 20°C \pm 2°C. A temperatura era controlada com um termômetro digital marca Simpla.

- f) **Maturação:** a calda foi maturada em temperatura controlada de 4°C por 7h., em um freezer vertical, da marca Bosh modelo Fast Freezing. Esta temperatura é determinada para ocorrer uma lenta cristalização da gordura, recomenda-se maturar em tempo mínimo de 4h, para uma cristalização lipídica quase completa, necessária para a desestabilização da gordura durante o congelamento e indicada para hidratação das proteínas e rearranjo, adsorção, das moléculas na interface dos glóbulos de gordura.
- g) **Congelamento e aeração:** essa etapa foi realizada utilizando uma sorveteira de bancada, marca Tramontina modelo Express (Figura 5), com congelamento a -30°C. Nesse modelo de sorveteira não há injeção de ar controlado pelo equipamento, portanto a aeração da calda ocorreu com o próprio batimento.
- h) **Embalagem:** o sorvete era retirado da sorveteira e envasado em recipientes plásticos próprios para sorvete, o qual era fracionado e pesado de acordo com a quantidade necessária de sorvete para a análise que iria se proceder, sendo as amostras devidamente lacradas e identificadas. Totalizando 21 Kg de sorvete processados.
- i) **Armazenamento e endurecimento:** as amostras embaladas eram imediatamente armazenadas em freezer vertical, da marca Bosh modelo Fast Freezing, em temperatura controlada de -18°C para o endurecimento do sorvete, permanecendo armazenadas a esta temperatura. Todas as amostras de sorvetes foram analisadas com 21 dias de armazenamento.

Durante o processamento dos sorvetes o tempo e temperaturas do processo foram rigorosamente controladas e registradas, pois variações nesses parâmetros podem afetar as características finais dos produtos.

4.3 Determinação da composição centesimal

Previamente às análises da composição centesimal, as amostras de sorvete congeladas foram liofilizadas, sendo liofilizadas até peso constante, utilizando um Liofilizador marca E-C Modulyo (Figura 7), para preservar os componentes sensíveis ao calor.

As liofilizações das amostras foram realizadas no Laboratório de Análises de Propriedades Físicas dos Alimentos (LAPFA) do ICTA. O extrato seco total (EST) foi determinado por diferença (EST = 100 - umidade).

Figura 7 – Liofilizador de alimentos



Fonte: Própria autora.

Após liofilizadas as amostras de sorvete foram transportadas em caixa térmica, para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, onde foram realizadas as análises da composição centesimal. Sendo que também foram analisadas amostras do leite em pó integral e dos concentrados proteicos de soro de leite em pó (*WPC60* e *WPC80*) utilizado nas formulações, as quais apresentam-se na Tabela 2 disposta no Apêndice A.

Os métodos de análise foram os seguintes:

- a) Determinação de Proteínas/Nitrogênio total: foi utilizado o método de Kjeldahl-Micro, AOAC 954.01, adaptado por Prates (2007).

O fator de conversão da relação nitrogênio/proteína utilizado foi o de leite e derivados lácteos, ou seja, fator 6,38. Após procedeu-se o cálculo:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{N} \times 6,38$$

- b) Determinação de Matéria Orgânica e Cinzas: foi utilizado o método AOAC 942.05, adaptado por Prates (2007).

$$\% \text{ de Cinzas} = 100 - \% \text{ Matéria Orgânica}$$

- c) Determinação de Lipídios: foi utilizado o método de Bligh e Dyer, descrito por Carvalho e Jong (2002).

Este método foi escolhido pois a extração dos lipídios é realizada sem aquecimento, extraíndo todas as camadas de lipídios (polares e apolares) sem alterações químicas e físicas (CARVALHO; JONG, 2002).

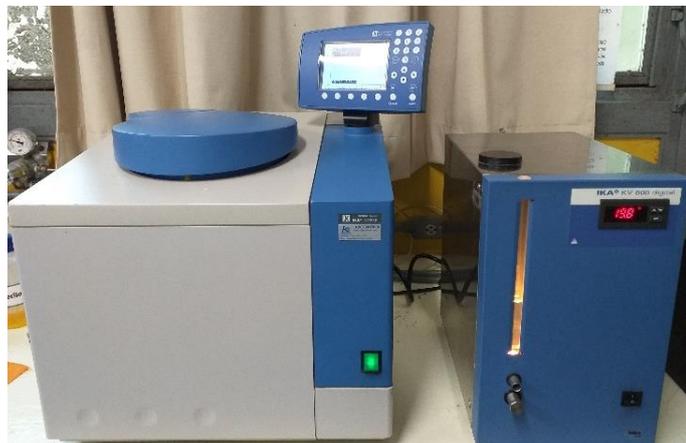
- d) Determinação de Carboidratos e fibras: foi realizado por cálculo. Conforme a Resolução RDC nº 360 da ANVISA (BRASIL, 2003a).

$$\% \text{ carboidratos totais} + \text{fibras} = 100 - (\text{proteínas} + \text{gorduras} + \text{umidade} + \text{cinzas})$$

4.3.1 Determinação valor energético por calorimetria direta

As determinações do valor calórico por calorimetria direta das sete formulações de sorvete e das amostras de leite em pó integral, de WPC60 e WPC80 foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, seguindo a metodologia proposta por Prates (2007). Para esta análise utilizou-se um calorímetro marca IKA – WERK – C2000 Basic (Figura 8).

Figura 8 – Calorímetro IKA



Fonte: Própria autora.

4.4 Caracterização físico-química

4.4.1 Determinação do pH

As determinações do pH das amostras de sorvete foram realizadas seguindo os métodos do Instituto Adolfo Lutz (2008). O pH foi mensurado por método potenciométrico, por imersão direta do eletrodo no sistema, utilizando um potenciômetro de bancada marca HANNA modelo HI 2221 (pH/ORP Meter), e sua medição foi realizada com eletrodo de pH para soluções aquosas.

4.5 Caracterização física dos sorvetes

4.5.1 Análise de cor

Na análise colorimétrica foram avaliadas as coordenadas cromáticas no espaço de cor L^* , a^* , b^* , analisadas através de um colorímetro (Konica Minolta, modelo CR-300) com sistema de leitura CIELAB (Figura 9), de acordo com o padrão internacional para medidas de cor de alimentos Commission Internationale de L'Eclairage (CIE), o qual foi calibrado com placa de porcelana branca, e a fonte de luz utilizada foi o iluminante D65. As diferenças de cor foram definidas pela comparação numérica entre as amostras e padrão, onde L^* representa a luminosidade ($+L^*$ = mais claro, $-L^*$ = mais escuro) e as coordenadas a^* e b^* indicam as direções das cores: coordenada $-a^*$ = verde e $+a^*$ = vermelho, coordenada $-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarelo.

Figura 9 – Colorímetro Konica Minolta



Fonte: Própria autora.

4.5.2 Medição da taxa de derretimento

A medição da taxa de derretimento foi avaliada através das características do perfil de derretimento dos sorvetes, de acordo com a metodologia de Javidi *et al.* (2016) com adaptações, medindo-se o volume drenado (massa derretida) em função do tempo (g/min).

Para descrever o comportamento de fusão três características foram avaliadas: o primeiro tempo de gotejamento (min.), a taxa de derretimento (g/min.) e o peso final (g) do sorvete derretido.

Cada amostra de sorvete (100g) foi colocada sobre uma tela metálica (6,25 mm²) apoiada sobre uma balança digital, um béquer (400 ml) previamente tarado foi colocado abaixo para coletar o sorvete derretido (Figura 10) o derretimento do sorvete foi medido ao longo de 60 minutos. A partir do primeiro tempo de gotejamento o peso do sorvete derretido foi anotado a cada 5 min. até completar o tempo total de avaliação, a temperatura do ambiente foi controlada a 25°C ± 1°C. Os perfis de derretimento foram plotados em gráfico com a relação entre peso derretido em função do tempo. A taxa de derretimento de cada amostra (g.min⁻¹) foi determinada a partir do coeficiente angular da regressão linear dos perfis de derretimento.

Figura 10 – Material para medição de derretimento



Fonte: Própria autora.

4.5.3 Overrun

A densidade de líquidos é a relação direta massa por volume, a medição da porcentagem de ar incorporada em um líquido é denominada *overrun* (FELLOWS, 2006).

Para determinar a porcentagem de ar incorporado no sorvete durante o processo de congelamento, o *overrun* foi calculado seguindo Levin, Burrington e Hartel (2016), com base no peso de um volume específico da calda de sorvete (30ml) e peso do mesmo volume do sorvete após congelado, usando a seguinte equação:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{(\text{Mistura}_{\text{inicial}} - \text{Sorvete}_{\text{final}})}{\text{Sorvete}_{\text{final}}} \times 100$$

Onde, $\text{Mistura}_{\text{inicial}}$ é o peso (g) de um determinado volume da calda não aerada e $\text{Sorvete}_{\text{final}}$ é o peso (g) do mesmo volume determinado de sorvete pós congelamento e aeração.

4.6 Caracterização das propriedades reológicas dos sorvetes

As análises de reologia e instrumental de textura foram realizadas no Laboratório de Análises de Propriedades Físicas dos Alimentos (LAPFA) do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Todas as amostras foram analisadas com 21 dias de armazenamento.

4.6.1 Análise Viscosidade

A análise da viscosidade dos sorvetes foi realizada utilizando um Reômetro tipo rotacional marca HAAKE Mars III, modelo ThermoScientific (Figura 11) seguindo a metodologia de Kurt; Cengiz; Kahyaoglu (2016). Utilizando uma geometria com sensor cone-placa C35/2°C a uma temperatura controlada de 4°C através de um módulo de proteção térmica.

As curvas de tensão de cisalhamento e viscosidade (μ) foram obtidas variando-se as a taxa de deformação de 0 a 300 s⁻¹ (curva ascendente) e de 300 a 0 s⁻¹ (curva descendente).

A área de histerese, tixotrópica (ΔA), foi calculada a partir das diferenças entre as áreas das curvas de fluxo ascendente e descendente.

Para análise do comportamento do fluxo o ajuste dos dados reológicos foi realizado através do software do reômetro HAAKE Rheowin Data Manager, aplicando o modelo Lei da Potência, equação:

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n$$

A partir do ajuste obteve-se os valores:

K = índice de consistência ($\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)

n = índice de comportamento de fluxo (adimensional)

Seguindo a Lei da Potência a viscosidade aparente (μ_{ap}) foi calculada a uma taxa de cisalhamento (γ) de 50 s^{-1} , sendo uma taxa eficaz de cisalhamento oral.

Figura 11 – Reômetro HAAKE Mars III, tipo rotacional



Fonte: Própria autora.

4.6.2 Análise Instrumental do Perfil de Textura

A textura foi medida através do Texturômetro TAX-T2 da Stable Micro Systems (Figura 12), seguindo a metodologia de AIME *et al.* (2001). Para esta análise amostras contendo 130g de sorvete foram armazenadas em embalagens plásticas por 21 dias a -18°C .

Utilizou-se um probe cilíndrico de material acrílico de 2,0 cm de diâmetro, foram realizadas duas compressões em 3 pontos de cada amostra, controlando o produto a uma temperatura de $-8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, através de um termômetro infravermelho sem contato.

As condições utilizadas no teste foram: distância de penetração de 20 mm, velocidade de teste de 2 mm/s, de pré-teste 2 mm/s, e de pós-teste de 10 mm/s. As duas compressões visaram simular o processo de raspagem ou mordida do sorvete pelo consumidor a fim de determinar parâmetros como: firmeza (dureza); coesividade; gomosidade e adesividade.

Figura 12 – Texturômetro TAX-T2



Fonte: Própria autora.

4.7 Análise do custo dos sorvetes

Seguindo o método de custo variável, utilizou-se para esta análise o cálculo do Custo Variável Unitário (CVu) de cada formulação de sorvete. O valor total do custo de cada ingrediente foi calculado pela multiplicação da quantidade em (kg) de cada tipo de ingrediente utilizado pelo custo unitário de compra de cada ingrediente (R\$/kg). O custo foi calculado para produzir 1 Kg de sorvete, seguindo a equação:

$$CTi = QI \times CI$$

CTi = custo total de cada ingrediente

QI = quantidade do ingrediente para produzir 1 kg de sorvete

CI = custo unitário de compra do ingrediente (R\$/Kg).

Assim através da soma do custo total de cada ingrediente (CTi) utilizado na formulação se obteve o custo total variável unitário (CVu) do sorvete:

$$CVu = (CTi1 + CTi2 + CTi3.....)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da composição centesimal e determinação do valor energético por calorimetria

Os resultados das análises da composição centesimal e do valor energético das sete formulações de sorvetes desenvolvidas podem ser verificados na Tabela 3:

Tabela 3 – Resultado das médias da composição centesimal e valor energético das sete formulações de sorvete experimentais

COMPOSIÇÃO ¹ (%)	FORMULAÇÃO DE SORVETE ²						PADRÃO
	A	B	C	D	E	F	
Proteína bruta	12,16 ^{bc}	14,72 ^a	10,96 ^d	12,87 ^b	9,03 ^e	11,65 ^{cd}	4,74 ^f
Lipídios	2,53 ^c	2,51 ^c	3,28 ^c	3,45 ^c	4,71 ^b	5,00 ^b	6,38 ^a
Cinzas	1,18 ^a	1,07 ^b	1,11 ^{ab}	0,98 ^c	0,97 ^c	0,93 ^c	1,20 ^a
Carboidratos	23,05 ^a	20,39 ^{bc}	23,28 ^a	19,48 ^c	22,53 ^{ab}	20,40 ^{bc}	23,08 ^a
Umidade	61,07 ^b	61,30 ^b	61,36 ^b	63,21 ^{ab}	62,73 ^{ab}	62,01 ^b	64,59 ^a
Extrato seco total	38,93 ^a	38,70 ^a	38,64 ^a	36,78 ^{ab}	37,26 ^{ab}	37,32 ^{ab}	35,40 ^b
Valor energético (kcal.100g ⁻¹)	181,00 ^a	187,00 ^a	186,58 ^a	186,04 ^a	189,74 ^a	196,13 ^a	183,68 ^a

Fonte: Própria autora.

¹ Valores expressos com base no peso fresco (matéria natural) em % = g.100g⁻¹.

² A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Observando-se os resultados dos percentuais de proteína bruta (PB) verifica-se que existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos desenvolvidos, os quais também se apresentaram diferentes da formulação padrão, essa diferença é atribuída ao teor do concentrado proteico de soro de leite (WPC) e a quantidade adicionada nas formulações experimentais.

O maior teor de proteína encontrado foi do tratamento B, formulado com WPC80, o qual apresentou 14,72g de proteína. Seguido dos tratamentos D (WPC80) e A (WPC60) que apresentaram 12,87g e 12,16g de proteína, respectivamente, não apresentando diferença significativa entre si. Entre as formulações desenvolvidas podemos apontar a formulação E

(WPC60) com menor teor de PB 9,03g, demonstrando-se diferente estatisticamente dos demais tratamentos ($p \leq 0,05$).

Esses valores de proteína encontrados já eram esperados devido a diferença na porcentagem de concentração de proteína dos concentrados proteicos (WPC60 e WPC80) utilizados nas formulações. A formulação padrão, a qual não foi adicionado concentrado proteico de soro de leite, apresentou 4,74g de PB sendo o teor mais baixo de todos e que servirá de base, como produto referência, para posteriores alegações nutricionais.

Em relação ao teor de lipídios todos os tratamentos apresentaram menores valores quando comparados com o padrão que teve o maior valor de gordura total, 6,38g, demonstrando diferença significativa ($p \leq 0,05$), uma vez que, no desenvolvimento das formulações experimentais houve redução nas porcentagens de gordura de palma adicionada no sorvete.

Os tratamentos A (2,53g), B (2,51g), C (3,28g) e D (3,45g) foram os que apresentaram menores teores de lipídios, não expressando estatisticamente diferença entre si. Os tratamentos E (4,71g) e F (5,00g) apresentaram-se com teores de gordura intermediários e não diferentes entre si, porém diferentes dos demais tratamentos.

Quanto ao tipo de gordura é importante salientar que toda fonte de gordura contida nas formulações A e B é gordura láctea natural, proveniente do leite em pó integral e em parte do concentrado proteico de soro de leite em pó. A utilização de gordura láctea em sorvetes influencia positivamente, no valor nutritivo como fonte de energia e vitaminas lipossolúveis, e também nas características organolépticas percebidas pelo consumidor (VARNAM E SUTHERLAND, 2001).

Prindiville, Marshall e Heymann (2000) ao analisarem sorvetes de chocolate feitos com 2,5% de gordura láctea, relataram que esses sorvetes tiveram um sabor equilibrado e uma textura mais cremosa, também demonstrando maior resistência à mudanças de textura ao longo do tempo em comparação com outros sorvetes por eles analisados. Nesse contexto os sorvetes A e B contendo 2,5% de gordura láctea podem apresentar vantagem de qualidade nutritiva e maior agregação de valor em relação aos outros tratamentos, além de um possível sabor intrínseco superior.

Quanto ao teor de cinzas os tratamentos D (0,98g), E (0,97g) e F (0,93g) apresentaram os menores valores não verificando diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre si, porém se diferenciaram estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos e do padrão (1,20g), o qual apresentou o maior teor de cinzas.

Em relação aos teores de carboidratos os tratamentos contendo WPC60 (A, C, E) não apresentaram diferença significativa do sorvete padrão (23,08g), em contrapartida os

tratamentos contendo WPC80 (B, D, F) apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) do padrão.

Essas diferenças nos teores de cinzas e carboidratos pode ser atribuída as etapas de processamento dos concentrados proteicos de soro de leite em pó, os quais são obtidos através da remoção dos constituintes não proteicos do soro, ou seja, quanto maior o nível da concentração de proteína no produto menor será a concentração de lactose, minerais, carboidratos e gordura do sistema, aumentando assim a proporção relativa de proteína final (ANTUNES, 2003; SPADOTI *et al.*, 2016).

Quanto aos teores do extrato seco total, sólidos totais, dos sorvetes de creme desenvolvidos com WPC, os valores permaneceram entre 36,78 a 38,93% de sólidos totais, observando que os sorvetes A, B e C, apresentaram os maiores teores acima de 38% diferentes significativamente ($p \leq 0,05$) do sorvete padrão que teve 35,40% de sólidos totais (Tabela 3).

Na pesquisa de Akalin, Karagözlü e Ünal (2008), os sorvetes contendo proteínas do soro do leite analisados pelos autores também apresentam valores de sólidos totais próximos aos encontrados, relatando o teor de 37,1% de sólidos para o sorvete com baixa gordura e o teor de 40,1% para o sorvete reduzido em gordura.

Tharp (2010) menciona que devido as composições de sorvetes serem geralmente dependentes do nível de gordura, a composição de um sorvete com baixo teor de gordura pode seguir faixas de sólidos totais entre 30% a 38% e sorvetes com alto teor de gordura entre 35% a 44% para manter um equilíbrio ideal, pois a qualidade palatável aceitável em sorvetes geralmente está associada a produtos nesses níveis de sólidos totais.

Desse modo a faixa do teor de sólidos encontrado nas formulações de sorvetes A (38,93%) e B (38,70%) desenvolvidas com baixos teores de gordura apresentaram-se no limite da qualidade palatável ideal para este tipo de sorvete. Assim analisando os teores de sólidos totais obtidos, todas as formulações de sorvete desenvolvidas permaneceram na faixa de qualidade palatável aceitável para sorvetes.

Avaliando os sorvetes quanto as alegações propostas, de acordo com a legislação RDC nº 54 da ANVISA (BRASIL, 2012), as formulações A e B podem ser classificados como “sorvetes lácteos proteicos com declaração de alto teor de proteína” apresentando, respectivamente, 12,16g e 14,72g de proteína em 100g do produto final, e também podem ser declarados como “baixo teor de gorduras totais” apresentando o máximo de 2,5g de gorduras totais em 100g do produto pronto para o consumo.

A formulação D também se enquadra na declaração de “alto teor de proteína” com 12,87g de proteína, e as formulações C, E, F podem ser considerados como “fonte de proteína” por apresentarem mais de 6g de proteína em 100g do produto final (BRASIL, 2012).

Quanto ao teor de gordura as formulações C e D (2% gordura vegetal adicionada) podem ser declarados “reduzidos em gorduras” por apresentarem redução de no mínimo 25% no conteúdo de gorduras totais comparados ao sorvete padrão (BRASIL, 2012).

Em relação ao conteúdo de açúcares, todas as formulações podem ser declaradas como “sorvete zero adição de açúcares”, pois todos foram elaborados com um mix de edulcorantes, porém por apresentar os açúcares naturais do leite o produto não atende às condições estabelecidas para o atributo “isento de açúcares”, devendo ser declarado no rótulo a frase “contém açúcares próprios dos ingredientes” (BRASIL, 2012).

Os valores energéticos de todos os sorvetes experimentais e do padrão foram de 181,00 a 196,13 kcal/100g de sorvete (Tabela 3). Portanto não são considerados baixos em teor energético, assim deve ser declarada no rótulo junto à INC (Informação Nutricional Complementar) a frase “Este não é um alimento baixo ou reduzido em valor energético”, conforme determinado na legislação brasileira (BRASIL, 2012). No entanto esses valores enquadram-se dentro de uma dieta diária de 2.000 Kcal, podendo ser considerados como fonte de energia.

O valor energético de um alimento representa o quanto esse alimento contribui para as necessidades totais de energia do corpo, por serem fontes de energia os sorvetes tornam-se um alimento especialmente desejável para crianças em crescimento e para pessoas que precisam manter peso ou ganhar massa, por exemplo, idosos ou atletas (GOFF; HARTEL, 2013).

Dessa forma os sorvetes formulados com WPC, especialmente os desenvolvidos com baixo teor de gordura (A e B), podem vir a ser indicados para compor a dieta dessas categorias de consumidores como produtos com densidade nutricional.

5.2 Caracterização físico-química

5.2.1 Determinação do pH

O comportamento funcional das proteínas do soro de leite é complexo e determinado por muitos fatores como pH, concentração de proteínas, carga de aquecimento (binômio tempo/temperatura), força iônica (ZANGH *et al.*, 2019). Os quais vão influenciar na estabilidade do produto final.

Na tabela 4 estão os resultados da determinação do pH das amostras de sorvetes. Observando nesta análise que os valores encontrados se apresentaram próximos ao pH normal de sorvetes que segundo Goff e Hartel (2013) é em torno de 6,3.

Tabela 4 – Média dos valores de pH das sete formulações de sorvetes

FORMULAÇÃO ¹	A	B	C	D	E	F	Padrão
pH	6,57 ^b	6,65 ^{ab}	6,59 ^{ab}	6,68 ^a	6,62 ^{ab}	6,66 ^{ab}	6,66 ^{ab}

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Os resultados demonstram que não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos contendo proteínas do soro de leite e o sorvete padrão o qual apresentou pH 6,66. Porém pode-se observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o tratamento A que apresentou o pH mais baixo (6,57) e o tratamento D que teve o pH mais alto (6,68).

Goff e Hartel (2013) descrevem que o pH está relacionado à composição da mistura de sorvete, variando com a porcentagem de sólidos não gordurosos, onde um aumento dos sólidos aumenta a acidez e diminui o pH do sorvete. Fato que pode ter influenciado a diminuição pH do sorvete A, que apresentou o maior teor de sólidos não gordurosos e menor valor de pH em relação ao sorvete D.

Silva, Bolini e Antunes (2004) ao analisarem o pH de sorvetes também encontraram valores próximos de 6 relatando pH de 6,68 para o sorvete com soro desmineralizado e pH de 6,48 para o sorvete com concentrado proteico de soro de leite (CPS) 35%.

Em outra pesquisa realizada por Silva (2012) ao avaliar sorvetes com diferentes teores de gordura e CPS 80% relatou valores maiores de pH entre 7,09 a 7,11 bem superiores aos encontrados neste experimento.

Em uma emulsão contendo proteínas do soro do leite o pH age nas forças eletrostáticas de atração e repulsão das moléculas de proteínas influenciando nas interações intra e intermoleculares (PELEGRINE, GOMES 2012).

Considerando que a temperatura e o pH próximo ao ponto isoelétrico das proteínas (pH 4 a 6,5) favorece a desnaturação proteica. Onde acima de 60°C (pH 5) ou 70°C (a pH 6), as proteínas se desdobram e os grupos hidrofóbicos reagem formando agregados e aumentando o tamanho das partículas (ZANGH *et al.* 2019). Essa formação de agregados pode favorecer a precipitação ou flotação no sorvete, a qual poderá formar uma camada espessa na superfície.

No presente estudo os valores do pH dos sorvetes permaneceram entre 6,68 e 6,57 não sendo observado instabilidade física nem formação de flotação nas amostras de sorvete após 21 dias de armazenamento. Vindo de acordo com a pesquisa de Kilian (2018) onde emulsões de sorvete com proteína do soro preparados em pH 5,7 e pH 7,0, apresentam-se estáveis ao efeito gravitacional de flotação (creme).

Diante disso evidencia-se que o controle do pH é um fator importante para o parâmetro de qualidade em sorvetes contendo proteínas do soro de leite, capaz de favorecer ou prejudicar a estabilidade e a qualidade final do produto.

5.3 Caracterização física dos sorvetes

5.3.1 Avaliação da cor

A cor é considerada um atributo de qualidade, pois é a primeira impressão do alimento observada pelo consumidor. A percepção das cores é diferente para cada indivíduo, é uma questão de subjetividade e esta diferença faz, muitas vezes, com que o alimento seja aceito ou rejeitado pelo consumidor (RICHARDS, 2018).

Na Tabela 5 podem ser observados os valores da avaliação colorimétrica para as coordenadas cromáticas L^* , a^* e b^* .

Tabela 5 – Resultados das médias dos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* das sete formulações de sorvete

Coordenadas Cromáticas	FORMULAÇÃO DE SORVETE ¹						
	A	B	C	D	E	F	PADRÃO
L^*	75.68 ^a	72.00 ^a	76.95 ^a	69.05 ^a	79.59 ^a	77.33 ^a	77.48 ^a
a^*	-1.48 ^{cd}	-0,32 ^a	-1.69 ^d	-0.47 ^{ab}	-1.44 ^{cd}	-0.68 ^{abc}	-1.27 ^{bcd}
b^*	25.51 ^a	26.22 ^a	24.97 ^a	22.23 ^a	26.51 ^a	24.55 ^a	24.83 ^a

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Verificou-se que não houve diferenças significativas ($p \geq 0,05$) quanto a luminosidade (L^*) e a coordenada cromática amarelo/azul (b^*) entre os tratamentos e também no sorvete padrão.

Quanto à coordenada cromática a^* (verde/amarelo) houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e também quanto ao sorvete padrão, variando de -1,69 para o tratamento

C até -0,32 para o tratamento B, com uma coloração esverdeada mais intensa a menos intensa, respectivamente.

Os tratamentos A, C e E contendo WPC 60 apresentaram maior tendência à cor verde, isso pode estar relacionado com a coloração do soro de leite, pois dependendo da composição do soro de leite, fonte de obtenção e processamento do soro. Como característica sensorial, o soro de leite pode apresentar uma coloração branca, amarelada ou esverdeada, quando líquido ou concentrado e coloração branca a creme quando em pó (BRASIL, 2020). O que possivelmente influenciou na medição da coordenada cromática verde/amarelo (a^*) dos sorvetes experimentais de creme.

Silva (2012) também encontrou variação do parâmetro de cor a^* na análise de sorvetes elaborados com concentrado proteico de soro (CPS 80%) e baixo teor de gordura, observando que com o aumento da adição do CPS e redução da gordura os sorvetes apresentaram uma coloração levemente esverdeada, encontrando o valor de $a^* = 1,28$ para o sorvete com 0% gordura e 10% CPS80.

Em contrapartida Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) não encontraram nenhuma diferença nos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* medidos nas amostras de sorvetes de creme desenvolvidos com diferentes teores de gordura láctea e WPI (isolado proteico de soro de leite) ou inulina.

Demonstrando, a partir da análise colorimétrica realizada, que a coordenada cromática a^* em sorvetes de creme pode ser influenciada pela adição de proteínas do soro de leite concentradas, onde quanto menor o teor, em porcentagem de proteína, do concentrado proteico de soro de leite maior a tendência a cor verde.

5.3.2 Avaliação da taxa de derretimento

A aparência do sorvete, à medida que ele vai derretendo, é percebida pelo consumidor como um fator de qualidade.

Os termos “derretimento rápido” ou “derretimento lento” refletem o grau no qual o sorvete retém sua forma quando derrete, a observação desse fenômeno pode trazer informações quanto aos fatores de variação da qualidade, tais como estabilidade da proteína, aglomeração de gordura e outros que afetam a cremosidade e suavidade do sorvete (THARP, 2001).

As características do perfil de derretimento dos sorvetes desenvolvidos neste estudo podem ser observadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Médias dos resultados das características do perfil de derretimento dos sorvetes

PERFIL DE FUSÃO	FORMULAÇÃO DE SORVETE ¹						
	A	B	C	D	E	F	PADRÃO
PTG² (min.)	10 ^a	14 ^a	12 ^a	19 ^a	11 ^a	20 ^a	8 ^a
Taxa de fusão (g/min)	1,56 ^a	1,24 ^a	1,59 ^a	0,76 ^a	1,55 ^a	1,46 ^a	1,39 ^a
Peso final derretido (g)	73,77 ^a	54,19 ^{ab}	74,19 ^a	22,12 ^b	73,11 ^a	55,94 ^{ab}	68,05 ^{ab}

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral.

²PTG=Primeiro Tempo de Gotejamento

Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Na avaliação do derretimento não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) no primeiro tempo de gotejamento nem na taxa de fusão das amostras de sorvetes analisadas, porém houve uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) no peso final do derretimento do sorvete D (WPC80 e reduzido em gordura 2%) em relação aos sorvetes elaborados com WPC60 (A, C e E).

Os sorvetes elaborados com concentrado proteico 80% com 0% (B), 2% (D) e 4% (F) de gordura vegetal, obtiveram em média maior tempo inicial de gotejamento (14 a 20 min.), taxa de fusão mais lenta (derretimento lento) e conseqüentemente menor peso final derretido no tempo de análise. Na avaliação das amostras foi observado que o tratamento D seguido do B e F apresentaram um forte comportamento geleificante, demonstrando maior retenção de forma no derretimento.

Esse comportamento, de derretimento lento, pode ter sido influenciado pela propriedade de geleificação da proteína do soro β -lactoglobulina, a qual representa a maior fração (50%) das proteínas do soro de leite presentes no concentrado, e também pelo grau de desestabilização da gordura presente nesses sorvetes.

De acordo com Bolliger, Goff e Tharp (2000) a carga proteica da mistura de sorvete correlaciona-se com a estabilidade da gordura do sorvete (influenciando no índice de aglomeração, tamanho do aglomerado), os quais também estão relacionadas as condições de processamento.

Como já discutido anteriormente, as proteínas do soro quando submetidas a altas temperaturas, como no processo de pasteurização, sofrem desnaturação, expondo as ligações peptídicas do interior da molécula para a superfície. O pH, a temperatura e a concentração de proteína propiciam a formação de géis viscoelásticos, onde quanto maior a temperatura

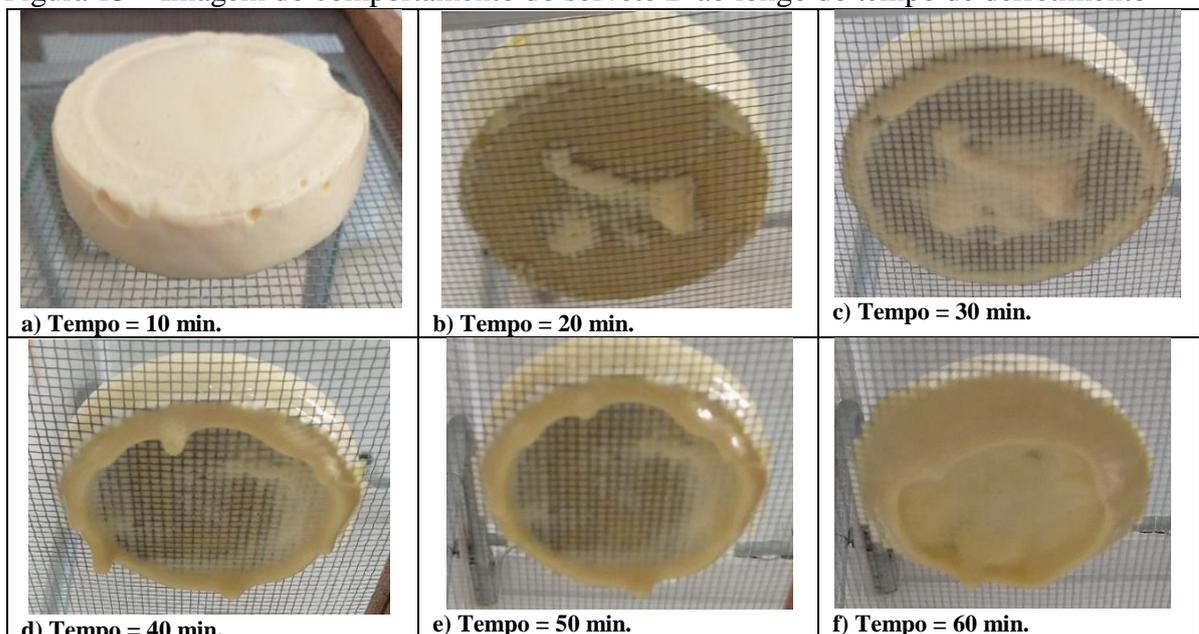
aplicada maior será a firmeza do gel, pois favorecem a interação proteína-proteína e a formação de pontes dissulfeto, reforçando a rede intermolecular e formando géis termicamente irreversíveis (ORDÓÑEZ, 2005a).

A utilização do WPC80 na formulação dos sorvetes possivelmente provocou o aumento da estabilidade da fase não congelada (fase contínua) dos sorvetes através da formação de uma rede intermolecular mais resistente, pois a maior adesão entre partículas cria uma película de proteínas de maior espessura na interface óleo/água, mais resistente e elástica, que pode ter levado ao baixo derretimento diminuindo o peso final derretido.

Outro fenômeno que ocorre quando o sorvete congela, é o processo de concentração por congelamento, o efeito dessa concentração aumenta a interação dos elementos sólidos (sistema estabilizador, proteínas e carboidratos) na água não congelada, resultando em mudanças significativas na reologia e no grau de imobilização de água na fase líquida (THARP, 2011; THARP; YOUNG, 2013). Esse fenômeno pode resultar na gelificação irreversível do sistema estabilizante ou das proteínas lácteas, a gelificação pode produzir uma estrutura coagulada que retém parte do volume do sorvete formando uma massa amorfa, ligeiramente arredondada ou um fluido grosso, viscoso (THARP, 2001).

Fato observado com evidência no processo de derretimento do sorvete D (14% WPC80 e 2% de gordura vegetal), o qual apresentou um fluido altamente viscoso e um corpo elástico, mais gomoso, permanecendo aderido à tela de derretimento, como pode-se observar na sequência de imagens da Figura 13 registradas ao longo do derretimento (60 min.).

Figura 13 – Imagem do comportamento do sorvete D ao longo do tempo de derretimento



Fonte: Própria autora.

Durante o processo de fusão, a água do gelo derretido difunde-se na fase fluida e esta solução diluída, flui para baixo através dos elementos glóbulos de gordura, células do ar, cristais de gelo restantes, os quais formam a rede estrutural dentro do produto (SOUKOULIS *et al.*, 2008). Esses elementos constituem o fator de resistência ao fluxo do fluido durante o derretimento, assim quando o sorvete apresenta um sistema bem estruturado, devido aos componentes da formulação que formam a viscosidade da matriz, o gotejamento atrasa e o líquido derretido será reduzido (LOMOLINO *et al.*, 2020).

No entanto, uma taxa muito lenta de derretimento pode ser indicativa de um sorvete com defeito, bem como um produto de fusão rápida é indesejável (JAVIDI *et al.*, 2016). Assim a formulação D pode estar indicando defeito pelo derretimento muito lento e corpo elástico.

Na pesquisa de Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) estudando as propriedades de sorvetes, observaram que a adição de 4% de isolado proteico na mistura de sorvete com baixa gordura (3%) também resultou em um excesso de espessamento e gelificação, relacionando esse comportamento a presença da β -lactoglobulina, devido as funções de gelificação e formação de grandes redes de proteínas após aquecimento, também aumentando a resistência ao derretimento dos sorvetes com proteínas do soro de leite.

Lomolino *et al.* (2020), avaliando a taxa de fusão de sorvetes, após tempo de 60 min., observaram que os sorvetes contendo concentrado de proteína do leite (11%) também mantinham quase a mesma forma inicial, apresentando primeiro tempo de gotejamento após 45 min. e menor peso final derretido, para os autores essas amostras apresentaram maior estabilidade, devido à sua matriz interna mais estruturada que permitiu a formação de uma rede interna que favoreceu a estrutura e a forma do sorvete, reduzindo o gotejamento e a fusão. Esses comportamentos se mostraram semelhantes ao observado nos sorvetes desenvolvidos com 16%, 14% e 12% de WPC80 (B, D e F), porém esse aumento da estabilidade não favoreceu o perfil de fusão.

Em outra pesquisa Daw e Hartel (2015) estudaram o efeito do alto teor de proteínas sobre os elementos estruturais do sorvete, utilizando 6, 8 e 10% de proteínas do leite e do soro de leite, observando que o sorvete com WPI (10%) também apresentou taxa de fusão mais lenta (1,02 g/min.), concluindo que o tipo e a concentração de proteína tiveram efeito significativo na extensão da desestabilização da gordura e na taxa de fusão dos sorvetes, em geral, a extensão da coalescência de gordura diminuiu à medida que o conteúdo de proteínas aumentava.

Então observando e avaliando o perfil de fusão dos sorvetes da presente pesquisa percebe-se que os sorvetes contendo WPC60 demonstram ter formado um sistema interno mais bem

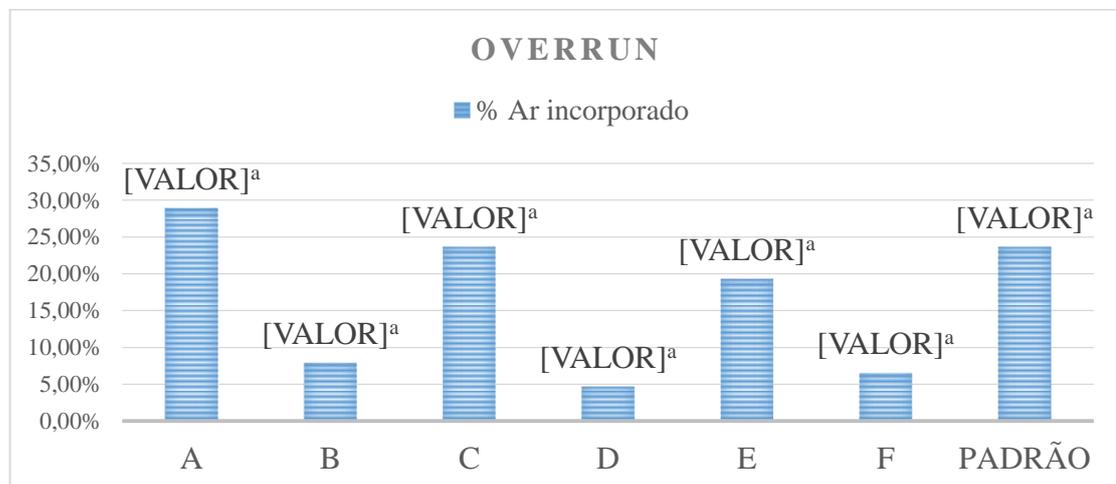
estruturado em sua matriz em relação aos sorvetes com WPC80, apresentado pelo maior equilíbrio entre estas formulações (A, C e E) na análise das características de derretimento, indicando que a menor concentração de proteína teve efeito positivo no perfil de fusão e possivelmente no grau de desestabilização da gordura.

5.3.3 Avaliação do *overrun*

As proteínas do soro de leite apresentam como funcionalidade boa capacidade de formação de espuma. No entanto como as etapas de processamento do sorvete ocorrem sequencialmente, pode ser difícil fornecer a funcionalidade ideal da proteína, por exemplo, uma proteína adicionada por suas propriedades de formação de espuma, pode adsorver nas interfaces de gordura antes da etapa de formação de espuma, tornando-a indisponível para a estabilidade da espuma (GOFF; HARTEL, 2013).

O resultado das médias da porcentagem de ar incorporado, *overrun*, nos sorvetes padrão e nos formulados com proteínas do soro de leite encontram-se dispostas na Figura 14.

Figura 14 – Médias dos resultados do *overrun* das sete formulações de sorvete



Fonte: Própria autora.

Legenda: Formulação: A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral.

Médias com letras sobrescritas diferentes nas colunas diferem entre si a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Ao avaliar o *overrun* foi observado baixos valores de incorporação de ar nos sorvetes, demonstrando não haver diferença significativa ($p \geq 0,05$) na incorporação de ar entre os tratamentos e também no sorvete padrão.

Resultado semelhante também foi relatado na pesquisa de Daw e Hartel (2015), analisando o *overrun* de sorvetes desenvolvidos com diferentes tipos e concentração de proteínas lácteas, os autores observaram que não houve diferenças na incorporação de ar entre os sorvetes, porém obtiveram valores de *overrun* mais altos entre 32 a 45,5%.

Analisando os valores da incorporação de ar nos sorvetes contendo WPC (60 e 80), da presente pesquisa, percebe-se que a medida que os teores de gordura dos sorvetes aumentam os valores de *overrun* diminuem, com exceção do tratamento D que teve o *overrun* mais baixo de todos.

Essa baixa incorporação de ar nos sorvetes formulados com WPC, em geral, pode ser consequência da maior adsorção das proteínas nos glóbulos de gordura, diminuindo a desestabilização da gordura e a disponibilidade das proteínas para a estabilidade da espuma, como descrito anteriormente por Goff e Hartel (2013), como também pelo aumento da concentração da solução contendo proteínas do soro de leite a qual provoca aumento da viscosidade da emulsão.

Um certo nível de viscosidade é essencial para agitação e retenção de ar adequada em um líquido. Se o líquido não for viscoso o suficiente, o filme entre as bolhas de ar rompe e as bolhas se fundem, porém, uma alta viscosidade pode impedir a agitação vigorosa no batimento e incorporação de ar (GOFF; HARTEL, 2013; JAVIDI *et al.*, 2016), diminuindo o *overrun*.

Levin; Burrington; Hartel (2016) ao avaliar a adição de WPPC (concentrado proteico de soro fosfolipídico) como um emulsificante natural em sorvetes, observaram que o sorvete com WPPC comparado com o sorvete controle também causou uma diminuição na incorporação de ar, associando isso a baixa quantidade de glóbulos de gordura parcialmente coalescidos.

O tamanho, condição física e quantidade de glóbulos de gordura no sorvete determinam a taxa de chicoteamento, bateção da mistura, e em parte, a estabilidade do produto batido. Em geral, à medida que a viscosidade aumenta, a resistência à fusão e a suavidade da textura aumentam, mas a taxa de chicotadas e incorporação de ar, diminui (GOFF; HARTEL, 2013). Assim um fluido mais viscoso é mais difícil de incorporar ar e também de escoar, como no caso dos tratamentos D (4,70%), F (6,56%) e B (7,96%) que tiveram, respectivamente, os mais baixos *overruns* e derretimento mais lento.

Resultados similares aos da presente pesquisa foram observados no estudo de Sharma, Singh e Yadav (2017), medindo o *overrun* de sorvetes os autores encontraram variação de 29,7 a 32,2% para os sorvetes contendo 5% de gordura, destacando o menor *overrun* para a mistura de sorvete contendo 5% de gordura e 2% de WPC.

Para Goff e Hartel (2013) a incorporação de ar em sorvetes super premium, pode ser tão baixa quanto 25%, enquanto em sorvetes econômicos pode ser tão alto quanto 110% ou mais. Esses valores vão influenciar diretamente na qualidade do produto final, pois as bolhas de ar proporcionam maciez deixando o produto leve e deformável à mastigação.

Nesse caso pode-se observar que o tratamento A, formulado com WPC60 (14%) e baixo teor de gordura, apresentou maior valor de *overrun* (28,90%), inclusive maior que o tratamento padrão, demonstrando que uma menor concentração de proteínas do soro do leite correlacionada com 2,5% de gordura láctea, contribuiu positivamente para a estabilidade da fase não congelada dos sorvetes, ou seja para desestabilização parcial da gordura e estabilidade das células de ar, favorecendo a viscosidade da emulsão e consequentemente o *overrun*.

Portanto ressalta-se que devesse encontrar a combinação certa de proteína e gordura para oferecer a melhor funcionalidade das proteínas do soro de leite em sorvetes para assim atingir um corpo leve e consequentemente textura mais cremosa.

5.4 Caracterização dos parâmetros reológicos dos sorvetes

5.4.1 Avaliação da viscosidade

As características reológicas são medidas que refletem o comportamento do fluido e a sensação de textura na boca, sendo a viscosidade (μ) uma propriedade do fluido (TADINI *et al.*, 2016).

Os reogramas dos sorvetes, dispostos no Apêndice B, demonstraram que todos os tratamentos apresentaram uma relação não linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, à temperatura de 4°C, mostrando uma diminuição da viscosidade ao longo da taxa de cisalhamento aplicada, evidenciando um comportamento de desbaste não newtoniano. Este comportamento caracteriza os sorvetes desenvolvidos como fluídos não newtonianos. Uma vez que a viscosidade foi influenciada pelo aumento da taxa de cisalhamento (TADINI *et al.*, 2016).

O resultado apresenta-se de acordo com outros estudos que também descreveram comportamento não newtoniano e pseudoplástico em diferentes tipos de sorvetes (AIME *et al.*, 2001; JAVIDI *et al.*, 2016; KURT; CENGIZ; KAHYAOGU, 2016; SHARMA; SINGH; YADAV, 2017; DANESH; GOUDARZI; JOOYANDEH, 2017; UTPOTT *et al.*, 2020).

As características dos parâmetros reológicos dos sorvetes avaliados nesta pesquisa podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Médias dos parâmetros reológicos das amostras de sorvetes seguindo o modelo da Lei da Potência

Lei da Potência $\sigma = K(\gamma)^n$	FORMULAÇÃO DE SORVETE ¹						
	A	B	C	D	E	F	PADRÃO
n Índice de comportamento de fluxo (-)	0,454 ^a	0,654 ^a	0,452 ^a	0,642 ^a	0,506 ^a	0,562 ^a	0,478 ^a
K Índice de consistência (Pa.s)	3,61 ^a	30,98 ^a	3,91 ^a	34,86 ^a	4,61 ^a	15,51 ^a	2,68 ^a
μ_{ap50} Viscosidade Aparente (Pa.s)	0,610 ^{bc}	2,196 ^a	0,636 ^{bc}	2,203 ^a	0,543 ^{bc}	2,036 ^{ab}	0,406 ^c
R^2	0,986	0,979	0,994	0,988	0,991	0,987	0,980

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Na análise, os dados da viscosidade (μ) em função da taxa de cisalhamento (γ) foram ajustados ao modelo da Lei da Potência, o qual apresentou coeficientes de correlação (R^2) entre 0,991 a 0,979 para as amostras de sorvetes (Tabela 7). O modelo da Lei da Potência, tem sido frequentemente utilizado em pesquisas para a caracterização do comportamento reológico de sorvetes (AIME *et al.*, 2001; OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008; GOFF; HARTEL, 2013; JAVIDI *et al.*, 2016; DANESH; GOUDARZI; JOOYANDEH, 2017; UTPOTT *et al.*, 2020). Mostrando ser um modelo apropriado para análises dos parâmetros reológicos em sorvetes.

Avaliando o parâmetro do índice de comportamento de fluxo (n) todas as amostras apresentaram valor menor que 1 ($n < 1$), o que evidência o comportamento pseudoplástico dos sorvetes, demonstrando que a medida que se aplica um aumento na taxa de cisalhamento a viscosidade aparente diminui (FELLOWS, 2006; TADINI *et al.*, 2016). Segundo Goff e Hartel (2013), as misturas de sorvetes são geralmente pseudoplásticas pela presença de

macromoléculas de proteínas e polissacarídeos que são dispersos em solução; corroborando com o comportamento encontrado nos sorvetes experimentais contendo proteínas.

Dependendo do tamanho das partículas e/ou aglomerados na emulsão, a viscosidade do fluido pode aumentar, necessitando de mais força (tensão) para fluir devido à dificuldade imposta por essas partículas. No experimento percebeu-se que as amostras de sorvetes quando submetidas ao aumento da taxa de cisalhamento aumentou a força de cisalhamento diminuindo a viscosidade ao longo da taxa, tornando-as mais finas, ou seja, a adição do WPC nos sorvetes com diferentes teores de gordura parece não ter dificultado a fluidez do líquido, resistência interna a ordenação das moléculas na direção da força aplicada. Possivelmente alinhando-se ao campo de fluxo, uma vez que não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) no índice de comportamento do fluxo quanto ao sorvete padrão.

Aime *et al.* (2001) também analisou sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura encontrado valores de n entre 0,370 (5% gordura) até 0,661 (0,4% gordura). Na pesquisa de Danesh; Goudarzi e Jooyandeh (2017), avaliando o efeito da adição de proteínas de soro de leite e transglutaminase nas propriedades físicas de sorvetes com baixo teor de gordura, o n ficou na faixa de 0,56 a 0,66. Esses valores estão próximos aos valores de n encontrados na avaliação dos sorvetes experimentais que variaram entre 0,452 (C, reduzido em gordura) a 0,654 (B, baixo em gordura). Sendo que, de acordo com Tadini *et al.* (2016) quanto menor o n mais intenso é o comportamento pseudoplástico ou de desbaste.

Analisando o índice de consistência (K), foi observado que não houve diferença estatística significativa ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 7), porém identifica-se claramente que os tratamentos B (30,98), D (34,86) e F (15,51), apresentaram altos valores de K em comparação ao padrão (2,68), estatisticamente essa diferença nas grandezas pode ter não ter ocorrido devido ao aumento do desvio padrão (14,06) para esta análise, considerando um maior coeficiente de variabilidade entre as amostras tratadas.

Desse modo se analisarmos qualitativamente o índice de consistência (K) dos sorvetes, possivelmente o aumento do K nas amostras contendo WPC80 (B, D e F) pode ter ocorrido pela maior concentração de proteínas do soro de leite, as quais expostas a temperatura de pasteurização, 70°C/30min., no processamento dos sorvetes, podem sofrer desnaturação o que leva ao aumento das forças de atração, interações hidrofóbicas, entre as partículas e formação de agregados, que podem provocar aumento no índice de consistência.

O K é uma medida da viscosidade o qual representa a textura e o corpo dos sorvetes (JAVIDI *et al.*, 2016; UTPOTT *et al.*, 2020). Assim indicando uma maior firmeza na textura

e no corpo dos sorvetes D, B e F, respectivamente, demonstrando a maior viscosidade dessas amostras.

Esse comportamento foi observado na pesquisa de Zangh *et al.* (2019), os quais constataram que a agregação de proteínas do soro de leite é afetada pela concentração de proteínas, onde a maior concentração pode produzir grandes agregados de alto peso molecular. Na análise reológica os autores observaram que as soluções contendo proteínas do soro de leite com maiores índices de consistência (K) apresentando-se mais viscosas, com os índices variando entre 3,04 a 4,25 Pa.s. Valores estes muito próximos ao encontrado no índice K dos sorvetes com WPC60 (A, C, E), mas menores que o K dos sorvetes contendo WPC80 (B, D, F).

Em concordância Danesh; Goudarzi e Jooyandeh (2017) em sua pesquisa também perceberam que a adição das proteínas de soro de leite termicamente desnaturadas nos sorvetes levou a formação de polímeros proteicos de alto peso molecular, em consequência as amostras fortificadas com isolado proteico de soro de leite e reduzido em gordura (5%) mostraram maior consistência.

Os autores Sharma, Singh e Yadav (2017), também encontraram maior valor de K para a mistura de sorvete contendo 2% WPC (5% gordura) em comparação com as misturas contendo 1% WPC (7,5% gordura) onde o sorvete com maior índice de consistência resultou em uma pasta mais viscosa. Assim como observado nos sorvetes formulados com WPC80, destacando a formulação D (14% WPC80) contendo 3,45% de gordura que apresentou o maior valor K mostrando-se o sorvete mais viscoso, corroborando com o resultado observado no perfil de derretimento da formulação D.

Estudos anteriores já haviam verificado que o K depende do teor de gordura como também depende do tipo e concentração dos substitutos de gordura em sorvetes (JAVIDI *et al.*, 2016). Desse modo pode-se observar que, principalmente, a concentração de proteína parece ter influenciado substancialmente no índice de consistência, aumentando a viscosidade dos sorvetes com diferentes teores de gordura analisados na presente pesquisa.

Aime *et al.* (2001) relatam que há uma relação entre os parâmetros reológicos K e a viscosidade aparente (μ_{ap}), uma vez que propriedades semelhantes estão sendo medidas, a diferença é que o valor K é baseado em uma faixa de taxas de cisalhamento enquanto a viscosidade aparente é medida a uma única taxa de cisalhamento.

Avaliando as amostras de sorvetes a uma taxa de cisalhamento oral de $50s^{-1}$ evidencia-se a relação do aumento da viscosidade aparente (μ_{ap50}) com o aumento da concentração de proteínas nos sorvetes, visto que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos

com WPC80 (B, D e F) em relação ao tratamento padrão que teve a menor μ_{ap50} (0,406 Pa.s) entre todas amostras (Tabela 7).

Esse resultado é compatível ao estudo de Danesh, Goudarzi e Jooyandeh (2017) que também mostraram que os sorvetes fortificados com proteínas e reduzido em gordura apresentaram maior viscosidade aparente a uma taxa de 50 s^{-1} comparados a amostra controle com gordura reduzida, sugerindo que o aumento na quantidade de proteínas do soro de leite na interface óleo-água reduz a tensão superficial aumentando a viscosidade da mistura. Na mesma taxa μ_{ap50} analisada, Sharma, Singh e Yadav (2017) também encontraram maiores valores de μ_{ap} para a mistura de sorvete com WPC70 e 5% de gordura em comparação ao sorvete controle.

A relação do aumento de proteínas com o aumento da viscosidade em sorvetes, pode ser confirmada na presente pesquisa observando o comportamento dos tratamentos B (16%WPC80 e baixo em gordura) e D (14%WPC80 e reduzido em gordura), os quais apresentaram os maiores teores de proteínas do soro de leite, respectivamente, e apresentaram os maiores valores de viscosidade aparente (2,196 e 2,203) na taxa determinada, apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) dos tratamentos A (16%WPC60 e baixo em gordura) e C (14%WPC60 e reduzido em gordura) que tiveram, respectivamente, menor μ_{ap50} (0,610 e 0,636). Observando ainda que no momento que aumentou o teor de gordura nos tratamentos C e D, aumentou ligeiramente a viscosidade aparente.

Pesquisadores como Goff e Hartel (2013), Levin, Burrington e Hartel (2016) trazem que a viscosidade de sorvetes está relacionada tanto ao processamento da mistura quanto à composição, onde um aumento na gordura, proteína, estabilizantes ou sólidos totais aumentará a viscosidade. Assim quando se aumentou o teor de proteína utilizando o WPC60 na mesma proporção que se diminui o teor de gordura adicionada nos sorvetes A e C, os tratamentos apresentaram um aumento na viscosidade aparente, mas não resultou em diferença estatística ($p \geq 0,05$) do sorvete padrão, demonstrando que o WPC60, nas quantidades adicionadas e condições utilizadas no processamento, pode ser um bom substituto de gordura vegetal para sorvetes.

Na Tabela 8 apresenta-se o resultado das médias da área de histerese, medida entre as curvas de tensão de cisalhamento versus taxa de cisalhamento, as quais demonstram que todos os sorvetes exibiram comportamento tixotrópico, não apresentando diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre todas as amostras analisadas.

Tabela 8 – Resultados das médias da área de histerese

FORMULAÇÃO DE SORVETE ¹							
	A	B	C	D	E	F	Padrão
Área Tixotrópica (Pa.s⁻¹)	1763 ^a	2423 ^a	3166 ^a	1716 ^a	2048 ^a	3323 ^a	686 ^a

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

A tixotropia pode ser vista como uma pseudoplasticidade dependente do tempo (TADINI et al., 2016). Esse comportamento significa que a viscosidade aparente diminui com o tempo de tensão de cisalhamento aplicada em velocidade constante (GOFF; HARTEL, 2013), estando relacionada ao tempo de ruptura das interações entre os diferentes componentes de um produto (KURT; CENGIZ; KAHYAOGU, 2016).

Assim os resultados dessa análise mostram que todos tratamentos apresentaram a mesma capacidade de recuperação da sua estrutura pós cisalhamento constante. Pois, quanto maior a área tixotrópica maior é a resistência da estrutura sobre tensão, ou seja, uma grande área implica mais danos à estrutura e menor capacidade de recuperação pós cisalhamento (KURT; CENGIZ; KAHYAOGU, 2016; HEBISHY *et al.*, 2017).

Outras pesquisas também descrevem o comportamento tixotrópico, como foi relatado por Hebishy *et al.* (2017) avaliando emulsões com proteína do soro de leite. E Utpott *et al.* (2020) que também descreveram comportamento tixotrópico em sorvetes, encontrando área de 1034 Pa.s⁻¹ para o sorvete com redução de gordura e adição de fibra de pitaia.

Também analisando a tixotropia de diferentes formulações de sorvetes Kurt, Cengiz e Kahyaoglu (2016) relatam que os constituintes do leite e os estabilizadores formaram uma rede resistente ao cisalhamento em função do tempo, indicando que uma rede aprimorada pode fornecer estabilidade contra processos de agitação. Assim indica-se que os sorvetes formulados com os WPCs comparados ao sorvete padrão apresentaram boa estabilidade diante dos processos de agitação.

Mediante análises dos parâmetros do comportamento reológico dos sorvetes desenvolvidos neste estudo evidencia-se que principalmente o aumento da concentração de proteínas do soro de leite utilizando o WPC80 nas formulações, influenciou substancialmente o aumento da viscosidade e resistência desses sorvetes. Percebendo que o uso do WPC60 coincide com efeito positivo na viscosidade das formulações dos sorvetes, provocando um aumento no coeficiente de consistência, viscosidade aparente e diminuição do índice de

comportamento de fluxo nos sorvetes comparados ao tratamento padrão, indicando uma melhora na viscosidade, corpo e textura, e na consistência desses sorvetes.

5.4.2 Avaliação da análise instrumental do perfil de textura

A textura é relacionada a dureza e consistência do sorvete, os resultados mostram a resistência frente ao processo de raspagem do sorvete e/ou ação da mordida pelo consumidor e como consequência o seu derretimento na boca (OLIVEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2008).

Os resultados da análise instrumental do perfil de textura das sete formulações de sorvetes estão apresentados na Tabela 9. Na avaliação evidencia-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos no parâmetro dureza dos sorvetes e analisando os parâmetros de coesividade, gomosidade e adesividade das amostras de sorvete pode-se observar que não houve uma diferença significativa entre as formulações pelo Teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Tabela 9 – Resultados da análise instrumental do perfil de textura dos sorvetes

PERFIL DE TEXTURA	FORMULAÇÃO DE SORVETE ¹						
	A	B	C	D	E	F	PADRÃO
Dureza (Kg)	5,29 ^c	20,28 ^{ab}	6,00 ^c	22,84 ^a	7,64 ^{bc}	11,46 ^{abc}	8,10 ^{bc}
Coesividade	0,45 ^a	0,41 ^a	0,36 ^a	0,31 ^a	0,32 ^a	0,38 ^a	0,38 ^a
Gomosidade (kKg)	2,65 ^a	7,69 ^a	1,87 ^a	7,47 ^a	2,32 ^a	4,00 ^a	2,66 ^a
Adesividade (Kg.s)	-0,42 ^a	-0,50 ^a	-0,44 ^a	-0,34 ^a	-0,30 ^a	-0,26 ^a	-0,39 ^a

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral. Médias com letras sobrescritas diferentes na mesma linha diferem a um nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

A textura do sorvete está associada à sua estrutura (AIME *et al.*, 2001), sendo a dureza afetada pela natureza da fase contínua. Na análise verificou-se que o tratamento D (22,84) seguido do B (20,28) e F (11,46) todos formulados com WPC80, apresentaram os maiores valores de dureza, ou seja, apresentaram-se mais firmes em relação ao sorvete padrão, corroborando com os dados já observados do coeficiente de consistência e viscosidade

aparente medidas analiticamente, onde a maior viscosidade da fase contínua pode ter levado a um sorvete mais duro.

Esse resultado está de acordo com o descrito por Muse e Hartel (2004), que sorvetes com altos coeficientes de consistência (K) são mais viscosos e essa viscosidade aumenta a resistência à penetração pela sonda na análise da textura. O aumento da firmeza nos sorvetes contendo WPC80, provavelmente ocorreu pela maior concentração de proteínas na fase contínua, as quais após etapas do processamento do sorvete se modificam, desnaturam, que leva a maior interação das proteínas com os outros componentes da mistura, podendo criar uma rede estrutural de ligações intermoleculares mais fortes e por consequência mais força será necessária para rompê-las, aumentando o valor da dureza.

Outro fator que também pode ter influenciado o aumento da dureza nos sorvetes com WPC80 em comparação com o WPC60 é a diminuição da desestabilização da gordura, que por sua vez é afetada pelas forças intermoleculares, as quais estão intimamente relacionadas a resistência do revestimento de proteínas que adsorvem na superfície dos glóbulos de gordura, se aumenta a força de revestimento diminui aglomeração e as propriedades desejáveis de textura, como cremosidade (THARP; YOUNG, 2013).

Esse fator foi constatado na pesquisa de Daw e Hartel (2015) observando que o aumento do conteúdo de proteínas em sorvetes diminuía a gordura parcialmente coalescida, resultando em efeito significativo nos atributos físicos dos sorvetes com altos teores de proteína.

Os autores Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) demonstraram que o uso do WPI em sorvete (4%) e baixo teor de gordura, aumentou a viscosidade e também aumentou a dureza do sorvete (10,88 Kg) bem como sua resistência ao derretimento. Resultados estes semelhantes ao comportamento do sorvete D (WPC80) reduzido em gordura, que apresentou o maior valor de dureza (22,84 Kg), maior índice de consistência e maior resistência ao derretimento, como já discutido, demonstrando ser o sorvete mais viscoso e mais duro.

Os parâmetros do perfil de textura se correlacionam, sendo a dureza e coesão diretamente relacionados à gomosidade do sorvete (UTPOTT, 2019). Observando o perfil de textura os tratamentos B e D apresentaram maior dureza e também maior valor de gomosidade, como indicado na discussão da análise do perfil de derretimento, mostrando textura mais firme, gomosa e viscosa. A característica de gomosidade é pouco atraente na aparência e textura de sorvetes (GOFF; HARTEL, 2013), dando a impressão de baixa qualidade do produto.

Muitos fatores podem influenciar a textura dos sorvetes como a quantidade e tamanho do cristal de gelo, extensão da desestabilização da gordura, taxa de incorporação de ar e as propriedades reológicas da mistura (MUSE; HARTEL, 2004), bem como as condições de

processamento (GOFF; HARTEL, 2013). Qualquer alteração desses fatores afetará a estrutura do sorvete e o perfil de textura final.

Os pesquisadores Muse e Hartel (2004) ao avaliarem os elementos estruturais do sorvete, observaram também que a medida que a viscosidade aparente aumentava a dureza do sorvete aumentava, em contrapartida à medida que o *overrun* aumentava a dureza diminuía. Este fato também pode ser constatado analisando o comportamento do sorvete A, que apresentou menor dureza e maior incorporação de ar dentre todas as amostras, destacando a correlação da dureza com o *overrun*.

Assim a desejável leveza do sorvete pode ser relacionada com sua firmeza, ou seja, um produto mais leve (menor densidade) apresentará menor firmeza, ou, menor força necessária para seu cisalhamento (SILVA; BOLINI; ANTUNES, 2004; SILVA; BOLINI, 2006).

É desejável que um sorvete seja leve e traga a sensação de cremosidade. A sensação de derretimento na boca está relacionada ao parâmetro de coesão, uma vez que está relacionado ao quanto o produto resiste a uma segunda deformação em relação a primeira (UTPOTT, 2019). Na avaliação da coesividade os sorvetes experimentais apresentaram comportamento muito semelhante ao sorvete padrão, com boa resistência ao segundo ciclo de compressão.

O comportamento funcional das proteínas em sorvetes pode ser analisado considerando seu comportamento na interface da gordura, na interface do ar e na fase contínua, estruturalmente, o sorvete é composto por essas três fases, sendo a textura, talvez um de seus atributos de qualidade mais importantes, pois é a manifestação sensorial de sua estrutura (GOFF; HARTEL, 2013).

Assim a diminuição dos teores de gordura e adição do WPC60 nos sorvetes experimentais A, C e E, resultou na menor dureza em relação ao tratamento padrão, indicando uma textura mais macia e estruturalmente mais equilibrada. Dessa maneira pode-se destacar o uso do WPC60 como bom substituto de gordura em relação a melhora na textura, demonstrando-se um produto viável para produção de sorvetes com maiores teores de proteína do leite e redução de gordura.

5.5 Avaliação do custo dos sorvetes e proposta de rotulagem para o sorvete proteico da formulação A

Encontrar a combinação certa de proteínas, como um *blend* ideal de proteínas para sorvetes é importante a fim de oferecer a melhor funcionalidade das proteínas pelo menor custo (GOFF; HARTEL, 2013).

Na presente pesquisa foi calculado o custo variável unitário (*CVu*) dos sorvetes formulados com leite integral e concentrado proteico do soro de leite em pó 60% e 80%, os valores calculados apresentam-se dispostos na Tabela 10.

O detalhamento do custo total de cada ingrediente (*CTi*), calculado através da cotação dos preços das matérias-primas, com o custo variável unitário das formulações podem ser observadas no Apêndice C.

Tabela 10 – Custo variável unitário (*CVu*) das formulações de sorvete desenvolvidas

VALORES (R\$)	FORMULAÇÃO DE SORVETE ¹						
	A	B	C	D	E	F	PADRÃO
<i>CVu</i>	7,98	9,42	7,64	8,90	7,30	8,38	6,44
Embalagem 2L.	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Custo Final²	9,97	11,41	9,63	10,89	9,29	10,37	8,43

Fonte: Própria autora.

¹A e B com 0% de GP e 16% de WPC60 ou WPC80; C e D com 2% de GP e 14% de WPC60 ou WPC80; E e F com 4% de GP e 12% de WPC60 ou WPC80 e a formulação Padrão com 4% de GP, 18% de leite em pó integral.

²Custo final: *CVu* + embalagem.

Data de cotação dos ingredientes: 16.12.2019.

O custo final, matéria-prima mais a embalagem para armazenamento, para produzir a formulação padrão foi de R\$ 8,43 e todos os sorvetes desenvolvidos apresentaram custo final mais alto que o sorvete padrão. As formulações de sorvetes que continham WPC80 (B, D e F) foram as de maior custo final, decrescendo o valor com a diminuição da quantidade adicionada (16, 14, ou 12%) de WPC80.

A formulação B (16% WPC80) apresentou o maior custo de produção (R\$ 11,41) resultando em aumento de 35% no custo em relação ao sorvete padrão e o menor custo de produção (R\$ 9,29) foi da formulação E (12% WPC60) a qual ficou com 10% maior valor que o custo final da formulação padrão.

O custo variável pode variar em função do fator de produção da empresa como também pode variar em relação ao preço dos insumos, desse modo o aumento dos custos dos sorvetes já era esperado em função do uso de fontes de proteína concentrada como WPC 60 e 80. Porém os produtos finais possuem atributos de qualidade diferenciados e maior agregação de valor, fator que eleva o preço de venda no mercado.

Os ingredientes lácteos proteicos, como os WPCs, são o grupo de componentes derivados do soro de leite com maior valor agregado para o mercado (PITHAN E SILVA; BUENO; SÁ, 2017).

A comercialização de sorvetes com altos teores de proteínas do leite pode trazer aos produtos alegações de saudabilidade o que gera uma agregação de valor mesmo que o custo de produção aumente. Dessa maneira a oferta de um produto diferenciado do tradicional pode atingir nichos de mercados de lácteos dispostos a pagar mais por produtos mais proteicos e funcionais, assim a partir dessa diferenciação pode-se ganhar destaque no mercado e obter maior lucro nas vendas.

De acordo com Tozato *et al.* (2007) o preço de venda envolve o custo unitário do produto, o custo de comercialização (impostos, comissões, expedição) mais a margem de lucro desejado, de acordo com cada empresa, devendo para isso levar em conta aspectos de mercado e concorrência. No mercado a demanda por um determinado produto influencia o preço de venda, mesmo que o consumidor não seja o comprador direto, suas decisões de compra determinam a demanda dos supermercados, que por sua vez, determinam a demanda do atacadista e agroindústrias na produção, assim a relação oferta e demanda resultam na formação dos preços dos produtos.

Um indicador para avaliar a demanda do mercado interno de lácteos, é o chamado consumo per capita de lácteos, que permite que se façam previsões sobre a necessidade de abastecimento do mercado, tendo em vista a evolução da população. O aumento nesse consumo indica que o consumidor alterou seus hábitos de forma a ingerir mais leite e/ou seus derivados, seja em função do aumento de sua renda ou seja em função de qualquer outro fator que o impedia de realizar essa mudança, como fatores dietéticos ou de saúde (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017). Sendo essas mudanças, em parte, responsáveis pelas demandas de consumo.

Assim desenvolver versões de produtos lácteos atendendo a demanda dos consumidores bem como suas expectativas sensoriais e nutricionais com potenciais benefícios à saúde, é um desafio, porém a oportunidade de desenvolver um novo produto seguindo as tendências traz uma vantagem competitiva e estratégica para a empresa frente ao mercado. Como Araujo (2012) traz em sua pesquisa, na indústria de alimentos o desenvolvimento de novos produtos deve estar comprometido com a visão estratégica de qualidade do produto, com as necessidades do consumidor, com a manufaturabilidade flexível e com o custo de produção.

Dessa maneira o Brasil Dairy Trends 2020 tem destacado como tendência do mercado de produtos lácteos a procura por produtos com relação qualidade/preço adequada aos

consumidores e a crescente demanda por produtos com incorporação de atributos de saudabilidade, com maior valor nutricional (densidade nutricional), funcionais e sustentáveis (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017). Além da alta demanda por produtos com características de conveniência, ou seja, prontos para o consumo como o sorvete.

Então baseando-se nas macrotendências de consumo e nas plataformas de inovação do mercado lácteo, diante dos resultados encontrados do comportamento dos sorvetes experimentais frente as características analisadas na presente pesquisa e associando isso ao custo unitário de produção, sugere-se a formulação A desenvolvida com 16% de WPC60, um sorvete com grande potencial inovador. Pois essa formulação apresentou comportamento estrutural mais equilibrado e semelhante ao sorvete padrão, destacando melhoras em algumas características, como aumento da viscosidade da fase contínua que influenciou positivamente a estabilidade do sorvete, demonstrando boa estabilidade no perfil de derretimento, maior *overrun* e textura mais macia indicando um sorvete cremoso e suave.

O sorvete A também atendeu a proposta de produção de um sorvete proteico inovador apresentando alto teor de proteína (12,16g), baixo teor de gordura (2,53g), zero adição de açúcar e ainda sendo fonte de energia, seguindo as alegações de informação nutricional complementar da RDC nº54 da ANVISA (BRASIL, 2012).

Em relação ao custo de produção do sorvete A houve aumento de 18% em relação ao padrão, significando um aumento de R\$1,54 na sua formulação, o que pode vir a representar um valor de produção viável diante da oferta de um produto diferenciado, com maior valor agregado.

Portanto para o desenvolvimento do novo produto, com características de um sorvete que atenda a demanda dos consumidores por opções nutritivas e práticas para compor sua alimentação diária, a fim de disponibilizar a informação nutricional como uma ferramenta de transparência e agregação de valor, segue na Figura 15, uma proposta de rotulagem para o sorvete proteico formulação A, de acordo com o regulamento técnico para rotulagem de alimentos, RDC nº360, da ANVISA (BRASIL, 2003a).

Figura 15 – Proposta de rotulagem para informação nutricional do sorvete proteico A



MEWHEY
Sorvete Proteico **12G**

BAIXO TEOR DE GORDURAS*

ZERO ADIÇÃO DE AÇÚCARES**

ALTO TEOR DE PROTEÍNAS

Sabor Creme

Peso Líq./Conteúdo
Indústria Brasileira

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção 100g		
Quantidade por porção		%VD(*)
Valor Calórico	181 Kcal = 760 kJ	9
Proteínas	12,1 g	16
Gorduras Totais	2,5 g	5
Carboidratos	23 g	8

(*) % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.
 **Contém açúcares próprios dos ingredientes.
 ***Este não é um alimento baixo ou reduzido em valor energético.

INGREDIENTES: leite integral, concentrado proteico de soro de leite em pó, preparado de edulcorantes (maltodextrina, sorbitol, polidextrose, sucralose), estabilizante liga neutra, saborizante de creme.

Alérgicos: Contém leite e derivados.
 Produzido por: Indústria de gelados comestíveis. CNPJ.01.01/01-2.
 Registro no Ministério da Agricultura SIF/DIPOA sob nº0001/001

Fonte: Própria autora.

6 CONCLUSÃO

Analisando as características dos sorvetes desenvolvidos conclui-se que, principalmente, a alta concentração de proteínas do soro de leite nas formulações provocou diferenças significativas nas características de composição centesimal, características físicas de cor e derretimento, e nas características reológicas de viscosidade aparente e textura. O aumento da concentração de proteínas na fase contínua dos sorvetes provocou maior estabilidade dessa fase através do aumento de ligações proteína-proteína formando uma rede intermolecular resistente, influenciando no aumento da viscosidade dos sorvetes e consequentemente na textura final.

Verificou-se que os sorvetes contendo WPC80 (B, D e F) desenvolvidos com diferentes teores de gordura (0, 2 e 4%) apresentaram um fluido mais viscoso, demonstrando alto índice de consistência e aumento na viscosidade aparente, correlacionando este alto aumento da viscosidade com uma taxa de derretimento lenta, menor peso final derretido e baixo overrun, resultando numa textura mais dura e gomosa. Indicando sorvetes de corpo firme e menos cremosos.

A utilização do WPC60 (A, C e E) promoveu um maior equilíbrio na estrutura interna da matriz, melhorando a estabilidade dos sorvetes e mesmo com a diminuição dos teores de gordura dos tratamentos A (0% GP) e C (2% GP), houve um aumento na viscosidade, a qual favoreceu a estabilidade da fase contínua dos sorvetes durante o processamento, aumentando a viscosidade aparente, melhorando o equilíbrio no perfil de derretimento e aumentando o overrun, resultando numa textura menos dura. Indicando sorvetes de corpo leve, textura macia e mais cremosos.

Identificou-se que o uso do WPC60 pode ser um bom substituto de gordura para produção de sorvetes com baixos teores de gordura (2,5g) e maiores teores de proteína (12g). Porém a adição do WPC60 nas formulações A, C e E tornou os sorvetes de creme com cor esverdeada, verificados pelos valores negativos da coordenada cromática a^* .

Em relação ao processamento de sorvetes contendo proteínas do soro de leite pode-se indicar como principal ponto crítico de controle a temperatura de pasteurização utilizada no processamento, a qual influencia substancialmente na desnaturação das proteínas do soro de leite e a interação entre as proteínas com a formação de uma rede intermolecular mais resistente, que por consequência aumentou a viscosidade modificando a estrutura e estabilidade da fase contínua determinando a qualidade final dos sorvetes. Observou-se

também que os sorvetes desenvolvidos apresentaram boa estabilidade diante dos processos de agitação, apresentando-se estáveis após 21 dias de armazenamento.

Desse modo, a partir da avaliação das características estudadas para o desenvolvimento de um sorvete inovador com maior densidade nutricional e funcional, indica-se a formulação A, desenvolvida com 16% de WPC60 e 0% de gordura de palma, como potencial produto lácteo inovador. Apresentando-se com custo de produção viável, diante da agregação de valor do produto e do atendimento as tendências do mercado de lácteos, podendo ser denominada na rotulagem de acordo com a legislação, como um “sorvete com alto teor de proteína, baixo teor de gordura, zero adição de açúcar e fonte de energia”.

Contudo conclui-se que para a produção de um sorvete proteico deve-se encontrar o teor de concentração de proteínas ideal para fornecer o máximo de suas funcionalidades, visando alcançar as características de qualidade desejadas para o produto.

REFERÊNCIAS

- ABIS. **Estatística**: valores nutricionais. São Paulo: ABIS, 2018. Disponível em: http://m.abis.com.br/estatistica_valoresnutricionais.html. Acesso em: 6 nov. 2018.
- ABIS. **Mercado**: o setor de sorvetes. São Paulo: ABIS, 2020. Disponível em: <http://www.abis.com.br/mercado/>. Acesso em: 14 ago. 2020.
- AIME, D. B. *et al.* Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, Barking, v. 34, n. 2-3, p. 237-246, 2001.
- 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 Technology**, Berlin, v. 227, n. 3, p. 889-895, July 2008.
- ALMEIDA, C. C. *et al.* Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1840-1854, 2013.
- ALVES, M. P. *et al.* Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 69, n. 3, p. 212-226, maio/jun. 2014.
- ANTUNES, A. J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri: Manole, 2003. 135 p.
- ARAUJO, R. R. **Identificação das etapas críticas para o desenvolvimento de novos produtos na agroindústria láctea no RS**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Centro de estudos e pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BOLLIGER, S; GOFF, H.D.; THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 10, n. 4, p. 303-309, Apr. 2000.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 2003a. Disponível em: http://www.crn3.org.br/uploads/Repositorio/2018_10_30/Resolucao-RDC-n-360-2003.pdf. Acesso em: 03 fev.2020.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 332, de 23 de dezembro, 2019. Define os requisitos para uso de gorduras trans industriais em alimentos. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 de Dez. 2019b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/4379119/RDC_332_2019_.pdf/6c0d81d8-98ab-4d94-93cc-4a65f59168a0. Acesso em: 26 jan.2020.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico MERCOSUL sobre informação nutricional complementar (Declarações de Propriedades Nutricionais). **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 2012. Disponível em:

http://portal.anvisa.gov.br/documents/%2033880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864. Acesso em: 16 jun. 2018

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução 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, 2005a. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0266_22_09_2005.html. Acesso em: 8 maio 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 22 set. 2005b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3. Acesso em: 10 jun. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução 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 [da] União**, Brasília, DF, 2003b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388704/RDC_N_267.pdf/6bbd5fab-2c85-4b80-9c0b-1ad6ea42d5c0. Acesso em: 8 maio 2018.

BRASIL. Instrução Normativa nº 80, de 13 de agosto de 2020. Aprova o regulamento técnico que fixa os padrões de identidade e qualidade para o soro de leite e o soro de leite ácido. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-80-de-13-de-agosto-de-2020-272509723#:~:text=1%C2%B0%20Fica%20aprovado%20o,seus%20Anexos%20I%20e%20I>. Acesso em: 1 set. 2020.

BRASIL. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal-RIISPOA. Decreto no 9.013, de 29 de Março de 2017. Dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 30 mar. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm. Acesso em: 7 maio 2018.

CHANDAN, R. C.; KILARA, A. Puddings and dairy-based desserts. *In*: CHANDAN, R. C.; KILARA, A.; SHAH, N. P. (ed.). **Dairy processing and quality assurance**. 2. ed. Singapura: John Wiley & Sons, 2015. cap. 17, p. 397-427.

COSTA, M. R.; JIMÉNEZ-FLORES, R.; GIGANTE, M. L. Propriedades da membrana do glóbulo de gordura do leite. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 507-514, jul./set., 2009.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2016. 504 p.

DAIRY COUNCIL OF CALIFORNIA. **Milk**: dairy milk delivers essential nutrients and promotes good health. Sacramento, 2019. Disponível em:

<https://www.healthyeating.org/nutrition-topics/milk-dairy/dairy-foods/mil>. Acesso em: 25 ago. 2020.

DAIRY COUNCIL OF CALIFORNIA. **2020 TRENDS**: top food and nutrition trends for education and health professionals. Sacramento, Feb. 2020. Disponível em: <https://www.healthyeating.org/nutrition-topics/nutrition-science/nutrition-trends/2020>. Acesso em: 25 ago. 2020.

DANESH, E.; GOUDARZI, M.; JOOYANDEH H. Short communication: effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 7, p. 5206-5211, July 2017.

DAW, E.; HARTEL, R. W. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. **International Dairy Journal**, Barking, v. 43, p. 33-41, Apr. 2015.

EFSA. Scientific opinion on dietary reference values for protein. **European Food Safety Authority Journal**, Parma, v. 10, n. 2, p. 2557, 2012. 66 p.

EUROPEAN DAIRY ASSOCIATION. **Economic report 2020**. Brussels: EDA, 2020. Disponível em: <http://eda.euromilk.org/about-eda/economic-report>. Acesso em: 18 ago. 2020.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e práticas. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Brasil Alimentos**, São Paulo, n. 10, p. 43-46, set./out. 2001.

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

HAUG, A.; HØSTMARK, A. T.; HARSTAD, O. M. Bovine milk in human nutrition: a review. **Lipids in Health and Disease**, Bethesda, v. 6, n. 1, p. 1-16, Sept. 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2039733/pdf/1476-511X-6-25.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

HEBISHY, E; *et al.* Characterization of whey protein Oil-in-water emulsions with different oil concentrations stabilized by ultra-high pressure homogenization. **Journal Processes**, Basel, v. 5, n. 1, p. 1-18, Feb. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr5010006>. Acesso em: 21 out. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JAVIDI, F. *et al.* The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 52, p. 625-633, Jan. 2016.

JENSEN, R. G. **Handbook of milk composition**. Cambridge: Academic Press, 1995. 903 p. (Food science and technology international series).

- KILIAN, J. **Recuperação e caracterização de proteínas do soro de leite obtidas por ultrafiltração e aplicação em sorvetes**. 2018. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2018.
- KURT, A.; CENGIZ, A.; KAHYAOGLU, T. The effect of gum tragacanth on the rheological properties of salep based ice cream mix. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 143, p. 116-123, June 2016.
- LEIDY, H. J. *et al.* Higher protein intake preserves lean mass and satiety with weight loss in pre-obese and obese women. **Obesity**, Silver Spring, v. 15, n. 2, p. 421-429, Feb. 2007.
- 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**, Champaign, v. 99, n. 9, p. 6948-6960, Sept. 2016.
- LOMOLINO, G. *et al.* Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation. **International Dairy Journal**, Barking, v. 100, p. 1-9, Jan. 2020.
- MÉNDEZ, G.; EUPHRASIO, A. **Brasil 17: tendências de consumo 2017**. São Paulo: Mintel, 2017. v. 1.
- MOZAFFARIAN, D. Dietary and policy priorities to reduce the global crises of obesity and diabetes. **Nature Food**, London, v. 1, p. 38-50, Jan. 2020. Disponível em: <https://rdcu.be/b6DJm>. Acesso em: 25 Ago. 2020.
- MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n.1, p. 1-10, Jan. 2004.
- NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO**. 4. ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. 161 p.
- NIELSEN. **Confiança do consumidor: preocupações e intenções de gastos ao redor do mundo**. 1º Trimestre de 2015. Cotia, 2015. 24 p.
- OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista Instituto Laticínio Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 67, n. 385, p. 64-71, mar./abr., 2012.
- OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R. Caracterização reológica de sorvetes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 592-598, jul./set. 2008.
- ORDÓÑEZ, P., J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos** Porto Alegre: Artmed, 2005a. v. 1, 294 p.
- ORDÓÑEZ, P., J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005b. v. 2, 279p.

ORTEGA-REQUENA, S.; REBOUILLAT, S. Bigger data open innovation: potential applications of value-added products from milk and sustainable valorization of by-products from the dairy industry. **Green Chemistry**, Cambridge, v. 17, n. 12, p. 5100-5113, Sept. 2015.

PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, p. 146-151, dez. 2008. Edição especial. Trabalho apresentado no VII Brazilian Meeting on Chemistry of Food and Beverages, 2008, Lorena, SP.

PELEGRINE, D. H. G.; GOMES, M. T. M. S. Analysis of whey proteins solubility at high temperatures. **International Journal of Food Engineering**, London, v. 8, n. 3, art. 23, 2012.

PERES, J.; *et al.* Sensory profile, drivers of liking and influence of information on the acceptance of low-calorie synbiotic and probiotic chocolate ice cream. **Journal of Food Science**, Malden, v. 83, n. 5, p. 1350-1359, May 2018.

PITHAN E SILVA, R. O.; BUENO, C. R. F.; SÁ, P. B. Z. R. Aspectos relativos à produção de soro de leite no Brasil, 2007-2016. **Informações Econômica**, São Paulo, v. 47, n. 2, p. 5-17, abr./jun. 2017.

POPKIN, B. M. Nutrition transition and the global diabetes epidemic. **Current Diabetes Reports**, Philadelphia, v. 15, n. 9, p. 64, July 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11892-015-0631-4>. Acesso em: 11 jun. 2018.

PRATES, E. R. **Técnicas de pesquisa em nutrição animal**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2007 414 p.

PRINDIVILLE, E. A.; MARSHALL, R. T.; HEYMANN, H. Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of low fat and non-fat chocolate ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 10, p. 2216 -2223, Oct. 2000.

REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADI, L. F. C. **Indústria de Alimentos 2030**: ações transformadoras em valor nutricional dos produtos, sustentabilidade da produção e transparência na comunicação com a sociedade. São Paulo: Ital/Abia, 2020. 104 p.

RICHARDS, N.S. P. S. Estudo da cor objetiva dos leites UHT. **Revista Indústria de Laticínios**, São Paulo, v. 23, n. 133, p. 69-74, jul./ago. 2018. Disponível em: http://revistalaticinios.com.br/download/edicoes_anteriores/IL%20133-final-site.pdf. Acesso em: 29 out. 2019.

SEBRAE. **Cartilha de boas práticas de fabricação na indústria de gelados comestíveis**. [Belém]: Sebrae, 2018. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e/\\$File/7574.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e/$File/7574.pdf). Acesso em: 12 maio 2018.

SEBRAE. **Mercado e vendas**: como se destacar no mercado de sorvetes. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Brasil: SEBRAE, 2017. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/como-se-destacar-no-mercado-de-sorvetes,a49d99a5a995b510VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 14 maio 2018.

- SEGALL, K. I.; GOFF, H. D. Secondary adsorption of milk proteins from the continuous phase to the oil–water interface in dairy emulsions. **International Dairy Journal**, Barking, v. 12, n. 11, p. 889-897, 2002.
- SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 397-409, out./dez. 2004.
- SHARMA, M.; SINGH, A. K.; YADAV, D. N. Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v. 54, n. 6, p. 1638-1645, May 2017.
- 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, K.; BOLINI, H. M. A. Avaliação sensorial de sorvete formulado com produto de soro ácido de leite bovino. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 116-122, jan./mar. 2006.
- SILVA, V. M. *et al.* Study of the perception of consumers in relation to different ice cream concepts. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 36, p. 161-168, Sept. 2014.
- SPADOTI, L. M. *et al.* **Lácteos e saúde**: sinopse dos textos e palestras. Campinas: ITAL, 2016. 121 p. Disponível em: <https://www.ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/tl/publicacoes/SimposioLacteosSaude/>. Acesso em: 22 fev. 2019.
- SPITSBERG, V. L. Invited review: bovine milk fat globule membrane as a potential nutraceutical. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 7, p. 2289-2294, July 2005.
- TADINI, C. C. *et al.* **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 562p.
- THARP, B. W. Ampliando o perfil nutricional do sorvete. **Revista Sorvetes e Casquinhas**, São Paulo, v. 19, p. 22-32, 2008. Disponível em: http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/85.pdf. Acesso em: 8 maio 2018.
- THARP, B. W. Diretrizes para formulação de sorvete lácteo. **Revista Sorvetes e Casquinhas**, São Paulo, v. 48, p. 22-26, 2010. Disponível em: http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/121.pdf. Acesso em: 8 maio 2018.
- THARP, B. W. Endurecimento causas: comportamento do sorvete no derretimento. **Revista Sorvetes e Casquinhas**, São Paulo, v. 12, p. 24-31, 2001. Disponível em: http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/81.pdf. Acesso em: 12 maio 2018.
- THARP, B. W. Estrutura do sorvete. **Revista Sorvetes e Casquinhas**, São Paulo, v. 53, p. 20-21, 2011. Disponível em: http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/146.pdf. Acesso em: 9 maio 2018.
- THARP, B. W.; YOUNG, L. S. **Tharp & Young on ice cream**: an encyclopedic guide to ice cream science and technology. Lancaster: DEStech Publications, 2013. 391 p.

TOZATO, R. C. *et al.* **Dossiê técnico: sorvetes.** São Paulo: Agência USP de Inovação - USP/DT, 2007. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTQ=>. Acesso em: 4 jul. 2018.

U.S. DAIRY EXPORT COUNCIL. **Dairy proteins (whey and milk).** Arlington: Think USA Dairy, 2018. Disponível em: [http://www.thinkusadairy.org/pt-br/home/health-and-wellness/dairy-proteins-\(whey-and-milk\)](http://www.thinkusadairy.org/pt-br/home/health-and-wellness/dairy-proteins-(whey-and-milk)). Acesso em: 12 fev. 2019.

UTPOTT, M. **Desenvolvimento de farinha de pitaya de polpa vermelha (*hylocereus polyrhizus*) e microcápsulas de betalainas como ingredientes alimentares.** 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

UTPOTT, M. *et al.* Characterization and application of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder as a fat replacer in ice cream. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 44, n. 5 p. 14420, May 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpp.14420>. Acesso em: 10 jun. 2020.

VASCONCELOS, Q. D. J. S.; BACHUR, T. P. R.; ARAGÃO, G. F. Whey protein: composição, usos e benefícios: uma revisão narrativa. **European Journal of Physical Education and Sport Science**, Bucharest, v. 4, n. 1, p.173-183, jan. 2018.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Milk and milk products: technology, chemistry and microbiology.** Gaithersburg: Aspen Publishers, 2001. 451 p.

VOLEK, J. S. *et al.* Whey protein supplementation during resistance training augments lean body mass. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 32, n. 2, p. 122-135, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation.** Geneva: WHO/FAO, Jan./Feb. 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/005/AC911E/ac911e00.htm#Contents>. Acesso em: 12 fev. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation.** Geneva: WHO, 1991. (Technical Report Series n. 724).

WITARD, O. C. *et al.* Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. **The American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 99, n. 1, p. 86-95, Jan. 2014.

ZACARCHENCO, P. B.; VAN DENDER, A. G. F.; REGO, R. A. **Brasil dairy trends 2020: tendências do mercado de produtos lácteos.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2017. 343 p.

ZANI, R. R. Artigo: o mercado está para sorvete. **Revista Food Service News**, Belo Horizonte, v. 17, n. 141, p. 54, fev. 2019. Disponível em: <https://www.foodservicenews.com.br/fsn-141/> Acesso em: 20.08.2020.

ZHANG, X. *et al.* Systematical characterization of physiochemical and rheological properties of thermal-induced polymerized whey protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 99, n. 2, p. 923-932, Jan. 2019.

APÊNDICE A – composição centesimal e valor energético das matérias-primas

Tabela 2 – Resultado da média da composição centesimal e valor energético das matérias-primas leite em pó integral e concentrados proteicos de soro de leite em pó

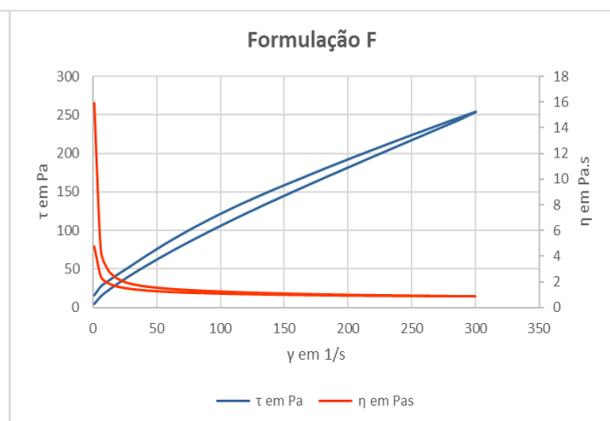
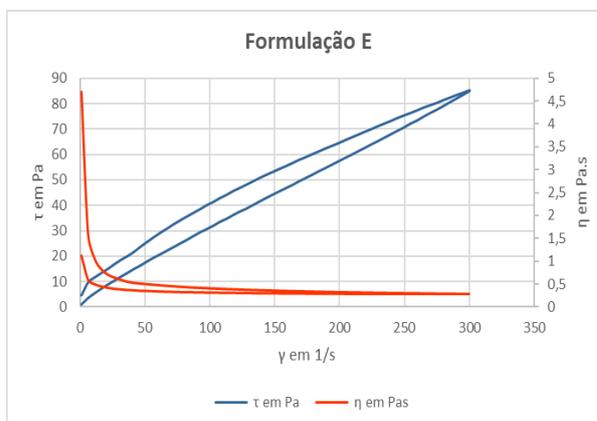
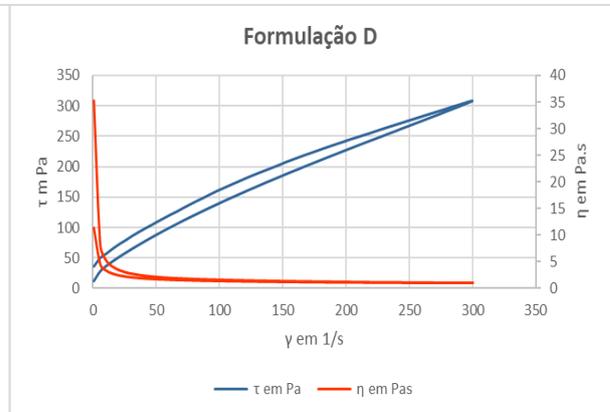
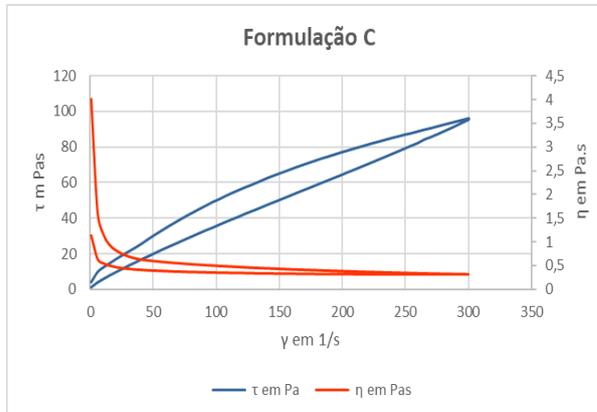
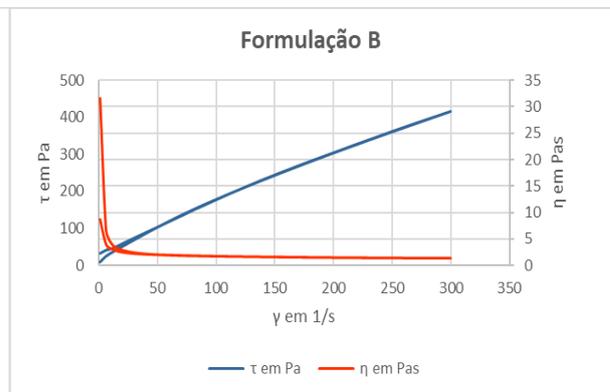
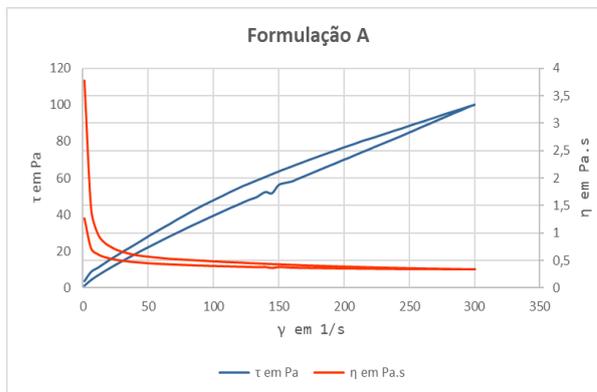
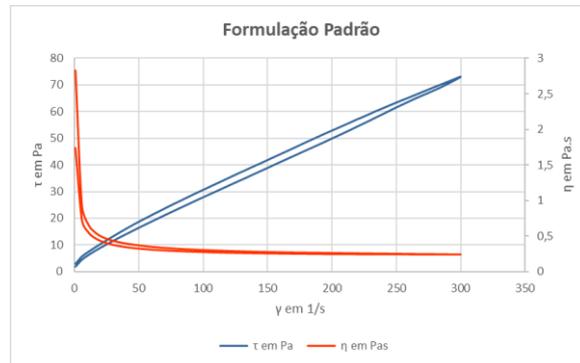
Composição	Leite em pó integral	*WPC 60%	*WPC 80%
Proteína bruta (Nx6,38)	26,71	62,93	78,57
Lipídios	15,96	3,39	2,29
Cinzas	6,78	3,95	3,18
Carboidratos	47,19	27,19	15,35
Extrato seco total	100	100	100
Valor energético*	485,88	448,65	527,64

Fonte: Própria autora.

Valores expressos com base na matéria seca em % = $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. * $\text{kcal} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

*WPC = whey protein concentrate (concentrado do soro de leite em pó).

APÊNDICE B – Reogramas das sete formulações de sorvetes



Fonte: própria autora.

Legenda: τ = tensão de cisalhamento; η = viscosidade; γ = taxa de cisalhamento.

APÊNDICE C – Custo variável (CVu) das formulações de sorvetes

Quadro 1. Custo das formulações A e B

Matéria-prima	Quantidade Kg	Custo ingrediente R\$/kg	² CTi R\$	
			A	B
Gordura de Palma	0	8,68	0,00	0,00
*WPC 60% de proteína	0,160	25,50	4,08	-
*WPC 80% de proteína	0,160	34,50	-	5,52
Leite em pó integral	0,080	21,98	1,75	1,75
Estabilizante/Liga neutra	0,0050	31,95	0,15	0,15
Saborizante de creme	0,0025	9,05	0,02	0,02
¹ Mix edulcorantes	0,120	-	1,98	1,98
CUSTO TOTAL (³CVu)			7,98	9,42

Fonte: dados da pesquisa. Data de cotação dos ingredientes: 16.12.2019.

¹Mix edulcorantes para produção de 0,120 Kg.

²CTi = custo total de cada ingrediente.

³CVu = Custo do Valor Unitário para produzir 1 kg de sorvete.

*Whey protein concentrate (concentrado proteico de soro de leite).

Quadro 2. Custo das formulações C e D

Matéria-prima	Quantidade Kg	Custo ingrediente R\$/kg	² CTi R\$	
			C	D
Gordura de Palma	0,020	8,68	0,17	0,17
*WPC 60% de proteína	0,140	25,50	3,57	-
*WPC 80% de proteína	0,140	34,50	-	4,83
Leite em pó integral	0,080	21,98	1,75	1,75
Estabilizante/Liga neutra	0,0050	31,95	0,15	0,15
Saborizante de creme	0,0025	9,05	0,02	0,02
¹ Mix edulcorantes	0,120	-	1,98	1,98
CUSTO TOTAL (³CVu)			7,64	8,90

Fonte: dados da pesquisa. Data de cotação dos ingredientes: 16.12.2019.

¹Mix edulcorantes para produção de 0,120 Kg.

²CTi = custo total de cada ingrediente.

³CVu = Custo do Valor Unitário para produzir 1 kg de sorvete.

*Whey protein concentrate (concentrado proteico de soro de leite).

Quadro 3. Custo das formulações E e F

Matéria-prima	Quantidade Kg	Custo ingrediente R\$/Kg	² CTi R\$	
			E	F
Gordura de Palma	0,040	8,68	0,34	0,34
*WPC 60% de proteína	0,120	25,50	3,06	-
*WPC 80% de proteína	0,120	34,50	-	4,14
Leite em pó integral	0,080	21,98	1,75	1,75
Estabilizante/Liga neutra	0,0050	31,95	0,15	0,15
Saborizante de creme	0,0025	9,05	0,02	0,02
¹ Mix edulcorantes	0,120	-	1,98	1,98
CUSTO TOTAL (³CVu)			7,30	8,38

Fonte: dados da pesquisa. Data de cotação dos ingredientes: 16.12.2019.

¹Mix edulcorantes para produção de 0,120 Kg.

²CTi = custo total de cada ingrediente.

³CVu = Custo do Valor Unitário para produzir 1 kg de sorvete.

*Whey protein concentrate (concentrado proteico de soro de leite).

Quadro 4. Custo da formulação Padrão

Matéria-Prima	Quantidade Kg	Custo ingrediente R\$/kg	² CTi R\$
Gordura de Palma (Tauá)	0,040	8,68	0,34
*WPC 60% de proteína (SOORO)	0	25,50	0,00
*WPC 80% de proteína (SOORO)	0	34,50	0,00
Leite em pó integral (Terra Livre)	0,180	21,98	3,95
Estabilizante/Liga neutra (Leacrem 5)	0,0050	31,95	0,15
Saborizante de creme (Duporto)	0,0025	9,05	0,02
Mix edulcorantes ¹	0,120	-	-
¹ maltodextrina	0,0656	10,57	0,69
¹ sorbitol	0,027	30,04	0,81
¹ polidextrose	0,027	6,08	0,16
¹ sucralose	0,00041	789,66	0,32
CUSTO TOTAL (³CVu)			6,44

Fonte: dados da pesquisa. Data de cotação dos ingredientes: 16.12.2019.

¹Mix edulcorantes para produção de 0,120 Kg.

²CTi = custo total de cada ingrediente.

³CVu = Custo do Valor Unitário para produzir 1 kg de sorvete.

*Whey protein concentrate (concentrado proteico de soro de leite).