
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Universidade Estadual de Campinas

**Sorvetes com diferentes produtos de soro de leite bovino:
avaliações sensoriais, físico-químicas e ultra-estruturais**

**Karla Silva
Engenheira Química**

**Prof^a. Dr^a. Helena Maria André Bolini Cardello
Orientadora**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Campinas, 2004.

BANCA EXAMINADORA

.....

Helena Maria André Bolini Cardello

FEA-UNICAMP

Presidente

.....

Mirna Lúcia Gigante

FEA-UNICAMP

Membro

.....

Paulo Pinto Joazeiro

IB-UNICAMP

Membro

.....

Flávia Maria Netto

FEA-UNICAMP

Suplente

Campinas, 2004.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a FAEP pelo auxílio financeiro.

Aos professores doutores: Helena M.B. Cardello pela oportuna e segura orientação; Mirna L. Gigante, Paulo P. Joazeiro, Aloísio J. Antunes e Flávia M. Netto pelas importantes correções que possibilitaram o enriquecimento desta obra e solidificação dos meus conhecimentos; Kitajima (USP), Débora (DEPAN), Telma (FEQ) e Helena (DCA) pelas preciosas dicas e/ou apoio colaborando para o desenvolvimento da presente dissertação.

Às empresas: Nestlé Brasil Ltda. pelo apoio e fornecimento de insumos; Duas Roda Brasil Ltda. pelo fornecimento da mistura estabilizante/emulsificante; Tovani Benzaquen Ltda. e Sweet Mix Ltda. pelo fornecimento dos soros concentrado e desmineralizado.

Ao Departamento de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biologia da UNICAMP, pela parceria no desenvolvimento da técnica de crio-substituição aqui empregada.

Ao Chico, Fátima, Suzana, Cidinha, Graça, Nice, Lia, Souely, Iara e Maria Helena, meus queridos e alegres companheiros de DEPAN, por todo auxílio técnico. À Ana Kon (DTA), Bete (DTA), Adriane (IB), Loló (IB). Especialmente, à Eliana (DEPAN) e à Antônia (IB), técnicas e amigas, admiravelmente comprometidas com a excelência intelectual.

À Silvana e ao Bartho pela paciência e super suporte para confecção desta obra.

À Kity e Adriane pela amizade, apoio e luz para o desenvolvimento deste trabalho!

À Ingrid, Verena, Juliane e Fernando, meus mais novos amigos, que demonstraram que apoio irrestrito e desinteressado é possível e faz toda a diferença!

À Cáritas, Marli, José, Sr. Antônio e Fernando: pela amizade, apoio e, principalmente, pelas longas e preciosas conversas "psicológicas" e "revolucionárias"!

Rogério, Luci, Hilda, Hermínia, Sergio, Walter, Bia e Chico pela amizade com tanta atenção, preocupação, carinho, enfim, por sempre amenizarem as pedras de meu caminho!

Larissa e Alessandra: expressão máxima de amizade sempre tão "conectadas" em minha vida. Obrigada por me ouvirem e permanecerem acreditando tanto em mim!

A toda minha família, em especial aos meus irmãos Keila, Kelber, Kelen e Kelenson!

Aos meus *Pais* e a *Deus*, aos quais não apenas agradeço mas devo e dedico este trabalho!

*"Não duvides da dúvida e duvides.
Porém duvides com fé, e ainda duvides da fé.
Pois não é a dúvida, inerte na pendência da fé até a obscuridade,
e força no impulso para alcançar a compreensão?
Não duvides e ao mesmo tempo duvides
de tudo quanto acredites ser verdadeiro
por que a dúvida também é verdadeira em si e por si.
Duvidando da dúvida, e duvidando com fé e da própria fé,
verás o ilusório da dúvida e a fé derrubar-se a teus pés
... e elevar-se majestosa ante teus olhos, a dúvida feita em Verdade."
(O vôo da serpente emplumada, Armando Cosani)*

Sumário

Resumo Geral	1
Abstract	2
Introdução	3
Objetivos	6
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
1.1 Sorvete	7
1.1.1 Introdução	7
1.1.2 Histórico	8
1.1.3 Nutrientes do sorvete	8
1.1.4 Ingredientes básicos	11
1.1.5 Processo de manufatura	16
1.1.6 Propriedades da mistura	19
1.1.7 Características de um sorvete ideal	19
1.2 Proteínas do soro de leite bovino	24
1.2.1 Introdução	24
1.2.2 Composição do soro de leite	26
1.2.3 Processos de recuperação das proteínas do soro de leite	27
1.2.4 Produtos de soro de leite	28

1.2.5	Propriedades funcionais das proteínas do soro	29
1.3	Aplicação de produtos de soro de leite em sorvete	30
1.3.1	Introdução	31
1.3.2	Desenvolvimento da aplicação das proteínas do soro	32
Referências		35
		44
2	INTRODUÇÃO DE PRODUTO DE SORO ÁCIDO DE LEITE NA FORMULAÇÃO DE SORVETE	45
		46
Resumo		47
Abstract		48
2.1	Introdução	49
2.2	Materiais e Métodos	50
2.2.1	Definição da metodologia de processamento dos produtos	50
2.2.2	Formulações das misturas	52
2.2.3	Preparo dos produtos	55
2.2.4	Avaliação sensorial dos produtos	56
2.3	Resultados e Discussão	58
2.3.1	Caracterização dos ingredientes	58
2.3.2	Avaliação sensorial dos produtos	59
2.4	Conclusão	61
Referências		62
		66

3 ESTUDO COMPARATIVO DE SORVETES FORMULADOS COM DIFERENTES PRODUTOS DE SORO DE LEITE BOVINO	67
	68
Resumo	69
Abstract	70
3.1 Introdução	71
3.2 Materiais e Métodos	72
3.2.1 Definição da metodologia de processamento dos produtos	72
3.2.2 Formulações das misturas	74
3.2.3 Caracterização dos ingredientes	75
3.2.4 Dosagem dos componentes das misturas	76
3.2.5 Preparo das misturas e dos sorvetes	77
3.2.6 Caracterização das misturas	78
3.2.7 Avaliação física dos sorvetes	80
3.2.8 Avaliação ultra-estrutural dos produtos	82
3.2.9 Avaliação sensorial dos produtos	83
3.2.10 Análises estatísticas	86
3.3 Resultados e Discussão	86
3.3.1 Caracterização dos ingredientes e das misturas	86
3.3.2 Avaliação física dos produtos	91
3.3.3 Avaliação ultra-estrutural dos produtos	96
3.3.4 Avaliação sensorial dos produtos	101
3.4 Conclusão	104
Referências	106
Conclusão Geral	113

Lista de Tabelas

1.1	Composição química aproximada de sorvetes comerciais no Brasil e EUA. .	8
1.2	Regulamentações para composição química de sorvetes	12
1.3	Tamanhos médios de elementos estruturais em sorvete a -5°C $\diamond$	21
1.4	Composição típica de soros ácido e doce de leite bovino.	25
1.5	Composição química aproximada de diferentes produtos de soro de leite bovino.	28
1.6	Pesquisas com diferentes substituintes do leite em pó desnatado em sorvete .	32
2.1	Dosagem dos ingredientes das misturas com leite em pó e/ou SAP.	55
2.2	Composição aproximada dos ingredientes utilizados nos sorvetes formulados com leite em pó e/ou SAP.	59
2.3	Diferença entre totais de ordenação-doçura dos sorvetes formulados com leite em pó e/ou SAP.	60
2.4	Observações de provadores, no teste de ordenação-doçura, para sorvetes com leite em pó e/ou SAP.	61
3.1	Dosagem dos ingredientes utilizados nos sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	77
3.2	Composição aproximada dos ingredientes utilizados nos sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	86
3.3	Caracterização das misturas de sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	87

3.4	Ordenação das características das misturas de sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	88
3.5	<i>Overrun</i> e firmeza de sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	91
3.6	Resultados para $TPG^{\diamond}$ e RRM^{∞} dos sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	96
3.7	Diferença entre totais de Ordenação-preferência para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	101
3.8	Observações de provadores no teste Ordenação-preferência para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	102
3.9	Diferença entre totais de ordenação quanto ao gosto doce para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	102
3.10	Observações de provadores, no teste de Ordenação-doçura, para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.	103

Lista de Figuras

1.1	Representação esquemática do sorvete [CAMPBELL e PELAN, 1998; WALSTRA e JONKMAN, 1998; GOFF <i>et al</i> , 1999].	10
1.2	Representação esquemática da coalescência parcial de glóbulos de gordura [WALSTRA e JONKMAN, 1998].	21
1.3	Processos de produção de diferentes produtos de soro de leite bovino.	27
2.1	Fluxograma de processamento dos sorvetes.	51
2.2	Apresentação das amostras para teste sensorial.	58
2.3	Ficha para teste sensorial de ordenação-doçura.	58
3.1	Materiais utilizados no teste de resistência ao derretimento.	81
3.2	Ficha para Teste de Ordenação-preferência para sorvetes com diferentes produtos protéicos.	84
3.3	Perfil eletroforético das misturas de sorvete com diferentes produtos protéicos lácteos.	90
3.4	Variação da firmeza com o tempo de estocagem.	92
3.5	Teste de derretimento: visualização da retenção de forma.	94
3.6	Curvas de derretimento dos sorvetes com diferentes produtos protéicos lácteos.	95
3.7	Retenção relativa a 10% de massa descongelada.	96

3.8	Microscopia eletrônica de transmissão (ampliação 9700x) P = Sorvete Padrão; A = Sorvete com SAP; D = Sorvete com soro desmineralizado; T = Sorvete com CPS As ondulações devem-se problemas durante cortes ultrafinos da amostra (devido a diferenças de dureza da amostra resinada).	97
3.9	Microscopia eletrônica de transmissão (ampliação 16200x) P = Sorvete Padrão; A = Sorvete com SAP; D = Sorvete com soro desmineralizado; T = Sorvete com CPS.	99
3.10	Microscopia eletrônica de transmissão (ampliação 23000x) A = Sorvete com SAP; D = Sorvete com soro desmineralizado.	99

Resumo Geral

O soro de leite bovino é um subproduto da manufatura de queijo ou caseína caracterizado por sua funcionalidade e valor biológico. O soro ácido, obtido da coagulação ácida do leite, apesar do seu valor funcional ainda é considerado um rejeito industrial. Neste contexto, foi proposta a adição de produto do soro ácido de leite (SAP), em cinco diferentes níveis de substituição do leite em pó, na formulação de sorvete. A avaliação do efeito provocado, pela introdução do SAP no sorvete, foi feita por teste sensorial. Considerando ainda os fabricantes de sorvete que, reconhecendo a importância funcional e nutricional dos produtos de soro de leite, gostariam de aumentar os níveis de substituição por estes produtos em suas formulações, efetuou-se aplicação de leite em pó desnatado e diferentes substituintes deste (SAP, soro desmineralizado e concentrado protéico de soro 35%), comparando-se os resultados. A primeira etapa do trabalho identificou uma boa aceitação dos provadores para o produto contendo 30% de SAP, sendo este nível selecionado para continuidade do trabalho. Na segunda etapa as misturas foram caracterizadas (proteína, gordura, minerais, açúcar, sólidos totais, pH, acidez titulável, viscosidade, temperatura de congelamento e frações protéicas) e os produtos aerados e congelados submetidos a avaliações físicas (potencial de aeração, firmeza e resistência ao derretimento), aspectos ultra-estruturais e testes sensoriais. Os resultados demonstraram que a introdução do SAP aumentou a viscosidade da mistura, manteve o potencial de aeração, estabilizou a firmeza e melhorou a estrutura microscópica do sorvete comparativamente com a formulação padrão (sem substituição do leite). Houve boa aceitação dos provadores para as formulações com substituição do leite desnatado por 30% de SAP, 100% de desmineralizado e 100% de concentrado protéico de soro.

Abstract

Whey protein is a by product of cheese or casein production, which is characterized by a high functionality and biological value. Acid whey protein is obtained by acid coagulation of milk, has been viewed as dairy wastes so represent a critical environmental pollution. In this context, we proposed the acid whey addition in ice cream formulations, as a dry skim milk total or partial substitute, ascertaining by sensory evaluation the panellists acceptance for five different substitutions levels. Ice cream manufacturers interesting in increasing the percentual of this product in ice cream formulations showed the importance of the comparative application of dry skim milk and others different replacers (acid whey product, demineralized whey and whey protein concentrate) in ice cream formulations. At the first stage of this work a good panellists acceptance for 30% acid whey product content product was obtained then this level was selected to the followed experiments. In the second level mixtures were characterized (protein, fat, minerals, sugar, total solids, pH, titratable acidity, viscosity, freezing temperature and proteins fractions) and whipped and freezing products were submitted to physical evaluations (whipping potential, firmness and melting resistance), structural electron microscopy aspects and sensory evaluations. Results showed that acid whey addition in ice cream formulations increased the viscosity of mix, maintained the whipping ability, stabilized the firmness and improved the microscopic structure, as the standard product comparison (formulation without milk substitutions). There was good sensory panel acceptance for all milk substituted formulations (30% acid whey product, 100% demineralized whey and 100% whey protein concentrate).

Introdução

O soro líquido, subproduto da manufatura de queijo, tem estimativa de geração global de 145 bilhões de kilogramas/ano [VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002] que, uma vez descartados diretamente nos mananciais de água, representa o mais problemático rejeito dos laticínios (100 Kg de soro tem potência de poluição equivalente aos despejos produzidos por 45 pessoas/dia) [JELEN, 1979]. Embora exista a possibilidade de tratamento deste resíduo, evitando o custo do tratamento e sem fiscalização efetiva das autoridades, muitos produtores optam pela utilização parcial deste subproduto como alimentação animal, descartando o excedente diretamente nos rios. A questão é transformar este subproduto de um problema em uma oportunidade [VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002]. Representando aproximadamente 20% das proteínas totais do leite [ANTUNES, 2003], o soro tem sido aproveitado, por processos de concentração das proteínas em vários países, sendo Estados Unidos, União Européia, Austrália, Canadá e Nova Zelândia seus principais exportadores. Constituído de água, minerais, açúcares e proteína, a concentração do soro gera produtos protéicos que, além de serem utilizados como ingredientes melhorando as propriedades funcionais (viscosidade, solubilidade, gelificação, emulsificação, formação de espuma, estabilidade) dos alimentos, também foram recentemente relacionados com a prevenção do câncer de próstata [BOMSER *et al*, 2003]. Esta alternativa de concentração, embora seja realidade lucrativa em diversos países e o Brasil figure entre os maiores importadores mundiais dos produtos de soro¹, envolve alto custo de produção sendo considerado inviável pelas indústrias nacionais.

¹O Brasil, já em 2000, ocupava o 7º lugar na lista de maiores importadores de produtos de soro [VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002].

Paralelamente, o custo relativamente alto do leite desnatado em pó tem aumentado o interesse na busca de fontes alternativas para o suprimento de sólidos não gordurosos do leite na formulação do sorvete. Os fabricantes americanos de sorvete, que já utilizam produtos de soro em suas formulações, têm solicitado o aumento do nível, de até 25% de substituição dos sólidos não gordurosos do leite por produtos de soro de leite, argumentando que com isso teriam maior flexibilidade na diversificação de produtos e satisfação dos consumidores [HEREMANS *et al*, 1997]. Embora existam vários trabalhos sobre a introdução de produtos de soro de leite em formulações de produtos alimentícios, não existem referências quanto a aplicação comparativa de tais produtos, especialmente com o uso do soro ácido, como substituintes em sorvetes. Com relação aos níveis de substituintes utilizados, existem citações de ocorrência de características indesejáveis do produto congelado, como arenosidade [LEE e WHITE, 1991] e gosto salgado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996], quando do uso excessivo de substituintes dos sólidos do leite desnatado.

Neste cenário, o presente trabalho apresenta a proposta de utilização do soro ácido como ingrediente de substituição na fabricação de sorvete, objetivando verificar o nível de substituição para aceitação sensorial de consumidores em potencial. Apresenta-se ainda a introdução comparativa de diferentes produtos protéicos na formulação desta sobremesa congelada, objetivando verificar a aceitação sensorial de consumidores potenciais e comparar as características físico-químicas e ultra-estruturais avaliadas.

O capítulo 2 traz os experimentos realizados utilizando o soro ácido, proveniente da fabricação do queijo tipo *quark* e fornecido pela divisão de refrigerados da Nestlé Brasil Ltda., para preparação do sorvete. A inexistência de pesquisas de aplicação deste tipo de subproduto e a existência de hipóteses levantadas quanto ao gosto salgado provocado pelo mesmo, acarretou a necessidade de verificar possíveis níveis de substituição. Cinco diferentes formulações foram preparadas com diferentes substituições (100, 80, 60, 30 e 0%) do leite em pó desnatado por soro ácido em pó (SAP). Os produtos foram submetidos a análise sensorial para verificação da percepção dos provadores aos diferentes produtos. No capítulo 3, apresenta-se os experimentos realizados de introdução comparativa de diferentes

produtos protéicos (leite em pó desnatado, produto de soro ácido, soro desmineralizado e concentrado protéico de soro) na formulação do sorvete. Quatro diferentes formulações foram preparadas: amostra padrão (**P**) com 100% de sólidos do leite desnatado, amostra **A₃₀** com substituição parcial dos sólidos do leite por soro ácido em pó, e duas outras com substituição dos sólidos do leite por soro desmineralizado e por CPS 35%, amostras **D** e **T** respectivamente. Todas as misturas foram submetidas a análises físico-químicas (composição, pH, acidez, viscosidade, ponto de congelamento). Os sorvetes prontos foram submetidos a testes físicos, ultra-estruturais e sensoriais.

Referências

ANTUNES, A.J. *Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino*. Editora Manole Ltda., 2003.

BOMSER, J.; KENT, K. e HARPER, J. Effect of whey protein isolate on intracellular glutathione and oxidant-induced cell death in human prostate epithelial cells. *Toxicol In Vitro*, v.17, n.1, p.27-33, 2003.

GALE GROUP. Ice-cream firms want to use more whey. *The Food Institute Report*. Washington, 2003. Disponível em: <www.foodinstitute.com/c25/addtocarl.cfm>. Acesso em: 23 de junho de 2003.

JELLEN, P. Industrial whey processing technology: An overview. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.27, n.4, p.658-661, 1979.

LEE, F.Y. e WHITE, C.H. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.4, p.1171-1180, 1991.

MARSHALL, R.T. e ARBUCKLE, W.S. *Ice cream*. International Thomson Publishing, 5ª ed. 1996, 349p.

VOORBERGEN, M. e ZWANENBERG, A. Whey-ing the future. *Dairy Industries International*, 2002. Disponível em: <<http://www.>> Acesso em 23 de junho de 2003.

Objetivos

- Substituir o leite em pó desnatado, na formulação de sorvetes, por diferentes percentuais de produto de soro ácido de leite bovino, e verificar a percepção sensorial quanto ao gosto doce.
- Formular sorvetes com diferentes ingredientes protéicos lácteos (leite em pó desnatado, produto de soro ácido de leite bovino, soro desmineralizado e concentrado protéico de soro) e compará-los através de:
 - Análises físico-químicas;
 - Avaliações ultra-estruturais;
 - Testes sensoriais.

Capítulo 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Sorvete

1.1.1 Introdução

Sorvete está inserido na chamada "família de sobremesas congeladas" e está definido na Portaria nº379 (Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Gelados Comestíveis, Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis) do Diário Oficial da União de 29 de abril de 1999. Cada categoria de produto pode diferir quanto ao sabor, composição de ingredientes lácteos e de outros sólidos [BODYFELT *et al*, 1988].

O sorvete é um alimento aerado e congelado elaborado a partir de uma mistura pasteurizada que consiste de produtos lácteos com outros ingredientes não lácteos de forma a obter-se o percentual desejado de gordura láctea e sólidos não gordurosos do leite (SNGL) [ANDREASSEN e NIELSEN, 1992]. Entre os produtos lácteos utilizados podemos citar creme de leite, manteiga, leite, soro de leite, caseína e caseinato. Os produtos não lácteos mais utilizados são carboidratos, estabilizantes, emulsificantes, essências e corantes, entretanto, outros ingredientes tais como amidos, ovos ou derivados também podem ser adicionados [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. O termo "mistura" é empregado para definir o conjunto de todos os ingredientes do sorvete com exceção do ar.

A composição do sorvete também varia em diferentes localidades e em diferentes mercados de acordo não apenas com a opinião dos fabricantes mas também com as condições sob as quais este opera. A composição aproximada geralmente está entre 0-20% gordura, 8-15% SNGL, 13-20% açúcar, 0-1.0% estabilizante/emulsificante e 32-45% sólidos totais [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. A Tabela 1.1 exhibe composições comerciais típicas de sorvetes no Brasil e EUA.

Tabela 1.1: Composição química aproximada de sorvetes comerciais no Brasil e EUA.

Característica	Brasil♣	Estados Unidos◇
Proteína bruta(%N x 6.25)	3.8	2.6 - 4.8
Carboidrato (%)	24.8	15.0 - 20.0
Gordura (%)	7.3	18.0 - 22.0
pH	-	6.3
Acidez titulável (%)	-	0.2

♣Fonte: Nestlé Brasil Ltda. ◇Fonte: [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

1.1.2 Histórico

Alguns livros trazem mitos sobre a história do sorvete [TURNBOW *et al*, 1947; SAWYER, 1969; MARSHALL e ARBUCKLE, 1996] provavelmente relacionado com bebidas congeladas e gelo que foram populares na Europa durante tempos medievais. Não existe uma descrição definitiva, exceto que neve e gelo eram usados para resfriar e possibilitar congelamento de sobremesas.

1.1.3 Nutrientes do sorvete

O sorvete é uma excelente fonte de energia onde os constituintes são quase completamente assimilados [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Principalmente constituído de carboidratos e gordura, o sorvete também contém proteína, minerais e vitaminas.

Proteínas

O sorvete tem uma alta concentração de SNGL, que representam 34-36% em proteínas do leite [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. As proteínas contribuem muito para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação, aeração e promovendo corpo¹ e textura² suaves ao produto. A capacidade de retenção de água das proteínas conduz à melhoria da viscosidade da mistura [KINSELLA, 1984]. As proteínas também podem contribuir para o aumento do tempo de derretimento do sorvete e para redução de formação de gelo [GOFF *et al*, 1989]. A adsorção das proteínas aos glóbulos de gordura durante a homogeneização da mistura conferem propriedades emulsificantes [GOFF e JORDAN, 1989].

Gordura

O tipo e a quantidade de gordura influencia as características do sorvete resultante, influenciando suas propriedades [ADAPA, 2000]. A gordura contribui para a estrutura do sorvete durante o congelamento e aeração formando uma rede tridimensional parcialmente coalescida de glóbulos homogêneos que, junto com as bolhas de ar e cristais de gelo (Figura 1.1), é responsável pela rigidez, bem como pela resistência ao derretimento e textura macia do produto congelado [BOLLINGER *et al*, 2000].

Com o aumento da gordura no sorvete, os SNGL devem ser diminuídos afim de se evitar a arenosidade, que se deve a cristalização da lactose no sorvete final. Aumentando o conteúdo gorduroso do sorvete diminui o tamanho dos cristais de gelo devido a interrupção do espaço disponível para a formação destes [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Um alto conteúdo em gordura pode limitar o consumo, aumentar o valor calórico e tornar maior o custo tornando-se portanto interessante uma diminuição deste teor [AIME *et al*, 2001]. Estudos mostram que glóbulos de gordura concentrados na superfície das células de ar durante o congelamento do sorvete, principalmente de fonte láctea,

¹Corpo é a sensação de preenchimento bucal [AKOH, 1998], a riqueza de sabor e/ou consistência [ABNT, 1993].

²Textura: Todas as propriedades reológicas e estruturais (geométrica e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos.[ABNT, 1993]

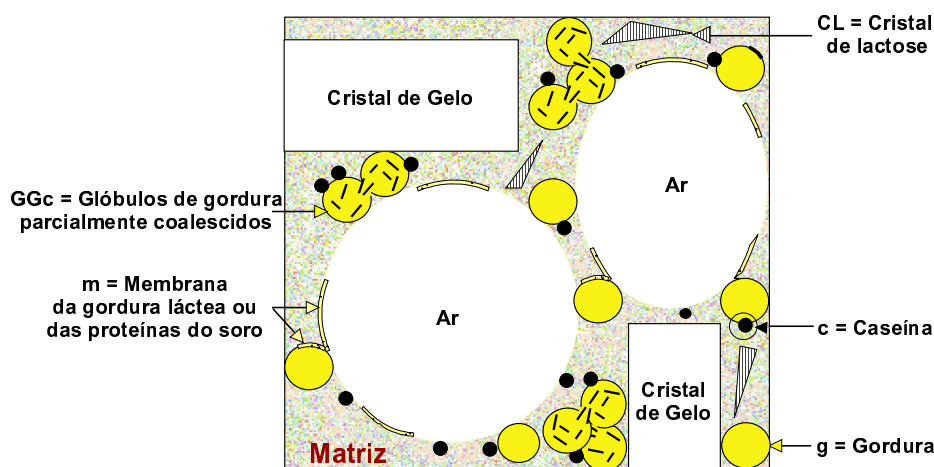


Figura 1.1: Representação esquemática do sorvete [CAMPBELL e PELAN, 1998; WALSTRA e JONKMAN, 1998; GOFF *et al*, 1999].

melhoram o sabor³ [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. É importante entender o mecanismo de formação estrutural da gordura no sorvete e controlar os fatores da estabilidade de emulsões de sorvete afim de alcançar as propriedades físicas e sensoriais do produto [CAMPBELL e PELAN, 1998].

Carboidratos

Os carboidratos servem como fonte de energia para o corpo e incluem amido, dextrina, celulose, açúcares, pectinas, gomas entre outras substâncias [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. O açúcar mais comum utilizado em sorvetes é a sacarose, mas a lactose está presente, em sorvetes lácteos, uma vez que é o açúcar encontrado apenas no leite [VARNAN e SUTHERLAND, 1994].

³Sabor é a combinação das sensações transmitidas por reações químicas quando a comida entra em contato com a boca, somada as sensações de tato, percepções de cheiro retronasal e sensações trigeminais (como por exemplo frio ou calor [GUINARD, 1998]. O sabor é influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e/ou cinestésicos [ABNT, 1993].

Minerais

Os sais minerais, além dos inerentes aos ingredientes utilizados na formulação do sorvete, são geralmente utilizados em quantidades limitadas (aproximadamente 0,1%). Este incremento visa alterar as propriedades de manipulação, aparência do produto. Existe ainda a crença de que uma pequena quantidade de sal confere melhor sabor ao sorvete [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Vitaminas

O sorvete é uma importante fonte de várias vitaminas cujo conteúdo dependerá primariamente da quantidade de sólidos do leite [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

1.1.4 Ingredientes básicos

Um sorvete de alto padrão requer uma mistura com matérias primas de boa qualidade, ou seja, a seleção dos ingredientes deve considerar a disponibilidade de produtos lácteos, a perecibilidade dos produtos, a disponibilidade de equipamentos, efeitos do batimento sobre a mistura, efeitos do processamento sobre o sabor, custos dos sólidos, entre outros [TURNBOW *et al*, 1947]. Os ingredientes básicos de sobremesas congeladas são gordura láctea, SNGL, adoçantes, estabilizantes/emulsificantes, essências e água [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. A formulação é definida com base nas regulamentações nacionais (Tabela 1.2), no tipo de produtos de leite e equipamentos disponíveis, nas exigências contratuais, no tipo de concorrência que o produto irá enfrentar, no efeito da combinação proposta de sólidos sobre a qualidade e operações de congelamento e, finalmente, nos custos [TURNBOW *et al*, 1947].

Os ingredientes podem ser agrupados em produtos lácteos e produtos não lácteos. Os produtos lácteos formam os ingredientes básicos que fornecem gordura e SNGL. Entre os produtos não lácteos encontram-se adoçantes, estabilizantes/emulsificantes, ovos, frutas, nozes, essências, produtos especiais e água [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Tabela 1.2: Regulamentações para composição química de sorvetes

Componete	Brasil [♣]	Estados Unidos [◇]
Sólidos totail	≥ 28	≥ 19
Sólidos de leite	-	≥ 20
Gordura láctea	≥ 2.5	≥ 10
Proteínas de leite	≥ 2.5	-
Estabilizante	-	≤ 0.5

♣Regulamentação Brasileira: Portaria nº379 do Diário Oficial da União de 29 de abril de 1999.

◇Padrão Federal Americano: Code of Federal Regulations, Title 21, Part 135 (21 CFR 135).

A quantidade de sólidos na mistura (gorduras, carboidratos, proteínas e conteúdos minerais), em base seca, formam os sólidos totais (ST) do sorvete. Um aumento em ST, dentro de certos limites, implica no aumento do valor nutritivo, da viscosidade e da resistência associadas ao corpo e textura do sorvete [TURNBOW *et al*, 1947]. Este aumento pode também provocar a diminuição do percentual em água congelada e freqüentemente permite-se um *overrun*⁴ mais alto [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996], uma textura macia, melhor corpo, e melhor estabilidade da qualidade do produto final [STOGO, 1997]. Mas um elevado conteúdo de ST (acima de 42%) acarretará em produto pesado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Produtos lácteos

O leite é composto de água, gordura, e sólidos não gordurosos do leite [VARNAN e SUTHERLAND, 1994]. A parcela de SNGL contém lactose, micelas de caseína⁵ (presentes em quatro principais formas: $\alpha s1$, $\alpha s2$, β e κ com pesos moleculares 23551, 25238, 24028 e 19038 daltons respectivamente [DALGLEISH]), proteínas do soro, minerais (cinzas), vitaminas, ácidos, enzimas e gases provenientes do leite ou dos produtos lácteos da fonte de origem [GOFF, 1997a]. Tanto a gordura como os sólidos não gordurosos

⁴Overrun é o aumento em volume do sorvete acima do volume da mistura devido a incorporação de ar [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

⁵Micelas de caseína são partículas coloidais porosas formadas pelo sistema bovino mamário a partir de submicelas esféricas, e que possuem estrutura única de polifosfato de cálcio [MORR e FOEGEDING, 1975].

do leite contribuem significativamente para o sabor do sorvete sendo que os SNGL têm apenas um efeito indireto [STOGO, 1997].

Gordura láctea é o ingrediente de maior importância em sorvete e pode variar de 0-24%, dependendo de fatores como padrões legais, qualidade e preço [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Este ingrediente fornece energia, ácidos graxos essenciais, esteróis e interage com outros ingredientes desenvolvendo o sabor (transporta os sabores solúveis em gorduras, lubrifica a boca, confere cremosidade) e a estrutura [AKOH, 1998; WALSTRA e JONKMAN, 1998]. A melhor fonte de gordura láctea é o creme de leite fresco mas outras fontes podem ser creme de leite congelado, manteiga, gordura láctea anidra, gordura láctea fracionada e misturas de leite concentrado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Sólidos não gordurosos do leite (SNGL) são os sólidos do leite desnatado, que consistem de 37% proteína, 55% de açúcar do leite (lactose), 8% minerais e que têm alto valor alimentar, apresentando baixo custo e a característica de melhorar a palatabilidade⁶ do sorvete [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. A quantidade adequada de SNGL, não apenas confere o corpo necessário ou a quantidade necessária a uma fórmula específica mas também previne o sorvete do sabor rançoso [TURNBOW *et al*, 1947].

Além do leite e do creme de leite, outras fontes lácteas como leite desnatado ou integral em pó, leite condensado integral ou desnatado e sólidos do soro são usadas como alternativa para redução de custos [STOGO, 1997] ou melhoria das propriedades funcionais.

Agentes adoçantes

Os açúcares conferem corpo e textura ao sorvete, aumentando a viscosidade e os sólidos totais e representam cerca de um quarto dos sólidos totais. Geralmente são as principais fontes de sólidos totais tendo um dos mais baixos custos. Sua principal finalidade é conferir sabor da mistura de sorvete aumentando a aceitabilidade por parte dos consumidores

⁶Palatabilidade é a combinação das propriedades de um produto, percebidas na cavidade oral, que o torna agradável ao consumo [ABNT, 1993].

[MARSHALL e ARBUCKLE, 1996; STOGO, 1997]. O açúcar pode ser usado na forma líquida ou seca. A sacarose (açúcar de cana ou de beterraba) é a fonte de açúcar mais amplamente aceita entre as utilizadas na fabricação da mistura de sorvete. A lactose com gosto⁷ ligeiramente doce e os minerais com gosto ligeiramente salgado irão contribuir para o sabor do produto final [TURNBOW *et al*, 1947; MARSHALL e ARBUCKLE, 1996; STOGO, 1997].

O açúcar é usado principalmente para conferir doçura ao produto final, mas também diminui o ponto de congelamento da mistura, ou seja, uma temperatura mais baixa é necessária para quando se aumenta a quantidade de açúcar. Sorvetes que contêm menos de 12% de sacarose são considerados como críticos em baixa doçura enquanto [TURNBOW *et al*, 1947; MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Embora o percentual usual nos Estados Unidos esteja entre 14-16%, as formulações no Brasil chegam a conter 25% em sacarose [PASSMORE, 1995].

Estabilizantes

Estabilizantes são ingredientes (usualmente polissacarídeos como goma guar, xantana, carragenas, gelatina, alginato de sódio, carboximetil celulose, entre outros. [GOFF, 1997a], usados em pequenas quantidades (0.1-0.5 %) na mistura de sorvete, que conferem uniformidade e maciez ao corpo do produto, através da redução da cristalização do gelo e da lactose, diminuindo o derretimento e sendo ainda aditivos que apresentam influência desprezível no valor nutricional ou no sabor TURNBOW *et al*, 1947; MARSHALL e ARBUCKLE, 1996; STOGO, 1997]. Segundo MILLER-LIVNEY *et al* (1997) e FLORES e GOFF (1999), os estabilizantes ainda aumentam a viscosidade, e, com poucas exceções, tendem a limitar a capacidade de aeração [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Os produtos comercialmente disponíveis são misturas de vários materiais estabilizantes nas proporções necessárias. O uso excessivo de estabilizante pode acarretar em características indesejáveis de derretimen-

⁷Gosto é a sensação percebida pelos órgãos gustativos, quando estimulados por determinadas substâncias solúveis. O termo "gosto" não deve ser usado para designar a combinação de sensações gustativas, olfativas e táteis que são designadas pelo termo "sabor"[ABNT, 1993].

to ou ainda em produto final com corpo pesado [TURNBOW *et al*, 1947; MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]

Emulsificantes

Os emulsificantes auxiliam substâncias incompatíveis, como água e manteiga, a combinarem-se de forma a produzir um produto de estrutura uniforme e macia, reduzindo o tempo de batimento [STOGO, 1997]. O uso de emulsificantes resulta em células de ar que são menores e com distribuição mais regular através da estrutura interna no sorvete [GOFF e JORDAN, 1989] mas um uso excessivo de emulsificante pode resultar em derretimento muito lento e alterações nas características desejáveis de corpo e textura [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Os emulsificantes mais comuns utilizados na produção de misturas de sorvetes são de dois tipos principais: mono e di-glicerídeos e os esteres como o Polisorbato 80 [GOFF, 1997a]. Comercialmente são fornecidas muitas combinações de estabilizantes e emulsificantes para aplicações específicas [STOGO, 1997].

Essência

As essências têm duas características importantes: tipo e intensidade [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Geralmente essências de sabores pouco intensos são mais facilmente misturadas e tendem a não ser rejeitadas em altas concentrações [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. A baunilha é a essência mais importante utilizada na mistura de sorvetes [BODYFELT *et al*, 1988].

Outros ingredientes

Gema de ovo é utilizada principalmente para conferir sabor, corpo e capacidade de aeração (ao menos 0.3% de sólidos de gema de ovo são necessários para estas propostas) [TURNBOW *et al*, 1947]. Os sólidos de gema de ovo são de alto valor alimentício, aumentam a viscosidade, conferem corpo e textura, quase não influenciam o ponto de congelamento mas usualmente aumentam o custo do sorvete [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Ingredientes como frutas, castanhas, mel, diferentes fontes fornecedoras ou substituintes de gordura (gordura vegetal hidrogenada, soro de leite), sais minerais, entre outros podem ser ainda utilizados.

Um dos objetivos em modificar as formulações do sorvete é produzir um produto com textura desejável e, através da melhoria da estrutura física do sorvete, ocorrerá a obtenção da melhor textura [STANLEY *et al*, 1996].

Água e ar

Água, a fase contínua, está presente como um líquido, um sólido e uma mistura dos dois estados físicos [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

O ar encontra-se disperso através da emulsão gordura-matriz (Figura 1.1). A quantidade de ar no sorvete é importante devido sua influência na qualidade, conferindo um produto macio, e deverá obedecer os padrões regulamentados na legislação nacional. A manutenção da quantidade uniforme de ar e sua qualidade é essencial no controle da boa qualidade [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

A interface entre ar e material disperso na fase aquosa é estabilizada por um filme fino de material não congelado e glóbulos de gordura parcialmente misturados [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

1.1.5 Processo de manufatura

Uma vez que os requisitos de composição relacionados com qualidade e quantidade estejam definidos, a mistura esta pronta para o processamento [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996], que começa com a combinação dos ingredientes em uma suspensão/solução homogênea antes de colocá-la no tanque de mistura [STOGO, 1997].

A mistura é pasteurizada e homogenizada. Pasteurização é o processo de aquecimento em tempo e temperatura definidos ⁸ para eliminação de microorganismos indese-

⁸A Portaria nº379 do Diário Oficial da União de 29 de abril de 1999 estabelece 70°C por no mínimo 30 minutos para Gelados Comestíveis.

jados. A pasteurização e a homogenização mudam as formas físicas dos sólidos suspensos da mistura de sorvete dispersando e solubilizando os componentes e gerando uma suspensão uniforme e estável. Durante a pasteurização todas as gorduras são derretidas [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. O tratamento térmico, de $\geq 75^\circ$ por 30 minutos, é de grande importância no processamento do sorvete uma vez que promove a desnaturação de proteínas lácteas, com conseqüente interações das mesmas auxiliando na formação da rede estrutural [MORR, 1989]. Na homogenização reduz-se os diâmetros dos glóbulos de gordura prevenindo-se portanto a separação da gordura, promove corpo e textura ao produto final e evita a dispersão da gordura durante o processo de congelamento [STOGO, 1997]. A homogenização, responsável pela formação da emulsão da gordura, é realizada forçando-se a passagem da mistura aquecida através de um pequeno orifício sob condições moderadas de pressão (por exemplo 200-3000 psi) [GOFF, 1997a].

Após finalizada a homogenização, a mistura deve ser resfriada imediatamente a $0-4^\circ\text{C}$ objetivando preservar a qualidade bacteriana e o gosto fresco [STOGO, 1997]. Este procedimento faz com que inicie a cristalização da gordura, entretanto, a mistura ainda não está pronta para o congelamento até este ponto do processo [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Nesta etapa é introduzida a essência. A maturação ($0-4^\circ\text{C}$ por 12-24h) é recomendada para melhor hidratação das proteínas do leite e do estabilizante e ainda para melhorar a qualidade de aeração da mistura [GOFF, 1997a], entretanto muitas indústrias não realizam esta etapa [STOGO, 1997]. A mistura é então submetida ao congelamento.

O congelamento envolve rápido resfriamento (abaixo de -5°C) e vigorosa agitação para incorporação de ar [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Nesta etapa, vários processos ocorrem simultaneamente, sendo esta uma das operações mais importantes da manufatura do sorvete, da qual dependerá a qualidade e sabor do produto final [WALSTRA e JONKMAN, 1998]. Esta operação consiste de duas partes: (1) a mistura é congelada rapidamente, sendo agitada para incorporação de ar e para limitar o tamanho dos cristais de gelo formados; (2) o produto parcialmente congelado é mantido sem agitação em um ambiente de temperatura baixa para remoção rá-

pida de calor [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Durante o congelamento a composição permanece inalterada, mas a estrutura física torna-se altamente intrincada (Figura 1.1): glóbulos de gordura e amontoados de glóbulos de gordura cobrem quase completamente as bolhas de ar e também formam uma rede contínua através da fase aquosa [WALSTRA e JONKMAN, 1998]. A ação de batimento e cristalização do gelo desestabiliza a emulsão da gordura na mistura, formando aglomerados de glóbulos de gordura. A gordura desestabilizada atua como um agente compactante e fornece suporte para as bolhas de ar primariamente lineadas por proteínas. A combinação de proteínas de leite e gordura, parcialmente coalescida, fornece força e estrutura para o sorvete [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. As bolhas de ar se chocam e quebram-se em menores; ocorre também a coalescência de bolhas, até que se alcance um estado estacionário, resultando em uma distribuição de tamanhos mais uniformes [WALSTRA e JONKMAN, 1998]. As bolhas de ar são os elementos que apresentam os maiores tamanhos, tendo também a maior proporção em volume ⁹ [WALSTRA e JONKMAN, 1998]. Com queda da temperatura os cristais de gelo aumentam em tamanho e algumas vezes cristais de lactose se formam durante a estocagem [GOFF, 1997a].

A mistura varia muito em composição, logo, o ponto de congelamento também irá variar. Além disso, a composição afeta a capacidade térmica ou o calor específico em calorias ¹⁰ e estas variáveis determinam a quantidade de gelo que será formado para uma dada quantidade de energia térmica removida [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. O ponto de congelamento de uma mistura de sorvete diminui com lactose, açúcares, sais e outras substâncias em solução [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Gorduras e proteínas não exercem efeito direto sobre o ponto de congelamento (gordura é imiscível com a fase aquosa, e proteínas são moléculas muito grandes) entretanto, quando estas estão em altas concentrações, há menos água onde o soluto possa dissolver, logo o ponto de congelamento irá cair [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. As variações no ponto de congelamento das misturas

⁹Bolhas de ar em sorvete são muito pequenas para percepção a olho nu. [WALSTRA e JONKMAN, 1998]

¹⁰Uma caloria é a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1g de água de 1°C para 15°C (kcal= calor necessário para aumentar a temperatura de 1Kg de água a 1°C).

podem alterar a taxa de recristalização a uma temperatura específica de estocagem do sorvete [HAGIWARA e HARTEL, 1996].

1.1.6 Propriedades da mistura

Algumas das características da mistura que merecem consideração são custo, propriedades de manipulação (incluindo viscosidade da mistura, ponto de congelamento e taxa de aeração da mistura), sabor, corpo, textura, valor nutritivo, cor, e palatibilidade geral do produto final [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

A mistura de sorvete representa um complexo sistema coloidal, onde algumas substâncias ocorrem em solução (os açúcares e os sais), outras em suspensões coloidais (caseínas, estabilizantes e alguns fosfatos de cálcio e magnésio), e os glóbulos de gordura são uma dispersão de partículas maiores [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

1.1.7 Características de um sorvete ideal

Um sorvete ideal deverá obedecer limites de confiança quanto aos seguintes atributos de qualidade: sabor, corpo, textura, características de derretimento, cor, embalagem, conteúdo microbiológico e composição [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Propriedades sensoriais

A avaliação sensorial para verificação da aceitação dos consumidores é crítica para o desenvolvimento de produtos. O sorvete oferece uma combinação de propriedades sensoriais altamente desejáveis sendo estas classificadas em categorias de aparência (cor, maciez, regularidade), aroma¹¹, sabor e textura/preenchimento bucal (dureza, viscosidade, cremosidade) [GUINARD, 1998].

Testes sensoriais analíticos, como testes de diferença e análises descritivas podem ser usados para obtenção de informações qualitativas e quantitativas sobre propriedades senso-

¹¹ Aroma é a sensação percebida através do olfato [GUINARD, 1998].

riais da sobremesa congelada. As medições instrumentais de propriedades sensoriais são geralmente usadas como um complemento para os testes analíticos sensoriais, particularmente com relação a cor, textura e preenchimento bucal. Os testes afetivos ou de preferência, aplicados em consumidores em potencial, são indicados para avaliar a aceitação do produto.

A alta palatabilidade do sorvete é um fator importante em sua escolha enquanto alimento. A textura suave e aveludada amacia o palato [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. A digestibilidade do sorvete é geralmente alta, exceto para pessoas intolerantes a lactose [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Uma importante característica do sorvete é a definida como "secura", relacionada com a aparência do produto (nem macio nem pegajoso em excesso) e o preenchimento bucal (não muito viscoso) [WALSTRA e JONKMAN, 1998].

Estrutura física

Vários passos no processo de fabricação do sorvete, incluindo pasteurização, homogeneização, maturação, congelamento e armazenamento contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete [GOFF, 1997b].

O sorvete tem uma estrutura complexa, tratando-se tanto de uma emulsão óleo-em-água (muito desta água e deste óleo encontrando-se em estado cristalino) como de uma espuma com grande quantidade de gordura [CALDWELL *et al*, 1992a]. Assim, a qualidade do sorvete dependerá bastante de sua estrutura, que pode ser dividida em aspectos coloidais (gordura e ar) e aspectos de cristalização do gelo, e também do efeito do maior congelamento de solutos e macromoléculas dispersas [GOFF, 2001]. A estrutura física do sorvete é um sistema físico-químico complicado composto por 50% de bolhas de ar, 25% de cristais de gelo, 5% de glóbulos de gordura e o restante de 20% de matriz composta de açúcares, proteínas e estabilizantes [GOFF, 1997b]. Os cristais de gelo e bolhas de ar formam uma dispersão mais grosseira que os glóbulos de gordura [CALDWELL *et al*, 1992a]. O produto portanto é caracterizado fisicamente pelo tamanho e fração volumétrica dos vários elementos estruturais [WALSTRA e JONKMAN, 1998] (Tabela 1.3).

A fase mais fluida do sorvete, chamada matriz, circunda os cristais de gelo e as bolhas de

Tabela 1.3: Tamanhos médios de elementos estruturais em sorvete a -5°C [◇]

Elemento estrutural	Tamanho médio (μm)	Fração volumétrica
Cristais de gelo	50	0.3
Bolhas de ar	100	0.5
Espessura da lamela	15	-
Glóbulos de gordura	0.6	0.06
Gordura aglomerados	3	0.06
Cristais de lactose [♣]	15	0.005

[◇] Fonte: [WALSTRA e JONKMAN, 1998].

[♣] Cristais de lactose estão ausentes em muitos casos.

ar e resulta de um processo de concentração por congelamento [BERGER, 1997]. A matriz contém muitas das proteínas presentes na formulação e estas se adsorvem nas superfícies das gotas de óleo e células de ar contribuindo assim mais para as propriedades destas do que para as propriedades da matriz (por exemplo para viscosidade) [CAMPBELL e PELAN, 1998].

A estrutura determina a aparência, viscosidade e consistência, incluindo o preenchimento bucal [WALSTRA e JONKMAN, 1998]. Os aspectos estruturais associados com a aglomeração da gordura têm grande influência sobre o comportamento reológico e de derretimento, ou seja, um aumento no grau de aglomeração da gordura reduz a taxa de derretimento e aumenta a viscosidade [THARP, 1998]. A aglomeração dos glóbulos de gordura ocorre principalmente durante a agitação, e é resultado do processo chamado de coalescência parcial (ocorrido com glóbulos de gordura contendo uma rede sólida de cristais de gordura): a rede de cristais no glóbulo previne a coalescência completa em bolhas maiores, formando apenas amontoados de formas irregulares (Figura 1.2) [WALSTRA e JONKMAN, 1998].

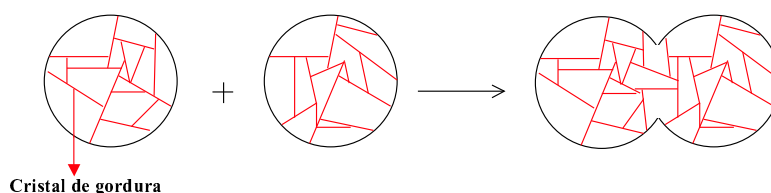


Figura 1.2: Representação esquemática da coalescência parcial de glóbulos de gordura [WALSTRA e JONKMAN, 1998].

Do ponto de vista da reologia a estrutura do sorvete consiste em uma bolha sólida dentro da qual proteínas e emulsificantes formam uma rígida membrana que circunda os glóbulos de gordura [KOKUBO *et al*, 1998].

O exame da microestrutura do sorvete é complicado devido ao seu alto conteúdo de água e gordura, e a alta dependência de sua estrutura com a temperatura [CALDWELL *et al*, 1992a]. A informação sobre tamanhos de cristais de gelo e bolhas de ar e suas distribuições, obtidas da observação das amostras intactas, é importante para a compreensão das propriedades sensoriais do sorvete [CALDWELL *et al*, 1992a], e este estudo pode ser possível por microscopia óptica de luz ou microscopia eletrônica [CALDWELL *et al*, 1992b]. As principais vantagens da microscopia de luz são a conveniência e relativa simplicidade de preparação das amostras, entretanto, tem resolução limitada (teoricamente limite de $0.2\mu\text{m}$) e a preparação da amostra geralmente destrói as outras estruturas presentes [CHANG e HARTEL, 2002]. A microscopia eletrônica tem sido bastante usada [KALAB, 1985; GOFF *et al*, 1989; CALDWELL *et al*, 1992a, CALDWELL *et al* 1992b; STANLEY *et al*, 1996; GOFF, 1997a; GOFF *et al*, 1999; BOLLIGER *et al*, 2000; CHANG e HARTEL, 2002] para estudar microestrutura de sistemas alimentares formados por espuma. Apenas por microscopia eletrônica tem-se resolução consideravelmente maior que o microscópio óptico (limite teórico de $0,2\mu\text{m}$ [CHANG e HARTEL, 2002]), possibilitando a visualização de estruturas tão pequenas quanto micelas de caseína [KALAB, 1985], sem as perdas estruturais decorrentes das alterações de temperatura.

Propriedades de derretimento

As propriedades de derretimento do sorvete constituem um parâmetro de comportamento crítico para o produto [THARP, 1998].

Um sorvete de alta qualidade deve mostrar resistência limitada ao derretimento quando exposto a temperatura ambiente por tempo limitado. Este defeito está relacionado com uso excessivo de estabilizantes/emulsificantes, overrun muito alto ou ainda processamentos severos e interações entre os componentes que promovem formação de gel altamente estável

[BODYFELT *et al*, 1988].

Uma certa consistência do derretimento com a forma também deve ser mantida quando os cristais de gelo derretem de forma a ocorrer "retenção de forma"[WALSTRA e JONKMAN, 1998]. Os aspectos estruturais associados com a aglomeração da gordura têm uma regra central em influenciar o comportamento de derretimento [THARP, 1998].

O produto do derretimento deve ser uma massa líquida, homogênea e uniforme. A não homogeneidade pode ser identificada pela presença de coágulos, escumas, bolhas de ar de tamanhos grandes e/ou variados, ou ainda pela separação de fases líquidas. Sorvetes contendo alta concentração de proteína em água são geralmente menos estáveis que similares com menor concentração protéica [BODYFELT *et al*, 1988].

Defeitos e qualidade

Os defeitos são resultantes da carência em sabor, corpo, textura, características de derretimento, cor, embalagem, conteúdo microbiano e/ou composição [BODYFELT *et al*, 1988]. O produto ideal deve possuir um sabor típico, fresco, agradável e delicado; ter textura definida e macia; possuir resistência moderada; derreter lentamente em forma de líquido com a aparência da mistura original (sem separações de fase); ter uma cor natural; possuir partículas regularmente distribuídas; e ter contagem bacteriana baixa. Ainda, o produto deve ter as especificações de composição coerentes com o nome e os ingredientes e valores nutricionais identificados no rótulo.

Textura áspera é o defeito mais freqüentemente citado em sorvetes [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Quando este defeito torna-se pronunciado, uma sensação bucal de arenosidade ou gelo é seguida pela sensação relativa de gelado causada pelos cristais de gelo excessivamente grandes [RUGER *et al*, 2002].

Defeitos como sabor rançoso ou coloração desigual não podem ser corrigidos pela mudança nas concentrações dos constituintes [BODYFELT *et al*, 1988]. Entretanto, outros defeitos como falta de sabor (concentração insuficiente de essência), falta maciez (insuficiência

de gordura), arenosidade (concentração muito alta de lactose), ou produto pouco encorpado (baixo conteúdo de sólidos totais ou pouco estabilizante), podem ser corrigidos através da alteração da composição da mistura [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

O uso excessivo de SNGL ou de sólidos de soro de leite, comentado no próximo item, resultará em problemas de sabor usualmente descritos como "cozido" ou "empoad", e pode também levar a uma condição de arenosidade do sorvete final devido a cristalização da lactose [BODYFELT *et al*, 1988].

Uma correlação adequada entre a instabilidade da emulsão e "secura" do produto fornece um sorvete com boa resistência para uma sensação palatal cremosa [KOKUBO, 1996].

A qualidade do sorvete é determinada pelo tamanho e distribuição dos glóbulos de gordura não emulsificados, cristais de gelo, células de ar e porções não congeladas que ocorrem na mistura de sorvete [KOKUBO, 1996]. Um certo nível de viscosidade é necessário para a aeração e retenção de ar desejáveis no sorvete congelado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996], mas para atingir a viscosidade desejada a mistura deve ser propriamente balanceada em composição, concentração e qualidade dos ingredientes então adequadamente processados [RUGER *et al*, 2002].

1.2 Proteínas do soro de leite bovino

1.2.1 Introdução

Soro de leite é o fluido obtido da separação do coágulo do leite integral, creme ou leite desnatado [ZALL, 1984]. O leite contém aproximadamente 3.5% de proteína [MULVIHILL, 1997; ANTUNES, 2003] que pode ser precipitada formando dois tipos de soro:

- soro doce: proveniente da coagulação enzimática do leite, em pH 6.2-6.4, com renina (manufatura dos queijos minas frescal, Cheddar [ANTUNES, 2003] e Emmental [CAYOT e LORIENT, 1997], por exemplo);
- soro ácido: obtido da produção do queijo fresco (Petit suisse, Camembert) após

coagulação ácida do leite, e, no queijo Cottage, seguindo aquecimento do coalho [CAYOT e LORIENT, 1997]. O leite desnatado inicialmente tem pH ajustado para 4.6, seja pela adição de ácido, glucona delta lactona ou pela adição de cultura de bactéria láctica, levando à coagulação da caseína, a qual após corte e aquecimento seguido de drenagem, dá origem ao soro ácido [ANTUNES, 2003].

Sendo obtido da separação das caseínas do leite, muitas vezes são referidas como proteínas do soro de queijo, entretanto, são propriamente chamadas proteínas do soro de leite bovino uma vez que se originam do leite e não do queijo [ANTUNES, 2003]. As características dos soros doce e ácido encontram-se na Tabela 1.4. No ponto isoelétrico 80% do nitrogênio total do leite precipita-se (esta fração é conhecida como caseína), enquanto 20% permanece solúvel no soro (15% são proteínas do soro com o restante sendo componentes não protéicos) [HARPER, 1984; MULVIHILL, 1997]

Tabela 1.4: Composição típica de soros ácido e doce de leite bovino.

Componente	Soro doce♣,♡	Soro ácido◇,♡
Lactose (%)	4.9	4.3
Proteína bruta(%N x 6.25)	0.9	0.9
Gordura (%)	1.03	0.48
Cinza (%)	0.5	0.8
Sólidos totais (%)	6.7	6.4
pH	6.2	4.6

♣Queijo ou caseína renina. ◇Queijo cottage, quag, ou caseína ácida. ♡[EVANS, 1982].

A fabricação de queijo ou caseína resulta na produção de cerca de 9 Kg de soro líquido para cada quilograma do produto final [ORCHARD, 1972], dependendo do tipo de queijo. A quantidade de 0.1 Kg de soro corresponde ao poder poluente de uma pessoa e, portanto, 1 tonelada desse produto teria o poluente equivalente ao de 10 mil indivíduos [ANTUNES, 2003]. Se este soro for despejado diretamente no esgoto isto constituirá a mais potente de todas as águas residuais da indústria láctea [ORCHARD, 1972]. Entretanto, na maioria dos países o soro das indústrias de queijo tem sido utilizado como alimentação animal ou como uma fonte de proteína para nutrição humana

[JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999].

As proteínas do soro têm interessado a indústria láctea uma vez que representa uma proteína de alta qualidade nutricional com propriedades funcionais únicas em seu estado nativo [HARPER, 1984]. A manufatura das proteínas do soro envolve várias etapas entre a fonte original (leite de vaca) e o ingrediente alimentar final [HUFFMAN, 1996].

1.2.2 Composição do soro de leite

O soro contém as proteínas solúveis do leite, lactose, gordura sais e caseínas residuais [EVANS, 1982]. Contem aproximadamente 20% das proteínas do leite, quase todo açúcar do leite, e um total de cerca de 50% de todos os nutrientes presentes normalmente no leite [JELEN, 1979]. Formado por uma mistura de proteínas com numerosas e diversas propriedades funcionais, o soro tem um potencial considerável de utilizações. As principais proteínas são β -lactoglobulina (55-65%), α -lactalbumina (15-25%), proteose-peptona (10-20%), imunoglobulinas (10-15%), albumina do soro bovino (5-6%), caseínas solúveis (1-2%), e proteínas em menores quantidades (<0.5) como lactoferrina, lactolina, glicoproteína, transferrina de sangue e enzimas [HARPER, 1984]. A β -lactoglobulina (P.M. 18300-18600 daltons) e a α -lactalbumina (P.M. 14000-14400 daltons) [KINSELLA, 1984; TORNBERG *et al*, 1997] representam aproximadamente 70% das proteínas totais do soro e são responsáveis pela hidratação, geleificação e propriedades de emulsificação e formação de espuma dos ingredientes de proteínas do soro [CAYOT e LORIENT, 1997].

Os padrões do soro são baseados no sabor, odor, aparência física, contagem bacteriana, conteúdo sólido, índice de solubilidade, e acidez [KINSELLA, 1984].

O soro, que é 93% água e apenas 0.6% proteína, deve ser concentrado para produzir os vários ingredientes protéicos [HUFFMAN, 1996]. A recuperação das proteínas do soro de leite além de ser importante por agregar valor (econômico, nutricional e funcional) a esse resíduo da indústria de laticínio, tem o relevante papel de preservar a qualidade do meio ambiente [ANTUNES, 2003].

1.2.3 Processos de recuperação das proteínas do soro de leite

A recuperação dos nutrientes do soro para o consumo humano depende da disponibilidade de técnicas apropriadas e processos atraentes economicamente, tornando os produtos competitivos [JELEN, 1979]. O objetivo ainda deve ser deixar o produto com a composição e funcionalidade apropriadas ao alimento final [HUFFMAN, 1996].

Com base no conhecimento do comportamento dos componentes do soro de leite sob condições definidas, HARPER, 1984 e MATTHEWS, 1984 sugerem diferentes métodos para a manufatura de suas proteínas. Entre técnicas mais conhecida pode-se citar: insolubilidade da proteína (precipitação química, precipitação ácida seguida de aquecimento), mudanças de características (desmineralização, troca iônica), diferenças de peso molecular (processos com membrana como eletrodíálises, filtração com gel, ultrafiltração/diafiltração), agregação por polifosfatos, e cristalização da lactose. As características químicas, físicas e funcionais do produto final irão variar de acordo com o método de produção empregado [MATTHEWS, 1984]. A Figura 1.3 apresenta a obtenção de de alguns produtos de soro de leite bovino.

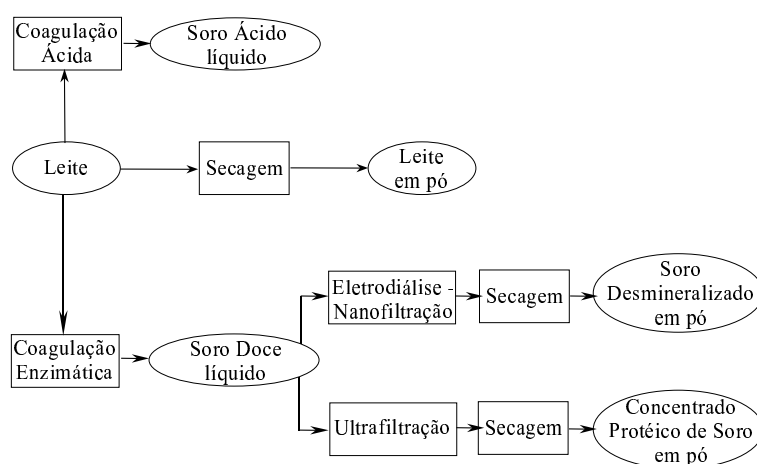


Figura 1.3: Processos de produção de diferentes produtos de soro de leite bovino.

1.2.4 Produtos de soro de leite

O soro, sub-produto da produção de queijo ou da caseína, contém as proteínas solúveis do leite, lactose, sais minerais e residuais de caseínas e gordura, conforme composições típicas apresentadas na Tabela 1.4.

Os produtos protéicos do soro podem ser classificados com base em sua composição [HUFFMAN, 1996]. Um dos maiores problemas para desenvolvimento de novos produtos é sua alta quantidade de água e sais combinada com característica ácida [JELEN, 1979]. Os soros comercialmente disponíveis podem vir na forma líquida ou em pó [CAYOT e LORIENT, 1997], e não são simplesmente misturas de proteínas mas invariavelmente contêm muitos outros constituintes do leite [EVANS, 1982] (Tabela 1.5).

Tabela 1.5: Composição química aproximada de diferentes produtos de soro de leite bovino.

	Soro doce em pó♣	Soro ácido em pó♣	Demineralizado◇	CPS ₂₆ ♡	CPS ₃₅ ♠	CPS ₄₅ ♡
Sólidos totais(%)	96.3	95.4	96.8	95.2	99.0	96.5
Proteína bruta(%N x 6.25)	13.0	11.7	14.0	25.1	34-35	43.5
Lactose(%)	69.4	63.2	82.0	53.6	53.0	42.8
Gordura(%)	0.2	0.1	-	1.4	4.0	4.5
Cinza(%)	8.3	10.6	0.8	15.0	8.0	5.6
pH	5.88	4.57	-	-	-	-

♣[EVANS, 1982]. ◇[JELEN, 1979]. ♡CPS = Concentrado Protéico de Soro [JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999].

♠CPS = Concentrado Protéico de Soro [HUFFMAN, 1996].

O soro, obtido da coagulação do leite, é pasteurizado e concentrado para 50% de conteúdo sólido mantido em repouso para cristalização da lactose seguindo então para secagem em "spray-drying"[KINSELLA, 1984]. O alto conteúdo de sais do soro seco o torna inadequado para muitas aplicações em alimentos, e então, visando torná-lo um ingrediente funcional em potencial, é necessário a eliminação dos minerais e/ou da lactose tanto quanto possível [KINSELLA, 1984], concentrando assim o teor em proteína. O produto de soro com teor reduzido em minerais é reconhecido como soro desmineralizado [EVANS, 1982]. Processos de redução dos sais podem ser efetuados por eletrodíálises ou troca iônica. A ultrafiltração ou osmose reversa podem ser utilizadas tanto para redução de sais como de lactose.

Os concentrados protéicos de soro (CPSs) são produtos de soro contendo 25 a 90% de proteína, mas suas composições variam muito, dependendo do método de manufatura. Os processos mais citados para obtenção do CPS são ultrafiltração, filtração em gel, precipitação com polifosfato [KINSELLA, 1984]. Os CPSs são reconhecidamente seguros para aplicações em produtos alimentares e não existem padrões de restrição de identidade [MORR e FOEGEDING, 1990]. Devido as suas excelentes propriedades funcionais e nutricionais e ao seu considerável potencial para mistura com vários produtos alimentícios, o CPS possui diversas aplicações nas indústrias lácteas, como por exemplo, em sorvetes, iogurtes, bebidas lácteas, cremes e queijos [KINSELLA, 1987; LEE e WHITE, 1991; HUFFMAN, 1996; JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999; VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002].

1.2.5 Propriedades funcionais das proteínas do soro

Kinsella, 1987 define propriedades funcionais como "as propriedades físicas e químicas de um componente alimentar que influenciam a manipulação, processamento, estocagem, preparação, embalagem, estabilidade, e principalmente, os atributos de qualidade padrão de um produto alimentar (cor, odor, sabor, textura)".

A desnaturação térmica das proteínas leite podem alterar suas propriedades funcionais [EVANS, 1982] uma vez que promova interações das proteínas do soro desnaturadas com micelas de caseína [MORR, 1989].

As propriedades funcionais geralmente reconhecidas como importantes são solubilidade, gelatinização, viscosidade, aeração, capacidade emulsificante, absorção de água e gordura e capacidades de retenção ou ligação [SCHMIDT *et al*, 1984]. A formulação e o processamento podem influenciar a seleção e comportamento da proteína, entretanto a seleção da proteína também poderá implicar na otimização da formulação e do processamento [HARPER, 1984]. As propriedades funcionais podem variar com pH, temperatura, concentração, troca iônica, constante dielétrica do meio, interações com outras moléculas, tratamentos de processamento e modificações [KINSELLA, 1987].

Os atributos desejáveis de alimentos podem estar direta ou indiretamente relacionados à funcionalidade de seus componentes protéicos [MANGINO, 1984]. As propriedades funcionais das proteínas em alimentos estão relacionadas com suas características estruturais e físico-químicas [DAMODARAN, 1997] assim, uma propriedade funcional específica pode ser avaliada através da medição de uma propriedade física¹². A maneira com que as proteínas interagem com outros componentes alimentícios assim como entre si determina sua funcionalidade [MANGINO, 1984].

Modificações de processamento tais como tratamento térmico seletivo, desmineralização seletiva ou troca iônica, hidrólise enzimática proteolítica podem ser usados para alterar estas propriedades funcionais para uma aplicação desejada [SCHMIDT *et al*, 1984].

Os ingredientes podem interagir, mudando a funcionalidade efetiva da proteína [HARPER, 1984]. Assim a seleção do ingrediente e ordem de adição influenciará as características do produto final [HARPER, 1984]. Similarmente o processamento do produto também pode modificar a funcionalidade da proteína [HARPER, 1984]. Podemos enfatizar que simples testes funcionais geralmente não predizem as características das proteínas em sistemas alimentícios [HARPER, 1984].

1.3 Aplicação de produtos de soro de leite em sorvete

Os produtos protéicos de soro de leite têm sido incluídos nas formulações de sorvetes devido a sua contribuição favorável para qualidades sensoriais e de textura do produto [PARSONS *et al*, 1985; TIRUMALESHA E JAYAPRAKASHA, 1998], e ainda fonte alternativa de SNG de mais baixo custo [HEREMANS *et al*, 1997]. Os produtos de soro podem apresentar capacidade de emulsificação, aeração e solubilidade que são desejáveis para sorvetes.

¹²Propriedades físicas são propriedades que podem ser quantificadas ou medidas e descritas por métodos da física clássica [KINSELLA, 1987].

1.3.1 Introdução

As proteínas alimentares são utilizadas como ingredientes alimentares devido a seu valor nutritivo, propriedades físico-químicas e funcionais [MULVIHILL], embora a seleção final seja feita com base nas melhores propriedades que a proteína promoverá no produto final dentro do menor custo [HARPER, 1984]. A compreensão do comportamento físico-químico e funcional destes ingredientes e a alteração destas propriedades sob certas condições de processamento é essencial para utilização de suas capacidades dentro do processamento de novos produtos [DAMODARAN, 1997; JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999]

Os sólidos do soro tem sido utilizados para substituir até um quarto dos SNGL no sorvete¹³ e, sendo de baixo custo, são freqüentemente utilizados como substituintes dos sólidos do leite desnatado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Um excesso de sólidos do soro deve ser evitado uma vez que este pode encobrir o sabor da gordura conferindo gosto salgado ao produto final [TURNBOW *et al*, 1947].

A formulação e o processamento influenciam o comportamento de uma proteína em uma aplicação alimentícia específica, desta forma não há um procedimento simples para otimizar a seleção de algum ingrediente protéico [HARPER, 1984].

As proteínas do soro de leite são incorporadas em produtos manufaturados ou por sua funcionalidade ou para fortificação e não se espera geralmente que contribuam para o sabor [EVANS, 1982].

Na produção de sorvete as proteínas lácteas atuam como emulsificante e estabilizante, prevenindo a aglomeração dos glóbulos de gordura e permitindo a estabilidade da aeração durante o congelamento [EVANS, 1982].

Os efeitos da concentração de uma proteína em solução, e do calor (temperatura e desnaturação térmica), pH e concentrações iônicas, sobre as principais propriedades funcionais do produto pode ser possível por comparação com outras proteínas na aplicação potencial [EVANS, 1982].

¹³Padrão da legislação nos Estados Unidos. No Reino Unido é permitido a substituição máxima de 7.5% dos SNGL

1.3.2 Desenvolvimento da aplicação das proteínas do soro

As propriedades funcionais dos produtos protéicos de soro de leite bovino, como solubilidade em água, emulsificação, formação de espuma são importantes para sorvetes [RUGER *et al*, 2002]. A capacidade de solubilizar em água é uma propriedade do CPS que pode ser utilizada em sobremesas congeladas para retardar o desenvolvimento de cristais de gelo [MORR, 1989]. As proteínas interagem na interface óleo/água durante a homogeneização para estabilizar a emulsão. As proteínas, durante o congelamento, têm a função de controlar a desestabilização da gordura [GOFF *et al*, 1989, GOFF, 1997b]. Assim, aumentando a quantidade de proteínas do soro na interface óleo/água diminui a tensão superficial e aumenta ligeiramente a viscosidade da mistura o que melhora a coalescência parcial no freezer [GOFF *et al*, 1989]. As interações entre proteínas-lipídios são de grande importância nos processos tecnológicos [CHOBERT e HAERTLÉ, 1997]. Vários estudos foram conduzidos visando avaliar o efeito da introdução, em sorvetes, de diferentes produtos protéicos de soro de leite, como substituintes do leite desnatado em pó (Tabela 1.6).

Tabela 1.6: Pesquisas com diferentes substituintes do leite em pó desnatado em sorvete .

Referência	Substituinte	% Substituição ^a	Formulação Percentual				
			SNGL	Gordura	Açúcar	Amido	Est./Emul.
[CODER e PARSONS, 1979]	CPS	50 e 100	22.0	10.5	13.0	3.0	0.30
[YOUNG <i>et al</i> , 1980]	soro ^b	53	11.0	10.0	9.7	6.2	0.35
[GUY, 1980]	soro doce ^c	0 a 11	13.6	12.0	8.3	-	0.28
[THOMPSON <i>et al</i> , 1983]	CPS	10, 20, 30	12.0	10.0	12.0	5.0	0.50
[PARSONS <i>et al</i> , 1985]	soro doce	50 e 100	22.0	10.5	13.0	3.0	0.30
[NAIDU <i>et al</i> , 1986]	soro líquido	10, 20, 30	11.0	10.0	15.0	-	0.30
[ADESSO e KLEY, 1986]	s. des. ^d	15,25,50,75,100	10.5	10.0	15.0	-	0.25
[ADESSO e KLEY, 1986]	s. des. con. ^e	15,25,50,75,100	10.5	10.0	15.0	-	0.25
[LEE e WHITE, 1991]	retentado ^f	20, 50 e 75	9.7	12.0	12.0	4.0	0.30
[LEE e WHITE, 1991]	CPS	20, 50, 75, 100	9.7	12.0	12.0	4.0	0.30
[GELIN <i>et al</i> , 1996] <i>et al</i>	CPS	100	38.0	8.0	6.0	-	0.18
[RUGER <i>et al</i> , 2002]	CPS	1.0	10.0	11.0	13.0	3.0	0.10

^a Refere-se ao percentual realizado de substituição do leite em pó desnatado. ^b Soro lactose hidrolizado e neutralizado.

^c Soro doce lactose hidrolizado. ^d Soro desmineralizado. ^e Soro desmineralizado concentrado. ^f Resultante do processo de ultrafiltração.

CODER e PARSONS (1979) propuseram a substituição de 50 e 100% do leite em pó desnatado por concentrado protéico de soro, em sorvete de baunilha. A comparação dos produtos substituídos com o padrão (sem substituintes do leite em pó) foi realizada por teste sensorial (teste de aceitação dos consumidores) indicando não ter ocorrido diferença na aceitação entre as amostras.

O soro líquido, neutralizado e lactose-hidrolisado, obtido do queijo cottage, foi utilizado por YOUNG *et al* (1980) para substituir 53% dos sólidos do sorvete. A avaliação do efeito foi feita por comparação, com o padrão (59% de leite desnatado), através de análises químicas, físicas e sensorial (escala hedônica de 9 pontos com extremos gostei e desgostei). O estudo demonstrou que o soro neutralizado, lactose-hidrolisado pode ser utilizado como ingrediente em sorvete para fornecimento de corpo.

GUY (1980) também avaliou a substituição dos sólidos não gordurosos do leite por sólidos de soro doce lactose-hidrolisado, em sorvete sabor baunilha. Além do teste sensorial (sabor e textura) aplicado, os produtos foram avaliados quanto a viscosidade, tempo e temperatura de congelamento, resistência ao derretimento, *overrun*, firmeza e comportamento em choque térmico. Níveis de substituição acima de 2.75% acarretou na progressiva perda de qualidade dos produtos estocados.

O uso de concentrado protéico de soro em sorvete, segundo THOMPSON *et al* (1980), acarretou em aumento de viscosidade, maior resistência ao derretimento e redução do tempo de congelamento e diminuição do *overrun*.

PARSONS *et al* (1985) utilizaram provadores treinados para testar o efeito sensorial de 50 e 10% de substituição do leite em pó desnatado por soro doce em pó, concentrado protéico e caseinato de sódio, em sorvete de baunilha. Os resultados mostraram não haver diferença estatisticamente significativa quanto ao sabor, corpo, textura e aceitação entre as amostras testadas.

NAIDU *et al* (1986) concluíram, através de testes sensoriais e físico-químicos (acidez titulável, pH e viscosidade), que o soro líquido do queijo pode ser satisfatoriamente utilizado, na formulação de sorvetes, em níveis de até 20% de substituição dos sólidos não gordurosos

do leite. O produto preparado com substituição de 20% do leite por soro foi o mais aceito sensorialmente.

ADESSO e KLEY (1986) testaram a substituição do leite em pó desnatado por soro desmineralizado e soro desmineralizado concentrado, em níveis 15, 25, 50, 75 e 100%, na formulação de sorvete. Os resultados indicaram a boa aceitação sensorial (aparência, textura e sabor) dos produtos com substituintes, comparativamente ao padrão sem substituição.

Em 1991, LEE e WHITE publicaram resultados de estudo da substituição dos sólidos não gordurosos do leite por 25, 50, 75 e 100% de concentrado protéico de soro, em sorvete sabor baunilha. misturas foram avaliadas quanto ao pH, viscosidade, *overrun*, tempo de derretimento, qualidade microbiológica e propriedades sensoriais a 1, 30 e 90 dias de estocagem. A substituição acarretou em diminuição dos valores do pH e da viscosidade, com o aumento percentual do concentrado protéico na mistura. A avaliação sensorial, entretanto, demonstrou boa aceitação dos provadores. GELIN *et al* (1996) encontraram que a substituição do leite em pó desnatado por concentrado protéico de soro de leite bovino aumentou a eficiência contra a coalescência.

Outros estudos foram ainda realizados relacionando a introdução de produtos de soro de leite bovino com condições de processamento, como por exemplo o apresentado por RUGER *et al* (2002), onde verificou-se o efeito da dupla homogenização e dos concentrados protéicos sobre a textura do sorvete. Entretanto, não existem estudos sobre a aplicação, nas formulações de sorvete, do soro ácido de leite bovino .

Referências

- [ABNT, 1993] *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, NBR 12806, 1993.
- [ADAPA, 2000] ADAPA S.; SCHMIDT, K.A.; DINGELDEIN, H. Rheological Properties of Ice Cream Mixes and Frozen Ice Creams Containing Fat and Fat Replacers. *Journal of Dairy Science*, v. 83, n. 10, p. 2224-2229, 2000.
- [ADDESSO e KLEY, 1986] ADDESSO, K.M. e KLEY, K.H. Development of an acceptable ice cream possessing a reduced sodium content. *Journal of Food Science*, v.51, n.6, p.1467-1470, 1986.
- [AIME *et al*, 2001] AIME D.B.;MALCOLMSON L.J.; RYLAND, D. e ARNTFIELD, S.D. Textural analyses of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*, v.34, n.3, p.237-246, 2001.
- [AKOH, 1998] AKOH, J. Fats, oils and fat replacers. *Food Technology*, v.52, n.3, p.47-53, 1998.
- [ANTUNES, 2003] ANTUNES, A.J. *Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino*. Editora Manole Ltda., 2003.
- [ANDREASEN e NIELSEN, 1992] ANDREASEN, T.G. e NIELSEN, H. Ice cream and aerated desserts. In: EARLY, R. *The technology of dairy products*. London: Blackie, 1^a ed. p.197-220,1992.

- [BERGER, 1997] BERGER, K.G. Ice cream. In: LARSSON, K. e FRIBERG, S. *Food emulsions*. New York: Marcel Dekker Inc., 2^a ed. p.413-489, 1997.
- [BODYFELT *et al*, 1988] BODYFELT, F.W.; TOBIAS, J. e TROUT, G.M. Sensory evaluation of ice cream and related products. In: *The sensory evaluation of dairy products*. New York: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, p.166-226, 1988.
- [BOLLIGER *et al*, 2000] BOLLIGER, S. GOFF, H.D. e THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*, v.10, n.10, p.303-309, 2000.
- [CALDWELL *et al*, 1992a] CALDWELL, K.B.; GOFF, H.D. e STANLEY, D.W. A low-temperature scanning electron microscopy study of ice cream. I. Techinques and general microstructure. *Food Structure*, v.11, n.1, p.1-9, 1992a.
- [CALDWELL *et al*, 1992b] CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W; e GOFF, H.D. A low-temperature scanning electron microscopy study of ice cream. II. Influence of selected ingredients and processes. *Food Structure*, v.11, n.1, p.11-23, 1992b.
- [CAMPBELL e PELAN, 1998] CAMPBELL, I.J. e PELAN, B.M.C. Session I: Emulsion and foam stabilization. In: International Dairy Federation, *Ice Cream - Proceedings of the international Symposium held in Athens*. Brussels, Belgium: BUCHHEIM, p.25-36, 1998.
- [CAYOT e LORIENT, 1997] CAYOT, P. e LORIENT, D. Structure-function relationships of whey proteins. In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.225-255, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [CHANG e HARTEL, 2002] CHANG, Y. e HARTEL, R.W. Measurement of air cell distributions in dairy foams. *International Dairy Journal*, v.12, p.63-472, 2002.

- [CHOBERT e HAERTLÉ, 1997] CHOBERT, J.M. e HAERTLÉ, T. Protein-lipid and protein-flavor interaction. In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.143-170, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [CODER e PARSONS, 1979] CODER, D. e PARSONS, J.G. The effects of processes wheys and caseinate on composition and consumer acceptance of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v. 62, Supl.1, p.35-35, 1979.
- [DALGLEISH] DALGLEISH, D.G. Structure-function relationships of caseins. In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.199-223, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [DAMODARAN, 1997] DAMODARAN, S. Food proteins: an overview In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.1-24, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [EVANS, 1982] EVANS, E.W. Uses of milk proteins in formulated foods. In: HUDSON, B. J. F. *Developments in food proteins*. New York: Elsevier, p.131-163, 1982.
- [FLORES e GOFF, 1999] FLORES, A.A. e GOFF, H.D. Ice crystal distribution in dynamically frozen model solution and ice cream as affected by stabilizers. *Journal of Dairy Science*, v.82, n.6, p.1399-1407, 1999.
- [GALE, 2003] GALE GROUP. Ice-cream firms want to use more whey. *The Food Institute Report*. Washington, 2003. Disponível em: <www.foodinstitute.com/c25/addtocarl.cfm>. Acesso em: 23/06/2003.
- [GELIN *et al*, 1996] GELIN, J.L.; LORIENT, D.; POYEN, L.; RIZZOTTI, R.; DACREMONT, C. e MESTE, M.L. Interactions between food components in ice cream II: structure-texture relationships. *Food Hydrocolloids*, v.10, n.4, p.199-215, 1996.
- [GOFF, 1997a] GOFF, H.D. Colloidal aspects of ice cream - A review. *International Dairy Journal*, v. 7, p. 363-373, 1997.

- [GOFF, 1997b] GOFF, H.D. Instability and partial coalescence in whippable dairy emulsions. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.10, p.2620-2630, 1997.
- [GOFF, 2001] GOFF, H.D. Ice cream under control. *Dairy Industries International*, v.66, n.1, p.26-30, 2001.
- [GOFF *et al*, 1999] GOFF, H.D.; SMITH, A.K. e VERESPEJ, E. A study of fat and air structures in ice cream. *International Dairy Journal*, v. 9, n. 11, p.817-829, 1999.
- [GOFF e JORDAN, 1989] GOFF, H.D. e JORDAN, W.K. Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.1, p.18-29, 1989.
- [GOFF *et al*, 1989] GOFF, H.D.; KINSELLA, J.E. e JORDAN, W.K. Influence of various milk protein isolates on ice cream emulsion stability. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.2, p.385-397, 1989.
- [GUINARD, 1998] GUINARD, J.X. Session III: Additives, colours, flavours. In: BUCHHEIM, W. *Ice Cream - Proceedings of the international symposium held in Athens*. International Dairy Federation, p. 91-103, 1998.
- [GUY, 1980] GUY, E.J. Partial replacement of nonfat milk solids and cane sugar in ice cream with lactose hydrolysed sweet whey solids. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.1, p.129-133, 1980.
- [HAGIWARA e HARTEL, 1996] HAGIWARA, T. e HARTEL, R.W. Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. *Journal of Dairy Science*, v. 79, n.5, p.735-744, 1996.
- [HARPER, 1984] HARPER, W.J. Whey proteins. *Food Technology in New Zealand*, v.19, n.1, p.21-28, 1984.
- [HUFFMAN, 1996] HUFFMAN, L.M. Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technology*, v.50, n.2, p.49-52, 1996.

- [HUSE *et al*, 1984] HUSE, P.A.; TOWLER, C. e HARPER, W.J. Substitution of nonfat milk solids in ice cream with whey protein concentrate and hydrolyzed lactos. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, v.19, n.3, p.255-261, 1984.
- [HUNT e DALGLEISH, 1994] HUNT, J.A. e DALGLEISH, D.G. Adsorption behaviour of whey protein isolate and caseinate in soya oil-in water emulsions. *Food Hydrocolloids*, v.8, n.2, p.175-187, 1994.
- [JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999] JAYAPRAKASHA, H.M. e BRUECKENER, H. Whey protein concentrate: a potential functional ingredient for food industry. *Journal of Food Science and Technology*, v.36, n.3, p.189-204, 1999.
- [JELEN, 1979] JELEN, P. Industrial whey processing technology: An overview. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.27, n.4, p.658-661, 1979.
- [KALAB, 1985] KALAB, M. Microstructure of dairy foods. 2. Milk products based on fat. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.12, p.3234-3248, 1985.
- [KINSELLA, 1984] KINSELLA, J.E. Milk proteins: physicochemical and functional properties. *CRC critical reviews in food science and nutrition*, v.21, n.3, p.197-262, 1984.
- [KINSELLA, 1987] KINSELLA, J.E. Physical properties of food and milk components: research needs to expand uses. *Journal of Dairy Science*, v.70, n.11, p.2419-2428, 1987.
- [KINSELLA *et al*, 1988] KINSELLA, J.E.; BRADY, J. e WHITEHEAD, D.M. Functional milk proteins. In: FOX, P.F. *Developments in dairy chemistry*. Applied Science Publishers, v.4, p.55-95, 1988.
- [KOKUBO, 1996] KOKUBO, S.; HAKAMATA, K.; TOMITA, M.; YOSHIDA, S. e SAKURAI, K. The effect of manufacturing conditions on the de-emulsification of fat globules in ice cream. *Milchwissenschaft*, v. 51, n.5, p.262-265, 1996.

- [KOKUBO, 1998] KOKUBO, S.; IWAKI, S.; TOMITA, M.; YOSHIDA, S. e SAKURAI, K. Agglomeration of fat globules during the freezing process of ice cream manufacturing. *Milchwissenschaft*, v.53, n.4, p.206-209, 1998.
- [LEE e WHITE, 1991] LEE, F.Y. e WHITE, C.H. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.4, p.1171-1180, 1991.
- [MANGINO, 1984] MANGINO, M.E. Physicochemical aspects of whey protein functionality. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2711-2722, 1984.
- [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996] MARSHALL, R.T. e ARBUCKLE, W.S. *Ice cream*. International Thomson Publishing, 5^a ed. 1996.
- [MARTINEZ e SPECHMAN, 1988] MARTINEZ, S.B. e SPECHMAN, R.A. β -Galactosidase treatment of frozen dairy product mixes containing whey. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.4, p.893-900, 1988.
- [MATTHEWS, 1984] MATTHEWS, M.E. Whey protein recovery processes and Products. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2680-2692, 1984.
- [MILLER-LIVNEY e HARTEL, 1997] MILLER-LIVNEY, T. e HARTEL, R.W. Ice recrystallization in ice cream: Interaction between sweeteners and stabilizers. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.3, p.447-456, 1997.
- [MORR e FOEGEDING, 1975] MORR, C.V. e FOEGEDING, E.A. Chemistry of milk proteins in food processing. *Journal of Dairy Science*, v.58, n.7, p.977-984, 1975.
- [MORR, 1989] MORR, C.V. Beneficial and adverse effects of water-protein interactions in selected dairy products. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.2, p.575-580, 1989.
- [MORR e FOEGEDING, 1990] MORR, C.V. e FOEGEDING, E.A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: A status report. *Food Technology*, v.44, n.1, p.100-112, 1990.

- [MOUBOIS e OLLIVER, 1997] MOUBOIS, J.L. e OLLIVER, G. Estraction of milk proteins In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.1579-595, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [MULVIHILL] MULVIHILL, D.M. Production, functional properties and utilization of milk protein products. In: FOX, P.F. *Advanced dairy chemistry - 1: proteins*. Blackie academic professional, 1^a ed. v.1, p.369-404, 1997.
- [NAIDU *et al*, 1986] NAIDU, P.G.; RAO, T.J.; ALI, M.P. e SASTRI, P.M. Effect of utilisation of whey in ice cream. *Indian Journal of Dairy Science*, v.39, n.1, p.94-94, 1986.
- [ORCHARD, 1972] ORCHARD, R.L. Wastes and effluent requirements of the dairy industry. *American Dairy Review*, v.45, n.5, p.45-57, 1972.
- [PARSONS *et al*, 1985] PARSONS, J.G.; DYBING, S.T. e CODER, D.S. Acceptability of ice cream made with processed wheys and sodium caseinate. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.11, p.2880-2885, 1985.
- [PASSMORE, 1995] PASSMORE, J. *O livro dos sorvetes*. Editora Manole Ltda., 1^a ed. 1995, 128p.
- [REDDY *et al*, 1997] REDDY, V.P.; RAMGAMADHAM, M.; REDDY, C.R. e KARNANI, B.T. Studies on the value of channa whey solids in the preparation of ice-cream in partial replacement of MSNF of mix. *The Indian Journal of Dairy Science*, v.40, n.1, p.128-131, 1997.
- [RUGER *et al*, 2002] RUGER, P.R.; BAER, R.J. e KASPERSON, K.M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.7, p.1684-1692, 2002.
- [SAWYER, 1969] SAWYER, W.H. Complex between β -lactoglobulin and κ -casein: A review. *Journal of Dairy Science*, v.52, n.9, p.1347-1363, 1969.

- [SCHMIDT *et al*, 1984] SCHMIDT, R.H.; PACKARD, V.S. e MORRIS, H.A. Effect of processing on whey protein functionality, *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2723-2733, 1984.
- [STANLEY *et al*, 1996] STANLEY, D.W.; SMITH, A.K. e GOFF, H.D. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. *Food Research International*, v.29, n.1, p.1-13, 1996.
- [STOGO, 1997] STOGO, M. *Ice cream and frozen desserts: a commercial guide to production and marketing*. John Wiley and Sons, Inc. 1997.
- [THARP *et al*, 1998] THARP, B.W.; FORREST B.; SWAN, C.; DUNNING, L. e HILMOE, M. Session II: Ingredient functionality BUCHHEIM, W. *Ice Cream - Proceedings of the international symposium held in Athens*. International Dairy Federation, p.54-64, 1998.
- [THOMPSON *et al*, 1983] THOMPSON, L.U.; RENIERS, D.J.; BAKER, L.M. e SIU, M. Succinylated whey protein concentrates in ice cream and instant puddings, *Journal of Dairy Science*, v.66, n.8, p.1630-1637, 1983.
- [TIRUMALESHA e JAYAPRAKASHA, 1998] TIRUMALESHA, A. e JAYAPRAKASHA, H.M. Effect of admixture of spray dried whey protein concentrate and butter milk powder on physico-chemical and sensory characteristics of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.51, n.1, p.13-19, 1998.
- [TORNBERG *et al*, 1997] TORNBERG, E.; PERSSON, K. e OLSSON, A. The structural and interfacial properties of food proteins in relation to their function in emulsions. In: LARSSON, K. FRIBERG, S. *Food emulsions*. Marcel Dekker Inc. 2ª ed. p.279-352, 1997.
- [TURNBOW *et al*, 1947] TURNBOW, G.D.; TRACY, P.H. e RAFFETTO, L.A. *The ice cream industry*. John Willy And Sons, Inc. 2ª ed. 1947.

- [VARNAN e SUTHERLAND, 1994] VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. *Milk and milk products technology, chemistry and microbiology*. Chapman e Hall. 1994, 451p.
- [VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002] VOORBERGEN, M. e ZWANENBERG, A. Whey-ing up the future. *Dairy Industries International*, v.67, n.1, p.25-28, 2002.
- [WALSTRA e JONKMAN, 1998] WALSTRA, P. e JONKMAN, M. Session I: emulsion and foam stabilization. BUCHHEIM, W. *Ice Cream - Proceedings of the international symposium held in Athens*. International Dairy Federation, p.17-24, 1998.
- [YOUNG *et al*, 1980] YOUNG, C.K.; STULL, J.W.; TAYLOR, R.R.; ANGUS, R.C. e DANIEL, T.C. Acceptability of frozen desserts made with neutralized, hydrolyzed, fluid cottage cheese whey. *Journal of Food Science*, v.45, n.4, p.805-809, 1980.
- [ZALL, 1984] ZALL, R.R. Trends in whey fractionation and utilization, a global perspective. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2621-2629, 1984.

Capítulo 2

INTRODUÇÃO DE PRODUTO DE SORO ÁCIDO DE LEITE NA FORMULAÇÃO DE SORVETE

Resumo

O soro de leite bovino é um subproduto da fabricação do queijo ou da caseína, existente na forma ácida ou doce. Constituído basicamente de água, proteínas, lactose e minerais, quando concentrado implica na obtenção de vários ingredientes protéicos de alta funcionalidade e valor nutricional. Entretanto, a concentração do soro tem sido aplicada apenas ao soro doce sendo o soro ácido, devido a suas características, geralmente tratado como resíduo. O presente capítulo, neste contexto, apresenta os resultados obtidos com a introdução de produto de soro ácido de leite na formulação de sorvete, em sistema modelo, verificando a percepção dos provadores para diferentes percentuais de substituição do leite desnatado. As amostras de sorvete foram preparadas com composição de mistura 2.5% gordura láctea, 18.3% sacarose, 2.3% gema de ovo em pó, 0.3% estabilizante-emulsificante e essência de baunilha. O sorvete padrão (**P**) foi formulado com 10.09% de leite desnatado em pó. Quatro outras misturas foram preparadas com o produto de soro ácido em pó (SAP), substituindo o leite desnatado, em níveis 100, 80, 60 e 30%. A avaliação do efeito provocado no sorvete, devido a substituição do leite desnatado por SAP, foi efetuada por ensaio sensorial direcionado à percepção do gosto doce. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0.5$) entre as amostras quanto ao gosto doce avaliado. Houve boa aceitação dos provadores quanto aos níveis de 60 e 30% em substituição, sendo o menor nível selecionado para continuidade do trabalho.

Abstract

Whey protein is a by-product of cheese or casein production, classified in sweet or acid form. Whey composition is basically water, proteins, lactose and minerals, and concentrated whey gives various protein ingredients with high functionality and nutritional value. However, manufacture of whey protein has been applied only to sweet whey and the acid portion was generally dumped down the drain as a dairy waste. This chapter shows the results obtained from acid whey addition in ice cream formulation, in a model system, ascertaining by sensory evaluation the panelists' acceptance for five different milk substitution levels. Ice cream samples were made with a mix composition of 2.5% milk fat, 18.3% sucrose, 2.3% egg yolk solids, 0.3% stabilizer-emulsifier and vanilla flavor. Standard ice cream was formulated with 10.09% of dry skim milk. Other four mixtures were prepared with dry acid whey product (DAW) replacing dry skim milk in 100, 80, 60 and 30% levels. Evaluation of effect for using DAW, to total or partial replace of dry skim milk, was done by sweet taste sensory test. There was no statistically significant difference ($p \leq 0.05$) between samples for sweet taste. There was good panelists' acceptance for 60 and 30% substitution levels, so the lowest one was selected for continued work.

2.1 Introdução

O leite é composto de água, lactose, gordura, sais e proteína podendo as proteínas serem divididas em dois grandes grupos: as caseínas, insolúveis em pH 4.6 e 20°C, e as proteínas do soro [MOUBOIS e OLLIVER, 1997]. Da separação do coágulo do leite integral, creme ou leite desnatado obtém-se o soro [ZALL, 1984] que contem aproximadamente 20% das proteínas solúveis do leite, quase todo o açúcar do leite (lactose), e um total de cerca de 50% de todos os nutrientes consumidos normalmente no leite [JELEN, 1979]. O soro pode ser distinguido em forma de soro doce, leite coagulado com renina em pH 6.6 [CAYOT e LORIENT, 1997], e soro ácido, subproduto da coagulação ácida do leite.

Formado por uma mistura de proteínas com numerosas e diversas propriedades funcionais, o soro de leite bovino tem potencial considerável de utilizações [KINSELLA, 1984], necessitando de processamento para tornar-se o ingrediente protéico adequado para uma utilização específica [HUFFMAN, 1996]. Países como Estados Unidos, União Européia, Austrália, Canadá e Nova Zelândia processam este subproduto reconhecendo-o como ingrediente funcional e agregando valor à linha de produção da indústria láctea. No Brasil, os dados sobre a disponibilidade do soro de leite são altamente imprecisos [ANTUNES, 2003], mas boa parte do queijo é produzido por pequenas empresas que, evitando o custo do tratamento deste efluente e sem fiscalização efetiva das autoridades, optam pela utilização parcial deste subproduto como alimentação animal descartando o excedente diretamente nos rios. Sendo uma das mais potentes de todas as águas residuais da indústria láctea [ORCHARD, 1972], e tendo estimativa de produção mundial de 145 bilhões de kilogramas/ano [VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002], a questão é transformar este subproduto de um problema em uma oportunidade nacional.

A aplicação de sólidos de soro de leite como substituinte do leite desnatado em sorvete é recomendada uma vez que, além do ganho biológico por conter as proteínas relacionadas com a prevenção do câncer de próstata [BOMSER *et al*, 2003], confere melhoria das propriedades funcionais (viscosidade, solubilidade, gelificação, emulsificação, formação de espuma, estabilidade) e reduz custos do produto final [BERGER, 1997]. A legislação bra-

sileira não faz referência quanto a aplicação de ingredientes protéicos de soro de leite em sorvete. Sob argumento de que a adição excessiva de soro de leite provocaria características indesejáveis, como arenosidade ou gostos residuais, o nível de substituição é limitado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996] em certos países como Inglaterra e Estados Unidos. Fabricantes americanos de sorvete, que já utilizam produtos de soro em suas formulações, têm solicitado o aumento do nível de 25% de substituição dos sólidos não gordurosos do leite, por produtos de soro de leite [HEREMANS *et al*, 1997].

Vários estudos demonstram que sorvetes formulados pela incorporação de diferentes ingredientes protéicos de soro de leite bovino, em lugar do leite em pó desnatado, possuem características tão boas quanto o sorvete controle sem substituição [CODER e PARSONS, 1979; GUY, 1980; YOUNG *et al*, 1980; THOMPSON *et al*, 1983; HUSE *et al*, 1984; PARSONS *et al*, 1985; ADESSO e KLEY, 1986; NAIDU *et al*, 1986; REDDY *et al*, 1997; MARTINEZ e SPECHMAN, 1988; RUGER *et al*, 2002]. CODER E PARSONS (1979), YOUNG *et al* (1980), PARSONS *et al* (1985), ADESSO e KLEY (1986) e LEE e WHITE (1991) registraram resultados positivos para sorvetes formulados com diferentes produtos de soro de leite bovino, em níveis superiores aos estabelecidos por lei. Entretanto, não existem trabalhos publicados sobre a aplicação, em sorvetes, do soro ácido de leite bovino.

O objetivo deste trabalho foi a introdução de produto de soro ácido de leite na formulação de sorvete, em diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado, para verificação da percepção dos provadores quanto a diferença provocada no gosto doce das diferentes amostras.

2.2 Materiais e Métodos

2.2.1 Definição da metodologia de processamento dos produtos

O processamento rápido seguido das análises imediatas dos produtos foi estabelecido, uma vez que as alterações decorrentes do tempo de estocagem não foram avaliadas.

O processo foi desenvolvido em sistema modelo visando a minimização de custos e res-

saltando que o objetivo final era avaliar a aceitação sensorial dos diferentes produtos. As etapas seguidas estão especificadas no fluxograma da Figura 2.1.

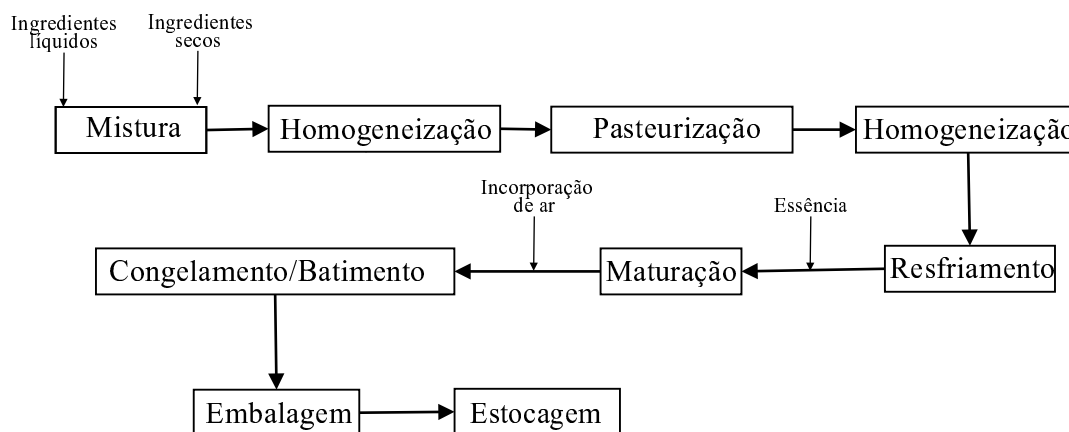


Figura 2.1: Fluxograma de processamento dos sorvetes.

Especificações das etapas de processamento

As condições de processamentos e equipamentos foram fixadas. Os processamentos foram feitos em sistemas tipo batelada com aproveitamento de 50% da capacidade máxima de volume (1Kg) dos contenedores dos produtos. A temperatura ambiente permaneceu controlada em $25 \pm 5^\circ\text{C}$ e as condições de aquecimento, agitação, mistura, resfriamento, aeração e congelamento foram sistematicamente mantidas no decorrer de todos os processamentos.

- Dosagem dos ingredientes - Todos os ingredientes foram previamente pesados em balança semi-analítica.
- Mistura - Água, a $75 \pm 2^\circ\text{C}$, foi acrescida aos ingredientes secos então misturados por agitação mecânica (Marconi, modelo MA085), em velocidade de 200 rpm por período de 10 minutos.
- Homogeneização - Efetuada por homogeneizador mecânico (Fisatom, modelo 713D), a 4500 rpm durante 10 minutos.

- Pasteurização - Aquecimento controlado em placa de aquecimento até a temperatura estabelecida ($78\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 30 min sob agitação a 200 rpm. Trocas térmicas com o meio ambiente foram minimizadas com uso de isolante.
- Resfriamento e Maturação - Utilizada refrigeração a temperatura controlada de $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. A maturação foi feita por 11 ± 1 hora.
- Congelamento/ Batimento - As condições para troca térmica foram fixadas padronizando-se o posicionamento das amostras dentro do equipamento assim como o número de amostras por batelada de teste e o volume de produto. O congelamento seguiu a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 8 horas com subsequente incorporação de ar. Foi utilizado aerador mecânico (Walita R/3164/66) em velocidade baixa por 3 minutos. O procedimento de congelamento foi repetido por 5 horas com subsequente incorporação de ar durante 3 minutos por mais duas vezes. A escolha dos períodos de 8 e 5 horas foi feita com base em resultados de testes preliminares para verificação do tempo de congelamento efetivo das amostras. O tempo e número de batimentos foram fixados basendo-se em testes preliminares para verificação do máximo em *overrun* obtido.

Controles do processo

Durante todas as etapas houve acompanhamento sistemático da temperatura, fixando desvios máximos tolerados de 2°C para temperatura do produto (termômetro colocado no ponto central do recipiente contendor do produto). Considerando que diferentes tempos de batimentos provocam variações na distribuição dos cristais de gelo do produto, os tempos e condições de batimentos foram rigorosamente respeitados. As condições para trocas térmicas foram estabelecidas e mantidas para cada um dos processamentos.

2.2.2 Formulações das misturas

A formulação padrão foi definida com base nos padrões federais regulamentados no Diário Oficial da União de 29/04/1999, considerando formulações utilizadas em pesquisas cien-

tíficas internacionais (Tabela 1.6) e formulações de produtos comerciais (Tabela 1.1). As demais misturas foram feitas por diferentes substituições do leite em pó desnatado por produto de soro ácido de leite em pó (SAP). Níveis de substituição do leite em pó desnatado por SAP escolhidos com extremos de substituição total e nenhuma. Os valores intermediários (80, 60, 30%) foram escolhidos de forma a maximizar o percentual utilizado de soro verificando a aprovação dos provadores.

Ingredientes

Foi utilizada fonte única para provimento de gordura láctea, sacarose, sólidos de gema de ovo, gordura vegetal, estabilizante-emulsificante e aroma em todas as formulações de sorvete. Definiu-se como ingredientes: açúcar granulado fino comercial, creme de leite pasteurizado (Nestlé Brasil Ltda.), gordura vegetal hidrogenada comercial, gema de ovo em pó, estabilizante-emulsificante (Duas Roda Brasil Ltda.) e aroma artificial de baunilha (Duas Roda Brasil Ltda.). Na formulação do sorvete padrão utilizou-se leite em pó desnatado (Nestlé Brasil Ltda.) e as demais misturas foram feitas a partir de diferentes níveis de substituições de SAP.

SAP - Produto de soro ácido em pó O soro fresco do queijo tipo quark (pH 4.35 e 6.40% sólidos totais), após ajuste de pH e concentração (pH 6.60 e 30% sólidos totais) ¹, foi fornecido líquido pela divisão de refrigerados da indústria Nestlé Brasil Ltda. Procedeu-se secagem do soro por liofilização² (liofilizador Edwards - super Modulyo) a pressão 10^{-1} mbar e temperatura do condensador -40°C , aplicadas durante 7 dias. O SAP foi então devidamente embalado e armazenado a 4°C para utilização posterior.

Gema de ovo em pó O ovo inteiro fresco (12% proteína, 28% sólidos totais, 10% gordura³) foi quebrado separando-se clara e gema. A gema foi então seca por liofilização (liofilizador Edwards - super Modulyo) a pressão 10^{-1} mbar e temperatura do condensador

¹Dados cedidos pela Divisão de Refrigerados da Nestlé Brasil Ltda

²O tratamento por pressão não causa mudanças no gosto ou sabor de alimentos [HEREMANS *et al*, 1997].

³Dados analíticos fornecidos por Jikkinti Yamaguishismo Agropecuária Ltda. - Jaguariúna - SP - Brasil

-40°C, aplicadas durante 7 dias. O produto obtido foi embalado sob condições assépticas e conservado sob refrigeração (4°C) até momento da utilização.

Caracterização dos ingredientes

Foram realizadas análises de sólidos totais, gordura, proteína, lactose e cinzas, sempre em triplicatas, conforme especificado na seqüência.

Sólidos Totais Todos os ingredientes, exceto o aroma de baunilha e o composto estabilizante-emulsificante, foram submetidos a análise de sólidos totais utilizando metodologia oficial [AOAC, 1996].

Gordura O teor de gordura nos produtos lácteos utilizados foi determinada através do método de Mojonnier [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Para gordura vegetal hidrogenada considerou-se a informação do fabricante de conteúdo sólido 100% proveniente de material lipídico.

Proteína O percentual de proteína no leite, SAP e no creme de leite foi determinado pelo Método de Kjeldahl [AOAC, 1996].

Carboidratos Para os produtos lácteos e SAP, considerando os carboidratos 100% em forma de lactose, utilizou-se a metodologia de determinação de açúcares não redutores para os produtos lácteos [LANARA, 1981]. Para o açúcar granulado adotou-se a informação do fabricante de 100% dos sólidos totais vindos de carboidratos.

Cinzas O teor de cinzas foi determinado para todos os produtos lácteos através da metodologia oficial [AOAC, 1996].

A gema de ovo em pó teve composição aproximada estimada por valores médios consultados na literatura [FRANCO, 1987]. Foi adotado teor de 100% em sólidos totais para o estabilizante-emulsificante e desprezou-se a contribuição em sólidos totais devido ao aroma de baunilha.

Dosagem dos componentes das misturas

A mistura padrão e quatro diferentes misturas experimentais foram balanceadas para conter 2.5% gordura láctea, 18.3% sacarose, 2.3% gema de ovo em pó e 0.3% estabilizante-emulsificante totalizando 40.40% sólidos totais. O sorvete padrão (P) foi formulado contendo apenas leite desnatado em pó para provimento de 10.09% dos sólidos totais da mistura em forma de sólidos não gordurosos do leite (SNGL). As outras misturas experimentais foram adicionadas com SAP substituindo este percentual de SNGL em níveis 100, 80, 60 e 30%. O balanço de massa foi realizado desconsiderando a contribuição centesimal devido ao aroma de baunilha. Para efeitos de cálculos ainda foi feita a aproximação de isenção de umidade do estabilizante-emulsificante (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Dosagem dos ingredientes das misturas com leite em pó e/ou SAP.

Ingrediente	Formulação				
	P[◇]	A₁₀₀[♡]	A₈₀	A₆₀	A₃₀
	massa _{base seca} (g) - Sólidos Totais(%)				
leite desnatado	12.63-10.09	0.00-0.00	2.53-2.02	5.05-4.03	8.06-6.44
SAP	0.00-0.00	13.82-10.09	11.06-8.07	8.29-6.06	5.00-3.65
sacarose	22.98-18.35	22.98 -18.35	22.98-18.35	22.98-18.35	22.98-18.35
creme de leite	4.65-3.71	4.65-3.71	4.65-3.71	4.65-3.71	4.65-4.71
gordura vegetal	7.00-5.59	7.00-5.59	7.00-5.59	7.00-5.59	7.00-5.59
gema de ovo	2.93-2.34	2.93-2.34	2.93-2.34	2.93-2.34	2.93-2.34
estabiliz.-emulsif.	0.40-0.32	0.40-0.32	0.40-0.32	0.40-0.32	0.40-0.32
água	65.00-0.00	64.18-0.00	64.34-0.00	64.51-0.00	64.70-0.00
TOTAL	125.20-40.40	125.20-40.40	125.20-40.40	125.20-40.40	125.20-40.40

◇100% leite desnatado em pó para provimento dos 10.09% em sólidos totais da mistura.

♡100% SAP para provimento dos 10.09% em sólidos totais da mistura.

2.2.3 Preparo dos produtos

Os ingredientes secos, exceto o leite ou o SAP utilizado como substituintes do leite, foram adicionados a 10% da água ($75 \pm 2^\circ\text{C}$) e homogenizados. O leite (ou as diferentes combinações com SAP) foi acrescentado ao restante da água ($75 \pm 2^\circ\text{C}$) necessária à mistura e

aquecido a $78\pm 2^{\circ}\text{C}$ imediatamente antes de sua adição aos demais ingredientes previamente homogenizados. Seguiu-se pasteurização, refrigeração imediata e adição do aroma de baunilha em taxa de 0,2 mL/L sob agitação a 200rpm. A mistura seguiu então para maturação com posterior congelamento em freezer a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 8 horas. O sorvete, resfriado a uma temperatura aproximada de -5°C , foi aerado. O procedimento de congelamento por mais 5 horas seguido de aeração durante 3 minutos foi repetido duas vezes, seguindo imediato armazenamento a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ até amostragens para análise.

2.2.4 Avaliação sensorial dos produtos

A avaliação do impacto provocado no sorvete com a substituição do leite desnatado por SAP foi efetuada por ensaio sensorial. O alto teor de lactose do SAP poderia conferir gosto doce embora o conteúdo excessivo de minerais pudesse conferir gosto salgado ao produto final. Desta forma, a possibilidade de alterações no sabor foi verificada conduzindo os testes para verificação da percepção quanto ao gosto doce.

Descrição do Teste

- Teste aplicado: Ordenação-doçura
- Condições de Aplicação do Teste:
 - Local: Os testes foram aplicados no Laboratório de Sensorial do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. As cabines, individuais, equipadas com cadeiras e mesas devidamente projetadas, iluminadas por luz branca, foram climatizadas a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$.
 - Objetivo: Determinar se existe diferença significativa, quanto ao atributo gosto doce, entre amostras de sorvete com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por soro de leite ácido. Ter opinião do provador, em forma de comentários, sobre os produtos provados.

- Preparação das amostras: Foram preparadas 5 diferentes amostras:
 - * A_{100} - provimento dos sólidos não gordurosos do leite por 100% de soro;
 - * A_{80} - sólidos não gordurosos do leite representados por 80% de soro e 20% de leite desnatado;
 - * A_{60} - sólidos não gordurosos do leite representados por 60% de soro e 40% de leite desnatado;
 - * A_{30} - sólidos não gordurosos do leite representados por 30% de soro e 60% de leite desnatado;
 - * P - provimento dos sólidos não gordurosos do leite por 100% de leite desnatado;
- Equipe de provadores: 15 pessoas, familiarizadas com o procedimento e o produto.
- Princípio do teste: Cada provador recebeu cinco amostras codificadas com algarismos aleatórios de três dígitos, em suporte térmico para conservação da temperatura da amostra. Foi solicitado que as amostras fossem provadas da esquerda para a direita e classificadas por ordem crescente de doçura, anotando a ordem estabelecida na ficha fornecida.
- Procedimento: Todas as amostras foram oferecidas simultaneamente aos provadores e a ordem de apresentação foi ao acaso.
 - os provadores não eram informados sobre as formulações ou objetivos da pesquisa;
 - o provador poderia repetir o teste, neste caso, receberia uma nova série de amostras codificadas diferentemente.
 - os provadores foram orientados e bastante incentivados a escreverem suas opiniões a respeito de cada um dos produtos, principalmente em caso de preferência ou rejeição de alguma amostra.

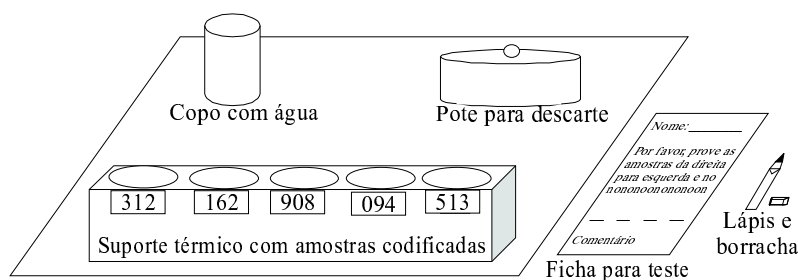


Figura 2.2: Apresentação das amostras para teste sensorial.

- Apresentação das amostras: Conforme mostrado na Figura 2.2.
- Ficha utilizada: Conforme mostrado na Figura 2.3.

Teste de Ordenação-Preferência	
Nome: _____	Data: ____/____/____
Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e ordene-as em ordem crescente do sabor doce.	
- doce	+doce
Comentários: _____	

Figura 2.3: Ficha para teste sensorial de ordenação-doçura.

- Análise dos Resultados: Os resultados foram analisados usando a Tabela de NEWELL E MAC FARLANE (1987).

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Caracterização dos ingredientes

A composição dos ingredientes utilizados encontra-se listada na Tabela 2.2. Observamos que o SAP apresenta menor teor protéico, teor em carboidratos mais elevado e alto teor em minerais (14%) comparativamente ao leite em pó desnatado, em conformidade com o esperado e registrado por outros autores [KINSELLA, 1984; EVANS, 1982; CAYOT e LORIENT,

1997]. O percentual de proteínas no SAP é cerca de quatro vezes inferior ao do leite desna-

Tabela 2.2: Composição aproximada dos ingredientes utilizados nos sorvetes formulados com leite em pó e/ou SAP.

Ingrediente♣	Sólidos Totais (%)	Gordura (%)	Proteína bruta (%N x 6.25)	Carboidrato (%)	Cinzas (%)
sacarose◇	99.91	-	-	99.91	-
creme de leite	33.67	22.26	2.21	8.65	0.55
gordura vegetal♡	99.97	99.97	-	-	-
gema ovo em pó♠	97.71	61.14	31.97	1.2	3.4
leite pó desnatado	97.15	0.63	34.98	53.52	8.02
SAP	91.36	1.58	8.31	67.08	14.39

♣Exceto estabilizante-emulsificante e aroma de baunilha ♠Média dos valores apresentados por Franco [FRANCO, 1987]

◇Considerou-se 100% em forma de carboidrato. ♡Considerou-se 100% em forma de gordura.

tado em pó desnatado. O SAP ainda contem duas vezes e meia mais gordura, quase o dobro em cinzas e pouco mais (1.25 vezes) em carboidratos (lactose), comparativamente ao leite em pó desnatado. O aumento do percentual de substituição do leite em pó desnatado por SAP acarreta, portanto, na diminuição de proteínas e aumento do percentual de gordura, de cinzas e de lactose.

2.3.2 Avaliação sensorial dos produtos

Os resultados do Teste de ordenação-doçura encontram-se listados na Tabela 2.3 e a ordem decrescente de doçura (mais doce para a menos doce) estabelecida foi:

$$A_{60}^a > A_{30}^a > A_{100}^a > A_{80}^a > P^a$$

A amostra **P** (sem substituição do leite em pó desnatado) e a amostra **A₆₀** foram identificadas respectivamente como a menos doce e a mais doce, embora não tenha sido encontrada diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre as amostras desta etapa quanto ao atributo doçura. Não houve correlação entre o nível de substituição com o SAP e a posição relativa de doçura. O atributo doçura não discriminou essas amostras devido, provavelmente, a confusão na percepção sensorial dos provadores provocada pela adição excessiva de SAP (mais rico em cinzas e lactose). O alto teor em lactose confe-

Tabela 2.3: Diferença entre totais de ordenação-doçura dos sorvetes formulados com leite em pó e/ou SAP.

Amostras		A₁₀₀	A₈₀	A₆₀	A₃₀	P
	Total	44	42	48	47	29
A₁₀₀	44	-	2 ^{ns}	4 ^{ns}	3 ^{ns}	15 ^{ns}
A₈₀	42	-	-	6 ^{ns}	3 ^{ns}	13 ^{ns}
A₆₀	48	-	-	-	1 ^{ns}	19 ^{ns}
A₃₀	47	-	-	-	-	18 ^{ns}

^{ns} não existe diferença significativa entre as amostras a $p \leq 0.05$

re gosto ligeiramente doce e o alto teor em minerais confere gosto ligeiramente salgado [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996], assim, o sabor do produto final conteve gostos residuais diferentemente percebidos pelos indivíduos. Esta diferença na percepção individual foi registrada por alguns provadores em forma de comentários.

Os comentários dos provadores (Tabela 2.4) evidenciam as percepções quanto a substituição do leite desnatado por SAP. A amostra **A₁₀₀** foi evidenciada por 38,5% e 23% dos provadores como tendo sabor ruim e gosto salgado respectivamente. A amostra **P** foi a que obteve o maior número de comentários como "amostra boa". A amostra com 100% de SAP substituindo SNGL foi a menos aceita (identificada como ruim por 35% dos provadores) e possuidora de gosto residual. Reforçando a hipótese levantada sobre confusão sensorial provocada pelo conteúdo excessivo em SAP, 3 provadores identificaram a amostra contendo 100% de SAP (**A₁₀₀**) como "muito doce", enquanto que um provador evidenciou a mesma amostra como "salgada". Houve aprovação dos produtos com substituições de SAP inferiores a 100%: um total de 7 provadores (47%) ressaltaram o gosto pelos produtos de substituições 80, 60 ou 30%. A amostra **A₈₀** obteve tantos comentários identificando-a como "amostra boa" quanto a amostra **P** e excedendo a pontuação das amostras **A₆₀** e **A₃₀**, entretanto, recebeu um indicativo da percepção do provador quanto ao gosto residual. As amostras **A₆₀** e **A₃₀** obtiveram comentários similares entre si.

Tabela 2.4: Observações de provadores, no teste de ordenação-doçura, para sorvetes com leite em pó e/ou SAP.

Amostra	Contagem dos comentários				
	Sabor ruim	Sabor bom	Gosto residual	Gosto salgado	Gosto muito doce
A₁₀₀	5	1	1	1	3
A₈₀	1	3	1	1	-
A₆₀	1	2	-	-	-
A₃₀	1	2	-	-	-
P	1	3	-	-	-

2.4 Conclusão

Quanto ao teste de Ordenação-doçura, embora a amostra **P** e a amostra **A₆₀** tenham apresentado, nesta ordem, o gosto menos doce e o mais doce, não diferiram significativamente ($p \leq 0.05$) das demais amostras, a nível de 5% em significância, quanto ao atributo doçura. A ordenação apresentada não demonstrou correlação entre o percentual de substituição e o atributo intensidade de doçura sugerindo que o conteúdo excessivo em lactose e minerais, do SAP comparativamente ao leite em pó desnatado, confundiu a percepção sensorial do gosto doce avaliado.

As amostras **A₆₀** e **A₃₀** obtiveram comentários similares entre si e igualmente positivos com relação a gostos notificados. Considerando, entretanto, a possibilidade de cristalização indesejável da lactose, quando em concentração excessiva, em sorvetes durante o período de armazenamento, e não tendo sido estudado tal aspecto na presente pesquisa, concluiu-se que o nível de substituição de 30% de leite desnatado por SAP embora detectável pelos provadores quando comparado a ausência de substituintes, é mais conveniente. Assim a formulação **A₃₀** foi a escolhida como preferencial para continuação da segunda etapa do presente trabalho.

Referências

- [ANTUNES, 2003] ANTUNES, A.J. *Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino*. Editora Manole Ltda., 2003.
- [ADESSO e KLEY, 1986] ADDESSO, K.M. e KLEY, K.H. Development of an acceptable ice cream possessing a reduced sodium content. *Journal of Food Science*, v.51, n.6, p.1467-1470, 1986.
- [AOAC, 1996] *Association of Official methods of analysis*. 27 ed. Washington, DC, Worwitz, W. ed., 1996.
- [BERGER, 1997] BERGER, K.G. Ice cream. In: LARSSON, K. e FRIBERG, S. *Food emulsions*. New York: Marcel Dekker Inc., 2^a ed. p.413-489, 1997.
- [BOMSER *et al*, 2003] BOMSER, J.; KENT, K. e HARPER, J. Effect of whey protein isolate on intracellular glutathione and oxidant-induced cell death in human prostate epithelial cells. *Toxicol In Vitro*, v.17, n.1, p.27-33, 2003.
- [CAYOT e LORIENT, 1997] CAYOT, P. e LORIENT, D. Structure-function relationships of whey proteins. In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.225-255, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [CODER e PARSONS, 1979] CODER, D. e PARSONS, J.G. The effects of processes wheys and caseinate on composition and consumer acceptance of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v. 62, Suppl.1, p.35-35, 1979.

- [EVANS, 1982] EVANS, E.W. Uses of milk proteins in formulated foods. In: HUDSON, B. J. F. *Developments in food proteins*. New York: Elsevier, p.131-163, 1982.
- [FRANCO, 1987] FRANCO, G. *Composição Química dos alimentos*, Editora Atheneu, 9^a ed. p. 130, 1999.
- [GALE, 2003] GALE GROUP. Ice-cream firms want to use more whey. *The Food Institute Report*. Washington, 2003. Disponível em: <www.foodinstitute.com/c25/addtocarl.cfm>. Acesso em: 23/06/2003.
- [GUY, 1980] GUY, E.J. Partial replacement of nonfat milk solids and cane sugar in ice cream with lactose hydrolysed sweet whey solids. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.1, p.129-133, 1980.
- [HEREMANS *et al*, 1997] HEREMANS, K.; CAMP, J.V. e HUYGHEBAERT, A. High-pressure effects on proteins In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.473-502, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [HUFFMAN, 1996] HUFFMAN, L.M. Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technology*, v.50, n.2, p.49-52, 1996.
- [HUSE *et al*, 1984] HUSE, P.A.; TOWLER, C. e HARPER, W.J. Substitution of nonfat milk solids in ice cream with whey protein concentrate and hydrolyzed lactos. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, v.19, n.3, p.255-261, 1984.
- [JELEN, 1979] JELEN, P. Industrial whey processing technology: An overview. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.27, n.4, p.658-661, 1979.
- [KINSELLA, 1984] KINSELLA, J.E. Milk proteins: physicochemical and functional properties. *CRC critical reviews in food science and nutrition*, v.21, n.3, p.197-262, 1984.

- [LANARA, 1981] LANARA. *Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes*. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Laboratório Nacional de Referência Animal. Brasília, 1981.
- [LEE e WHITE, 1991] LEE, F.Y. e WHITE, C.H. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.4, p.1171-1180, 1991.
- [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996] MARSHALL, R.T. e ARBUCKLE, W.S. *Ice cream*. International Thomson Publishing, 5^a ed. 1996.
- [MARTINEZ e SPECHMAN, 1988] MARTINEZ, S.B. e SPECHMAN, R.A. β -Galactosidase treatment of frozen dairy product mixes containing whey. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.4, p.893-900, 1988.
- [MOUBOIS e OLLIVER, 1997] MOUBOIS, J.L. e OLLIVER, G. Estraction of milk proteins In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and their applications*. p.1579-595, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [NAIDU *et al*, 1986] NAIDU, P.G.; RAO, T.J.; ALI, M.P. e SASTRI, P.M. Effect of utilisation of whey in ice cream. *Indian Journal of Dairy Science*, v.39, n.1, p.94-94, 1986.
- [NEWELL E Mac FARLANE, 1987] Newell, G.J. e Mac Farlane, J.D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, v.52, n.6, p.1721, 1987.
- [ORCHARD, 1972] ORCHARD, R.L. Wastes and effluent requirements of the dairy industry. *American Dairy Review*, v.45, n.5, p.45-57, 1972.
- [PARSONS *et al*, 1985] PARSONS, J.G.; DYBING, S.T. e CODER, D.S. Acceptability of ice cream made with processed wheys and sodium caseinate. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.11, p.2880-2885, 1985.

- [REDDY *et al*, 1997] REDDY, V.P.; RAMGAMADHAM, M.; REDDY, C.R. e KARNANI, B.T. Studies on the value of channa whey solids in the preparation of ice-cream in partial replacement of MSNF of mix. *The Indian Journal of Dairy Science*, v.40, n.1, p.128-131, 1997.
- [RUGER *et al*, 2002] RUGER, P.R.; BAER, R.J. e KASPERSON, K.M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.7, p.1684-1692, 2002.
- [THOMPSON *et al*, 1983] THOMPSON, L.U.; RENIERS, D.J.; BAKER, L.M. e SIU, M. Succinylated whey protein concentrates in ice cream and instant puddings, *Journal of Dairy Science*, v.66, n.8, p.1630-1637, 1983.
- [VOORBERGEN e ZWANENBERG, 2002] VOORBERGEN, M. e ZWANENBERG, A. Whey-ing up the future. *Dairy Industries International*, v.67, n.1, p.25-28, 2002.
- [YOUNG *et al*, 1980] YOUNG, C.K.; STULL, J.W.; TAYLOR, R.R.; ANGUS, R.C. e DANIEL, T.C. Acceptability of frozen desserts made with neutralized, hydrolyzed, fluid cottage cheese whey. *Journal of Food Science*, v.45, n.4, p.805-809, 1980.
- [ZALL, 1984] ZALL, R.R. Trends in whey fractionation and utilization, a global perspective. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2621-2629, 1984.

Capítulo 3

ESTUDO COMPARATIVO DE SORVETES FORMULADOS COM DIFERENTES PRODUTOS DE SORO DE LEITE BOVINO

Resumo

A adição de produtos protéicos de soro de leite bovino confere melhorias na qualidade funcional e nutricional de alimentos lácteos sendo ainda um substituinte de sólidos não gordurosos de leite (SNGL) viável economicamente em formulações de sorvete. Nesta etapa foi proposta a aplicação de 30% de produto de soro ácido em pó (SAP), 100% de soro desmineralizado (SD) e 100% de concentrado protéico de soro 35% (CPS-35) como ingrediente para substituição de 10.1% de SNGL em sorvete sabor baunilha. Os ingredientes foram inicialmente caracterizados quanto à gordura, açúcar, proteína, minerais e sólidos totais para determinação da composição das misturas. A mistura padrão, preparada com leite desnatado em pó, e as três misturas com substituintes dos SNGL foram analisadas quanto a proteína, gordura, açúcar, minerais, sólidos totais, pH, acidez titulável, viscosidade e temperatura de congelamento. As frações protéicas existentes, com pesos moleculares entre 14000 e 97000 daltons, foram avaliadas em todas as formulações. Os sorvetes foram testados quanto a aeração (*overrun*), firmeza (em 15 e 70 dias de armazenamento), resistência ao derretimento e aspectos estruturais ao microscópio eletrônico. Testes sensoriais foram realizados para verificação da percepção dos provadores nos níveis de substituição empregados. Os resultados demonstraram que a introdução do produto de soro ácido (SAP) aumentou significativamente a viscosidade, melhorou a resistência ao descongelamento e promoveu formação estrutural e firmeza similares comparativamente ao padrão sem substituintes. Houve boa aceitação dos provadores para as quatro formulações.

Abstract

Whey protein products addition promotes functionality and biological values in dairy products, and represent a cheap source replace of nonfat milk (NFM) in ice cream formulations. In this work it was proposed to introduce 30% dry acid whey (DAW) or 100% demineralized whey (DW) or 100% whey protein concentrate 35% (WPC-35) as ingredient for substitution of 10.1% NFM in vanilla ice cream. Ingredients were characterized as fat, sugar, protein, minerals and total solids content due to calculate the of mixture composition. Standard mix, prepared with 10.01% dry skim milk and NFM substituted mixture were evaluated for protein, fat, sugar, minerals, total solids content, pH, titratable acid, viscosity and freezing temperature. Proteins fractions, with molecular weigh between 14000 and 97000 daltons were analyzed for all formulations. Ice creams were tested for whipping ability (*overrun*), firmness (15 and 70 storage days), melting resistance and structural electron microscopy aspects. Sensory tests were done for verification of panellists perception about substitution levels applied. Results demonstrated that acid whey product addition considerably increased viscosity, improved melting resistance and promoted similar structural formation comparatively to standard formulation. There was good sensory panellist acceptance for all formulations.

3.1 Introdução

O sorvete é um alimento aerado e congelado feito a partir de uma mistura pasteurizada que consiste de produtos lácteos com outros ingredientes não lácteos de forma a ter-se o percentual desejado de gordura láctea e sólidos não gordurosos do leite (SNGL) [ANDREASSEN e NIELSEN, 1992]. O soro de leite, fluido obtido da separação do coágulo do leite integral, creme ou leite desnatado [ZALL, 1984], gera produtos protéicos. Tais produtos protéicos têm sido incluídos nas formulações de sorvetes devido a favorável contribuição para qualidades sensoriais e de textura do produto [PARSONS *et al*, 1985; TIRUMALESHA E JAYAPRAKASHA, 1998] e por representarem fontes alternativas de SNGL de baixos custos [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996; STOGO, 1997], além de implicarem no ganho biológico por conter as proteínas relacionadas com a prevenção do câncer de próstata [BOMSER *et al*, 2003].

Vários estudos foram conduzidos pela incorporação de diferentes tipos de produtos de soro em sorvetes tais como: pós de soro doce de leite [CODER e PARSONS, 1979; ADESSO e KLEY, 1986; NAIDU *et al*, 1986; REDDY *et al*, 1997], soro doce hidrolisado [GUY, 1980; YOUNG *et al*, 1980; MARTINEZ e SPECHMAN, 1988], e concentrado protéico de soro doce de leite [HUSE *et al*, 1984; CODER e PARSONS, 1979; PARSONS *et al*, 1985; THOMPSON *et al*, 1983]. Baseados em resultados de equipe de provadores, produtos experimentais foram considerados tão aceitáveis quanto o sorvete controle. Entretanto, não são encontrados trabalhos com adição do soro ácido em sorvete ou mesmo estudos comparativos de substituição de sólidos do leite desnatado por diferentes produtos de soro de leite.

O comportamento físico (viscosidade, resistência ao derretimento, retenção de forma) e as características sensoriais (sabor, viscosidade, dureza [GUINARD, 1998]) do sorvete são aspectos de extrema importância para definição de um produto de boa qualidade. O exame da microestrutura do sorvete, visualizando cristais de gelo e bolhas de ar e suas distribuições obtidas da observação das amostras intactas, é indicado uma vez que a estrutura determina a aparência, viscosidade e consistência [WALSTRA e JONKMAN, 1998] e ainda compromete o comportamento de derretimento [THARP, 1998] e propriedades sensoriais

do produto [CALDWELL *et al*, 1992a]. O sorvete possui alto conteúdo de água e gordura, e alta dependência de sua estrutura com a temperatura [CALDWELL *et al*, 1992a]. Através da microscopia eletrônica, cuja resolução torna possível a visualização de partículas tão pequenas quanto as caseínas [KALAB, 1985], é possível a visualização das estruturas dos sorvetes sem as perdas estruturais decorrentes das alterações de temperatura [CALDWELL *et al*, 1992a; CALDWELL *et al*, 1992b; STANLEY *et al*, 1996; GOFF, 1997a; GOFF, 1997b; BOLLINGER *et al*, 2000; CHANG e HARTEL, 2002].

O presente trabalho objetivou avaliar efeitos físico-químicos, ultra-estruturais e sensoriais provocados pela substituição, parcial ou total, do leite desnatado por diferentes ingredientes de soro de leite bovino (produto de soro ácido, soro desmineralizado e concentrado protéico de soro 34%) na formulação de sorvete. Os produtos obtidos foram caracterizados, submetidos a testes sensoriais e analisados ultra-estruturalmente através da Microscopia Eletrônica de Transmissão por Substituição Gradual de Temperatura (MET-crio-substituição) [GOFF *et al*, 1999].

3.2 Materiais e Métodos

O processamento rápido seguido das análises imediatas dos produtos foi estabelecido, uma vez que as alterações decorrentes do tempo de estocagem foram avaliadas apenas para o aspecto de firmeza, mecanicamente medida, dos produtos.

3.2.1 Definição da metodologia de processamento dos produtos

O processo foi desenvolvido em sistema modelo visando a minimização de custos e ressaltando que o objetivo final era avaliar as características finais comparativas entre os diferentes produtos. O fluxograma apresentado no capítulo 2 (Figura 2.1) representa as etapas do processamento efetuado.

As condições de processamentos e equipamentos foram fixadas. Os processamentos foram feitos em sistemas tipo batelada com aproveitamento de 50% da capacidade máxima de

volume (1Kg) dos contenedores dos produtos. A temperatura ambiente permaneceu controlada em $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ e as condições de aquecimento, agitação, mistura, resfriamento, aeração e congelamento foram sistematicamente mantidas no decorrer de todos os processamentos.

- Dosagem dos ingredientes - Todos os ingredientes foram previamente pesados em balança semi-analítica.
- Mistura - Água, a $75\pm 2^{\circ}\text{C}$, foi acrescida aos ingredientes secos então misturados por agitação mecânica (Marconi, modelo MA085), em velocidade de 200 rpm por período de 10 minutos.
- Homogeneização - Efetuada por homogeneizador mecânico (Fisatom, modelo 713D), a 4500 rpm durante 10 minutos.
- Pasteurização - Aquecimento controlado em placa de aquecimento até a temperatura estabelecida ($78\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 30 min sob agitação a 200 rpm. Trocas térmicas com o meio ambiente foram minimizadas com uso de isolante térmico.
- Resfriamento e Maturação - Utilizada refrigeração a temperatura controlada de $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. A maturação foi feita por 11 ± 1 hora.
- Congelamento/ Batimento - As condições para troca térmica foram fixadas padronizando-se o posicionamento das amostras dentro do equipamento assim como o número de amostras por batelada de teste e o volume de produto. O congelamento seguiu a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 8 horas com subsequente incorporação de ar. Foi utilizado aerador mecânico (Walita R/3164/66) em velocidade baixa por 3 minutos. O procedimento de congelamento foi repetido por 5 horas com subsequente incorporação de ar durante 3 minutos por mais duas vezes. A escolha dos períodos de 8 e 5 horas foi feita com base em resultados de testes preliminares para verificação do tempo de congelamento efetivo das amostras. O tempo e número de batimentos foram fixados basendo-se em testes preliminares para verificação do máximo em *overrun* obtido.

Controles do processo

Durante todas as etapas houve acompanhamento sistemático da temperatura, fixando desvios máximos tolerados de 2°C para temperatura do produto (termômetro colocado no ponto central do recipiente contendo o produto). Considerando que diferentes tempos de batimentos provocam variações na distribuição dos cristais de gelo do produto, os tempos e condições de batimentos foram rigorosamente respeitados. As condições para trocas térmicas foram estabelecidas e mantidas para cada um dos processamentos.

3.2.2 Formulações das misturas

A formulação padrão (**P**) foi definida com base nos padrões federais regulamentados (DOU de 29/04/1999), em formulações utilizadas em pesquisas científicas internacionais (Tabela 1.6) e formulações de produtos disponíveis comercialmente (Tabela 1.1). A substituição do leite desnatado pelo produto de soro ácido (SAP) foi parcial (70%leite:30%SAP). Duas misturas com substituição total do leite desnatado por soro desmineralizado (mistura **D**) e por concentrado protéico de soro 35% em proteína (mistura **T**) também foram processadas em paralelo.

Uma fonte única foi utilizada para provimento de gordura láctea, sacarose, sólidos de gema de ovo, gordura vegetal, estabilizante-emulsificante e aroma em todas as formulações de sorvete. Os ingredientes definidos foram: açúcar granulado fino comercial, creme de leite pasteurizado (Nestlé Brasil Ltda.), gordura vegetal hidrogenada comercial, gema de ovo em pó, estabilizante-emulsificante (Duas Roda Brasil Ltda.) e aroma artificial de baunilha (Duas Roda Brasil Ltda.). Na formulação do sorvete padrão foi utilizado leite em pó desnatado (Nestlé Brasil Ltda.).

SAP - Produto de soro ácido em pó O soro fresco do queijo tipo quark (pH 4.35 e 6.40% sólidos totais), após ajuste de pH e concentração (pH 6.60 e 30% sólidos totais) ¹, foi fornecido líquido pela divisão de refrigerados da indústria Nestlé Brasil Ltda.

¹Dados cedidos pela Divisão de Refrigerados da Nestlé Brasil Ltda

Procedeu-se secagem do soro por liofilização² (liofilizador Edwards - super Modulyo) a pressão 10^{-1} mbar e temperatura do condensador -40°C , aplicadas durante 7 dias. O SAP foi então devidamente embalado e armazenado a 4°C para utilização posterior.

SD - Soro desmineralizado O soro desmineralizado, comercialmente denominado Domo-victus 250[®] - Friesland Coberto Dairy Foods[®], foi fornecido pela empresa Sweet Mix (Indústria, Comércio, Importação e Exportação Ltda.).

CPS₃₅ - Concentrado protéico de soro 35% O CPS₃₅, de nome comercial Dairy-Lo[®] foi cedido pela empresa TB (Tovani Benzaquen Comércio, Importações, Exportações e Representações Ltda.).

Gema de ovo em pó O ovo inteiro fresco (12% proteína, 28% sólidos totais, 10% gordura³) foi quebrado separando-se clara e gema. A gema foi então seca por liofilização (liofilizador Edwards - super Modulyo) a pressão 10^{-1} mbar e temperatura do condensador -40°C , aplicadas durante 7 dias. O produto obtido foi embalado sob condições assépticas e conservado sob refrigeração (4°C) até momento da utilização.

3.2.3 Caracterização dos ingredientes

Foram realizadas análises de sólidos totais, gordura, proteína, lactose e cinzas, em triplicatas, conforme especificado na sequência:

Sólidos Totais Todos os ingredientes, exceto o aroma de baunilha e o composto estabilizante-emulsificante, foram submetidos a análise de sólidos totais utilizando estufa a $100 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 4 horas segundo metodologia padrão segundo A.O.A.C. [AOAC, 1996].

Gordura O teor de gordura nos produtos lácteos e nos diferentes substituintes (SAP, SD, CPS₃₅) utilizados foi determinada através do método padrão Monjonier, segundo

²O tratamento por pressão não causa mudanças no gosto ou sabor de alimentos [HEREMANS *et al*, 1997].

³Dados analíticos fornecidos por Jikkinti Yamaguishismo Agropecuária Ltda. - Jaguariúna - SP - Brasil

A.O.A.C. [AOAC, 1996]. Para gordura vegetal hidrogenada considerou-se a informação do fabricante de conteúdo sólido 100% proveniente de material lipídico.

Proteína O percentual de proteína no leite, nos substituintes do leite (SAP, SD, CPS₃₅) e no creme de leite foi determinado pelo Método de Kjeldahl segundo A.O.A.C. [AOAC, 1996].

Carboidratos Considerando o leite, creme de leite, SAP, SD e CPS₃₅ contendo 100% de carboidratos em forma de lactose, utilizou-se a metodologia de determinação de açúcares não-redutores para produtos lácteos [LANARA, 1981]. Para o açúcar granulado adotou-se a informação do fabricante de 100% dos sólidos totais vindos de carboidratos.

Cinzas O teor de cinzas foi determinado para todos os produtos lácteos assim como aos diferentes produtos de soro de leite (SAP, SD e CPS₃₅) utilizando mufla a 550°C conforme metodologia padrão segundo A.O.A.C. [AOAC, 1996].

A gema de ovo em pó teve composição aproximada estimada por valores médios consultados na literatura [FRANCO, 1987]. Foi adotado teor de 100% em sólidos totais para o estabilizante-emulsificante e desprezou-se a contribuição em sólidos totais devido ao aroma de baunilha. Foi adotado teor de 100% em sólidos totais para o estabilizante-emulsificante e desprezou-se a contribuição em sólidos totais devido ao aroma de baunilha.

3.2.4 Dosagem dos componentes das misturas

A mistura padrão e as três diferentes misturas experimentais foram balanceadas para conter 2.5% gordura láctea, 18.3% sacarose, 2.3% gema de ovo em pó e 0.3% estabilizante-emulsificante dentro dos 40.4% em sólidos totais. O sorvete padrão (**P**) foi formulado contendo 10.1% de leite desnatado em pó. A mistura A₃₀ foi preparada com 10% de mistura leite em pó desnatado mais SAP na proporção de 3:1. As duas outras misturas foram formuladas com substituição 10.1% de soro desmineralizado e concentrado protéico de soro 35%

(respectivamente sorvetes **D** e **T**). A contribuição centesimal devido ao aroma de baunilha foi desconsiderada para efeitos de balanço de massa. Para efeitos de cálculos também foi considerado o estabilizante-emulsificante isento de umidade (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Dosagem dos ingredientes utilizados nos sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

Ingrediente	Formulação			
	P	A₃₀	D	T
	massa _{base seca} (g) - Sólidos Totais(%)			
leite desnatado	12.63-10.09	8.30-6.44	0.00-0.00	0.00-0.00
SAP	0.00-0.00	5.00-3.65	0.00-0.00	0.00-0.00
SD	0.00-0.00	0.00-0.00	12.86-10.09	0.00-0.00
CPS ₃₅	0.00-0.00	0.00-0.00	0.00-0.00	13.49-10.49
sacarose	22.98-18.35	22.98 -18.35	22.98-18.35	22.98-18.35
creme de leite	4.65-3.71	4.65-3.71	4.65-3.71	4.65-3.71
gordura vegetal	7.00-5.59	7.00-5.59	7.00-5.59	7.00-5.59
gema de ovo	2.93-2.34	2.93-2.34	2.93-2.34	2.93-2.34
estabiliz.-emulsif.	0.40-0.32	0.40-0.32	0.40-0.32	0.40-0.32
água	65.00-0.00	64.18-0.00	64.34-0.00	64.51-0.00
TOTAL	125.20-40.40	125.20-40.40	125.20-40.40	125.20-40.40

3.2.5 Preparo das misturas e dos sorvetes

Os ingredientes secos, exceto o leite ou o SAP utilizado como substituintes do leite, foram adicionados a 10% de água e então homogeneizados. O leite (ou as diferentes combinações com SAP) foi acrescentado ao restante da água necessária à mistura e aquecido a $78 \pm 2^\circ\text{C}$ imediatamente antes de sua adição aos demais ingredientes previamente homogenizados. Seguiu-se a pasteurização, refrigeração imediata e adição do aroma de baunilha (0,2 mL/L) sob agitação a 200rpm. A mistura seguiu para maturação com posterior amostragem para testes de determinação de composição e viscosidade. O produto foi congelado em freezer a $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ por 8 horas e o volume das amostras foram medidos para determinação do *overrun* através da equação 3.1 [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996]. Cada sorvete, resfriado a uma temperatura aproximada de -5°C , foi aerado por batimento intermitente. O procedimento de

congelamento por mais 4 horas seguido de aeração durante 3 minutos foi repetido por duas vezes. Os produtos foram então transferidos para recipientes de 250mL (potes com 9.0cm de diâmetro superior e 7.5cm de diâmetro inferior, completos até a altura de 4.0cm) e 100mL (altura de enchimento padronizada para todas as misturas na marca do copo), seguindo imediato armazenamento a $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$ até avaliação ou amostragens para análises.

3.2.6 Caracterização das misturas

Composição centesimal

As amostras foram analisadas quanto a pH, acidez titulável, teor de proteína bruta, sólidos totais, cinza e gordura.

Sólidos Totais Foi utilizada estufa a $100\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 4 horas, segundo metodologia padrão [AOAC, 1996]. Foram realizadas triplicatas das amostras.

Gordura O teor de gordura foi determinado através do método padrão Monjonier [AOAC, 1996]. Foram realizadas análises em triplicatas.

Proteína O percentual de proteína foi determinado pelo Método de Kjeldahl [AOAC, 1996], em triplicatas das amostras.

Carboidratos A composição em carboidratos foi determinada por diferença.

Cinzas O teor de cinzas foi determinado pelo método gravimétrico utilizando mufla a 550°C conforme metodologia padrão segundo A.O.A.C. [AOAC, 1996]. A análise das cinzas foi realizada com triplicatas das amostras.

Viscosidade

A viscosidade aparente foi determinada, em seis repetições, das misturas maturadas a $4\pm 2^{\circ}\text{C}$, utilizando-se o Viscosímetro de Brookfield, Modelo LVT, spindle nº03 a 60rpm com tempo de leitura em 30 segundos [THARP, 1998].

pH e Acidez titulável

O pH e a acidez titulável foram determinadas para cada mistura sempre após período de maturação, feita durante 11 ± 1 hora, a $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

- A determinação do pH, realizada em triplicatas, foi feita utilizando-se eletrodo de combinação.
- A acidez titulável, em forma de ácido láctico, foi realizada em conformidade com a metodologia padrão segundo A.O.A.C. [AOAC, 1996] utilizando solução padrão aquoso de NaOH para titulação. Foram realizadas triplicatas das amostras.

Perfil eletroforético

Os perfis eletroforéticos foram obtidos através da metodologia SDS-PAGE [LAEMMLI, 1970], tanto das misturas prontas como das partes superiores e inferiores de seus centrifugados (Sorvall RC5C, rotor SM-24, a 15,000g por 60 minutos a 20°C). Este procedimento foi fundamentado no estudo, realizado por BOLLINGER *et al* (2000), de verificação das frações protéicas aderidas na gordura (sobrenadante). A avaliação dos perfis desconsiderou as frações protéicas relativas ao ovo.

Temperatura de congelamento da mistura

O teste foi efetuado em freezer (dimensões aproximadas 55x50x45cm) a $-20\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, colocando individualmente cada amostra no centro do aparelho. Amostras de 400mL de cada mistura foram armazenadas em béquers de 1 litro. O acompanhamento da temperatura foi efetuado com termômetro digital, com registro de máximo e mínimo da temperatura, acoplado no interior do freezer para acompanhamento de possíveis oscilações indesejáveis. Um termostato, posicionado no centro da amostra, foi utilizado para acompanhamento da temperatura de cada mistura ao longo do tempo. O tempo de congelamento foi acompanhado por cronômetro acionado no momento de introdução da amostra no freezer (temperatura inicial da amostra 3°C). As leituras das temperaturas das amostras ao longo do tempo foram feitas

até o primeiro indicativo de queda após definição de platô (após temperatura constante por período maior que meia hora). A temperatura de congelamento foi definida como a média das leituras feitas durante o período de temperatura constante (variação máxima de 0.1°C). O experimento foi repetido duas vezes para cada uma das amostras.

3.2.7 Avaliação física dos sorvetes

Overrun

Os volumes das amostras de misturas e dos produtos finais aerados foram medidos para determinação do *overrun* calculado segundo a equação:

$$\%_{\text{overrun}} = \frac{(V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}})}{V_{\text{inicial}}} * 100 \quad (3.1)$$

onde V_{final} é o volume do produto aerado e V_{vm} é o volume inicial da mistura não aerada.

O teste foi repetido quatro vezes para cada amostra.

Firmeza

Para o teste de firmeza foram utilizadas as amostras preparadas nos potes circulares com capacidade 250mL. Foram feitas leituras após 15 dias e 70 dias do processamento dos sorvetes, verificando a alteração da firmeza em relação ao tempo de estocagem. Cada amostra foi retirada da armazenagem ($-20\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) e imediatamente levada para leitura da firmeza em ambiente a $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Foram realizadas quatro leituras de cada produto dentro de cada um dos tempos de estocagem.

A firmeza foi medida como o pico da força (g) necessária ao cisalhamento da amostra, dentro do período máximo de 60 segundos para cada amostra, com uso do texturômetro TA-XT2 [GUINARD, 1998; TA-XT2, 2000; AIME *et al*, 2001]. Os parâmetros estabelecidos no aparelho foram:

- Acessório: "Blade set"(HDP/BS);
- Modo: força medida em compressão;

- Opção: retornar ao início;
- Velocidade pré-teste: 2.0 mm/s;
- Velocidade de teste: 3.0 mm/s;
- Velocidade pós-teste: 10 mm/s;
- Distância: 30.0mm.

Resistência ao derretimento

Para o teste de resistência ao derretimento foram utilizadas as amostras preparadas nos potes de capacidade 100mL (cheios até altura de aproximadamente 4.5cm). Cada bloco de sorvete (massa variando de 66-86g) foi colocado sobre peneira metálica (abertura 100mm x 100mm), suportada por funil de vidro então apoiados sobre proveta de vidro (100mL). Os materiais utilizados estão mostrados na Figura 3.1.

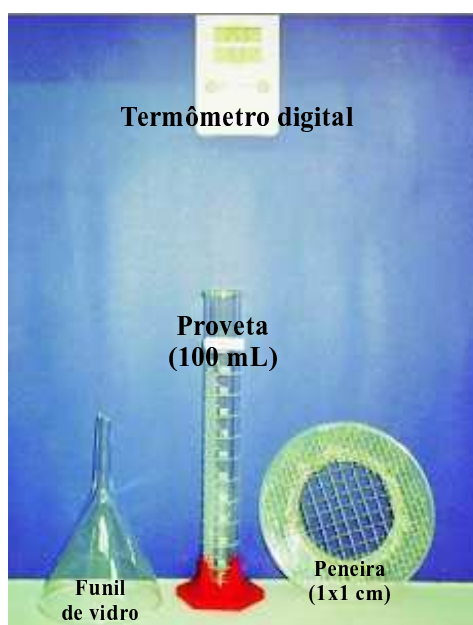


Figura 3.1: Materiais utilizados no teste de resistência ao derretimento.

O teste ocorreu paralelamente, com as quatro diferentes amostras, utilizando conjunto de quatro suportes colocados em cabine com temperatura controlada em $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. A massa de

sorvete derretida foi medida ao longo de 60 minutos. O teste foi repetido três vezes sendo que a cada repetição utilizou-se uma posição espacial diferente para as amostras dentro da cabine (PADT, DTPA e ATDP). Gráficos representando o percentual em massa derretida como função do tempo foram traçados, utilizando aplicativo gráfico, com verificação da equação de melhor ajuste às curvas. A primeira gota foi considerada como massa de 0.18g, por massa média de gotas das diferentes amostras, registrando-se seu tempo de queda inicial (t_0). A medida da massa durante a queda da primeira gota de uma amostra poderia implicar na perda da queda da primeira gota de outra amostra, impossibilitando a realização do teste de todas as amostras em paralelo.

A partir da equação das curvas e utilizando aplicativo matemático obteve-se os tempos de descongelamento de 10% da massa dos sorvetes, seguindo-se então cálculos dos fatores tempo relativo de queda da primeira gota (TPG) e da retenção relativa de massa (RRM) [GELIN *et al*, 1996], definidos por:

$$TPG = t_0/M \quad (3.2)$$

onde t_0 é o tempo médio de queda da primeira gota; M é a massa da amostra.

$$RRM = (t_{10} - t_0)/M \quad (3.3)$$

onde t_{10} é o tempo de descongelamento de 10% em massa; t_0 é o tempo médio de queda da primeira gota; M é a massa da amostra.

3.2.8 Avaliação ultra-estrutural dos produtos

O processamento de amostras foi realizado conforme GOOF *et al*, 1999, com adaptações que propusemos e apresentamos no Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos [SILVA, 2003].

Após 72 horas de congelamento as amostras seguiram para análise por microscopia eletrônica de transmissão [GOFF *et al*, 1999]: as amostras foram congeladas com nitrogênio

líquido (-196°C). O congelamento rápido previne a formação de cristais de gelo e distorções da microestrutura inicial das amostras em estudo [KALAB, 1985]. As amostras ultra-congeladas foram fraturadas em fragmentos $<1.0\text{mm}^3$ então transferidos para recipientes contendo mistura fixadora (2.15%*m/v* acetato de uranila, 3.23%*v/v* glutaraldeído⁴ e 1.0%*m/v* tetróxido de ósmio⁵ em metanol absoluto) previamente congelada; os recipientes contendo a mistura fixadora e amostra foram então colocados em ultra-freezer a -80°C durante 4 dias e transferidos para o aparelho modelo FSU 010, marca BALZERS[®], para cryo-substituição gradual de temperatura. As amostras permaneceram a -40°C durante 1 dia; seguiu aumento gradual para -20°C, permanecendo nesta temperatura durante dois dias; após troca da mistura fixadora por metanol 100% as amostras foram lavadas com etanol absoluto por 3 vezes. Na etapa final as amostras foram encapsuladas por infiltração com resina de aplicação a baixa temperatura Lowicryl HM20[®] - Polysciences, Inc.[®], segundo metodologia do fabricante. As amostras fixadas e resinadas foram observadas e fotografadas. O procedimento foi repetido quatro vezes selecionando-se as melhores imagens.

3.2.9 Avaliação sensorial dos produtos

Foram aplicados dois diferentes testes sensoriais:

1. Testes de Ordenação-preferência

- (a) Objetivo: Avaliar o grau com que os consumidores gostam de sorvete com substituição do leite em pó desnatado por diferentes produtos de soro de leite.
- (b) Princípio do teste: Cada provador recebeu quatro amostras codificadas com algarismos aleatórios de três dígitos, em suporte térmico para conservação da temperatura da amostra. Foi solicitado que as amostras fossem provadas da esquerda para a direita e classificadas por ordem crescente de preferência na ficha fornecida.

⁴O glutaraldeído é usado para fixar as proteínas [KALAB, 1985].

⁵O tetróxido de ósmio é usado como um agente chamado "pós-fixativo" para fixação dos lipídios [KALAB, 1985].

(c) Ficha utilizada: Conforme mostrado na Figura 3.2

Teste de Ordenação-Preferência	
Nome: _____	Data: ____/____/____
Por favor, avalie da esquerda para direita cada uma das amostras codificadas de sorvete e coloque-as em ordem crescente de preferência .	
_____ - gostei	_____ +gostei
Comentários: _____	

Figura 3.2: Ficha para Teste de Ordenação-preferência para sorvetes com diferentes produtos protéicos.

(d) Equipe de provadores: 25 indivíduos, familiarizados com o procedimento e representativos do mercado alvo.

2. Teste de Ordenação-doçura

(a) Objetivo: Determinar se existe diferença significativa quanto o gosto doce de amostras de sorvete preparadas com diferentes produtos protéicos.

(b) Princípio do teste: Cada provador recebeu quatro amostras codificadas com algarismos aleatórios de três dígitos, em suporte térmico para conservação da temperatura da amostra. Foi solicitado que as amostras fossem provadas da esquerda para a direita e classificadas por ordem crescente de doçura, anotando a ordem estabelecida na ficha fornecida.

(c) Ficha utilizada: Conforme mostrado na Figura 2.3.

(d) Equipe de provadores: 15 indivíduos, familiarizados com o procedimento e representativos do mercado alvo.

Descrição dos testes

- Condições de aplicação dos testes:

- Local: Os testes foram aplicados no Laboratório de Sensorial do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. As cabines, individuais, equipadas com cadeiras e mesas devidamente projetadas, foram climatizadas a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Amostras: Foram preparadas 4 amostras de sorvetes diferentes em suas formulações quanto aos fornecedores de sólidos do leite desnatado:
 - * P - 10.1% de leite em pó desnatado;
 - * A₃₀ - 10.1% de mistura feita com 30% de produto de soro ácido em pó (SAP) mais 70% de leite desnatado);
 - * D - 10.1% de soro desmineralizado (SD);
 - * T - 10.1% de CPS 35%;
- Procedimento: Todas as amostras foram oferecidas simultaneamente aos provadores e a ordem de apresentação foi ao acaso.
 - os provadores não eram informados sobre as formulações ou objetivos da pesquisa;
 - o provador poderia repetir o teste, neste caso, receberia uma nova série de amostras codificadas diferentemente.
 - os provadores foram orientados e bastante incentivados a escreverem suas opiniões a respeito de cada um dos produtos, principalmente em caso de preferência ou rejeição de alguma amostra.
- Apresentação das amostras: Conforme mostrado na Figura 2.2 da seção 2.2.4.
- Análise dos Resultados: Os resultados foram analisados usando a Tabela de NEWELL E MAC FARLANE (1987).

3.2.10 Análises estatísticas

Os dados de dos testes físico-químicos das misturas e dos sorvetes prontos foram analisados utilizando procedimentos lineares gerais (SAS, 1990) tendo sido a significância determinada por Teste de Tukey com diferença estatisticamente significativa a $p < 0.05$.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Caracterização dos ingredientes e das misturas

A composição dos ingredientes utilizados está apresentada na Tabela 3.2, onde as composições determinadas para os produtos lácteos foram condizentes com os valores encontrados na literatura [JELEN, 1979; EVANS, 1982; KINSELLA, 1984; HUFFMAN, 1996; MARSHALL e ARBUCKLE, 1996; JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999].

Tabela 3.2: Composição aproximada dos ingredientes utilizados nos sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

Ingrediente*	Sólidos Totais (%)	Gordura (%)	Proteína bruta (%N x 6.25)	Lactose (%)	Cinzas (%)
açúcar [♣]	99.91	-	-	-	-
creme de leite	33.67±0.03	22.26±0.48	2.21±0.06	8.65	0.55±0.01
gordura vegetal [♡]	99.97	99.97	-	-	-
gema de ovo em pó [◇]	97.71	61.14	31.97	-	3.4
leite em pó desnatado	97.15±0.01	0.63±0.63	34.98±0.32	53.52±0.46	8.02±0.04
SAP	91.36±0.17	1.58±0.08	8.31±0.06	67.08±0.44	14.39±0.01
SD	98.21±0.09	1.20±0.02	11.60±0.05	79.93±0.30	5.48±0.02
CPS ₃₅	93.61±0.10	3.84±0.18	34.94±0.18	48.28±0.32	6.55±0.02

*Exceto estabilizante-emulsificante e aroma de baunilha. ◇ Média dos valores apresentados por Franco [FRANCO, 1987]

♣ Considerou-se 100% dos sólidos totais em forma de carboidrato. ♡ Considerou-se 100% dos sólidos totais em forma de gordura.

A composição centesimal aproximada, o pH médio, acidez titulável, viscosidade e temperatura de congelamento das diferentes categorias de misturas estão apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Caracterização das misturas de sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

	Formulação			
	P	A₃₀	D	T
gordura (%)	10.55±0.67	10.86±0.88	10.80±0.14	11.00±0.20
proteína bruta (%N x 6.25)	4.78±0.50	4.02±0.02	2.51±0.01	4.67±0.07
cinzas (%)	0.99±0.02	1.26±0.02	0.73±0.02	0.76±0.02
sólidos totais (%)	41.18±1.49	41.86±0.83	41.40±0.95	41.64±1.53
carboidrato* (%)	24.86	25.72	27.30	25.39
pH	6.62±0.07	6.34±0.07	6.68±0.13	6.48±0.11
acidez titulável(%)	0.18±0.00	0.21±0.00	0.15±0.00	0.19±0.00
viscosidade (mPas)	597±60	1799±211	433±6	713±74
temperatura de congelamento (°C)	-4.1±0.0	-4.7±0.1	-4.4±0.1	-4.5±0.0

* Valor obtido por diferença

Para melhor comparação entre as diferentes misturas, os resultados foram verificados estatisticamente e as ordenações obtidas por teste de Tukey para cada um dos atributos avaliados (Tabela 3.4).

Observou-se ainda que os valores de pH medidos das misturas variaram de 6.34 (mistura **A₃₀**) a 6.68 (mistura **D**) com diferenças ($p < 0.05$) entre todos os tratamentos. Como esperado, a acidez titulável medida apresentou comportamento inverso ao pH variando de 0.21%, para a mistura **A₃₀**, a 0.15%, mistura **D**), também apresentando diferença significativa entre todas as misturas. A mistura **T** demonstrou acidez maior (pH menor) que a mistura **P**.

Percebe-se que a adição de SAP provocou aumento na viscosidade das misturas: de 597 mPas, na mistura padrão, para 1799 mPas, para mistura **A₃₀**. O aumento da viscosidade pode ser explicado pelo aquecimento que provoca o desenrolar gradual das proteínas com conseqüente aumento de volume hidrodinâmico efetivo que levará a resistência ao escoamento [KINSELLA, 1984]. O aumento notavelmente maior da viscosidade da formulação **A₃₀** era esperado uma vez que o tratamento térmico da mistura de sorvete, acima de 60°C e em pH baixo, desnatura as proteínas do soro de leite e grande parte destas se associa com as micelas de caseína [EVANS, 1982; WALSTRA e JONKMAN, 1998] ou moléculas adjacentes, por interações hidrofóbicas ou pontes dissulfídicas, formando redes que contribuem

Tabela 3.4: Ordenação das características das misturas de sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

	Ordenação por Teste de Tukey [◇]
gordura (%)	$T^a > A_{30}^{a,b} > D^{a,b} > P^b$
proteína (%)	$P^a > T^{a,b} > A_{30}^b > D^c$
cinza (%)	$A_{30}^a > P^b > T^c > D^d$
sólidos totais (%)	$A_{30}^a > T^a > D^a > P^a$
carboidrato* (%)	$D^a > A_{30}^b > T^c > P^d$
pH	$D^a > P^b > T^c > A_{30}^d$
acidez titulável(%)	$A_{30}^a > T^b > P^c > D^d$
viscosidade (mPas)	$A_{30}^a > T^b > P^{b,c} > D^c$
temperatura de congelamento	$P^a > D^b > T^c > A_{30}^d$

* Valor obtido por diferença.

[◇] Letras iguais identificam que as amostras não diferiram significativamente, a $p \leq 0.05$, dentro da mesma característica.

para a desejada alta viscosidade [EVANS, 1982; KINSELLA, 1984]. Ainda, o aumento na quantidade de proteínas do soro de leite na interface óleo-água reduz a tensão superficial e aumenta ligeiramente a viscosidade da mistura [GOFF *et al*, 1989].

Entretanto, para as misturas **D** e **T**, que apresentam proteínas de soro, não foi verificado o mesmo incremento na viscosidade comparativamente a mistura **A₃₀**, nas condições de processo estabelecidas⁶. Tal fato pode ser justificado devido a dependência das frações protéicas (α -s2, β e κ -caseínas) em função do método de preparação, da composição do produto, da extensão da remoção de cálcio, do grau em que a micela permanece intacta durante o isolamento, da extensão do tratamento térmico, do método de secagem e também das possibilidades e concentrações de ligantes em potencial [HAYES *et al*, 1968]. A desnaturação da α -lactalbumina e da β -lactoglobulina pode ser ainda reduzida pela presença de lactose e de outros açúcares [EVANS, 1982], podendo justificar a baixa viscosidade da mistura **D**.

Quanto ao congelamento das misturas observamos que a substituição dos sólidos do leite desnatado pelos produtos de soro de leite acarretou em uma diminuição das temperaturas de congelamento, em todos os casos significativas estatisticamente a nível de significância de

⁶Nos testes preliminares, a mistura **T**, apresentou aumento de viscosidade similar a mistura **A₃₀** quando submetidas a pasteurização a 80°C por 15 minutos.

5%. De acordo com MARSHALL e ARBUCKLE, 1996, o ponto de congelamento diminui com lactose e sais, o que explica a menor temperatura da mistura contendo SAP (alto teor em cinzas) e a baixa temperatura da mistura **D**, que apresenta o mais alto teor em lactose. Observa-se que a mistura **T** apresentou ponto de congelamento ainda menor que o da mistura **D** (conseqüentemente menor que o da mistura **P**) sendo apenas superior ao da mistura **A₃₀** embora tenha quantidades menores de cinzas que a mistura **P** e menos carboidratos que a mistura **D**. A resposta pode estar associada com o conteúdo em sólidos totais que embora não tenha sido estatisticamente diferente entre as misturas apresentou a ordem inversa do ponto de congelamento concordando com o fato de que estando moléculas como gorduras e proteínas em altas concentrações, há menos água onde o soluto possa dissolver, logo o ponto de congelamento irá cair [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996].

Os resultados da eletroforese SDS-PAGE na Figura 3.3-I caracterizam as diferentes frações protéicas, conforme esperado, das misturas de sorvete testadas. As misturas **D** e **T** apresentaram bandas de maior intensidade, associadas à presença da α -lactalbumina (alfa-la) e da β -lactoglobulina (beta-lc), quando comparadas as misturas **P** e **A₃₀**. Conforme esperado, as frações de α -caseína (alfa-ca) e β -caseína (beta-ca) aparecem tanto no perfil eletroforético da mistura **P** quanto da **A₃₀**. A presença da albumina de soro bovino (BSA) é observada em todos os produtos com destaque de aparecimento na mistura **D**. Embora as misturas **T** e **D** tenham sido formuladas com substituição de 100% do leite em pó, continham creme de leite, podendo ser assim justificado o aparecimento das frações fracamente observadas de α e β -caseína. A β -lactoglobulina apresenta maior grau de desnaturação térmica em 80°C, pH 6.5 [HAMBLING *et al*, 1997], sendo ainda que neste pH ocorre grande interação entre a β -lactoglobulina e a κ -caseína [SAWYER, 1969], o que explicaria a maior viscosidade encontrada para a mistura **A₃₀**. Entretanto a lactose estabiliza a β -lactoglobulina impedindo a desnaturação térmica [HAMBLING *et al*, 1997], podendo justificar a menor viscosidade da mistura **D**.

Através da centrifugação, obteve-se a separação da gordura (centrifugado superior) e pode-se verificar as frações protéicas nesta aderidas. Observando a eletroforese dos centrifu-

gados superiores das misturas de sorvete (3.3-III) percebe-se que a ligação das proteínas nas moléculas de gordura ocorreram sendo observadas ligação da β -lactoglobulina para todas as misturas, α -lactalbumina apenas para a mistura **T**. Ainda observamos α -caseína aderida nas moléculas de gordura de todas as misturas (pouco visível para as misturas **D** e **T** devido a baixa concentração). Resultados semelhantes foram encontrados por KALAB, 1985.

Quanto a eletroforese do centrifugado inferior das misturas de sorvete (Figura 3.3-II), para as misturas **D** e **T** nota-se a presença de uma fração protéica na zona de peso molecular entre 20000 e 32000 daltons, quando comparadas com o padrão. A β -lactoglobulina é conhecida por interagir com a α -lactalbumina e com as caseínas [HAMBLING *et al*, 1997], podendo ser portanto uma interação da β -lc com a α -la tal fração protéica observada.

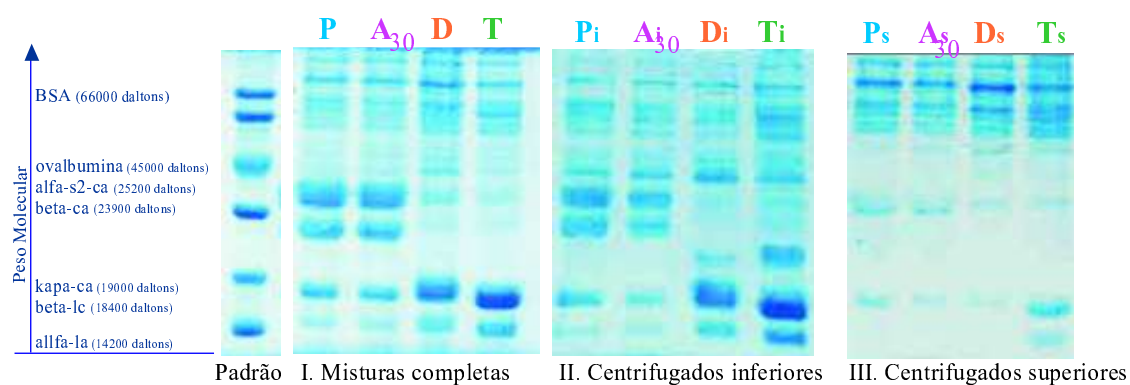


Figura 3.3: Perfil eletroforético das misturas de sorvete com diferentes produtos protéicos lácteos.

3.3.2 Avaliação física dos produtos

Overrun e firmeza

Os valores de *overrun* e firmeza encontram-se listados na Tabela 3.5. Observamos que o melhor *overrun* conseguido, dentro do procedimento proposto, foi de 50% para amostras com 100% leite (**P**) e para misturas com SAP (**A₃₀**), que diferiram significativamente ($p < 0.05$) das duas outras amostras. O produto com substituição do leite em pó por CPS 35% (**T**) atingiu a menor aeração (*overrun* = 43%) entre as amostras avaliadas, tendo sido superada pela capacidade de aeração maior medida para a amostra formulada com soro desmineralizado (*overrun* = 45%).

Tabela 3.5: *Overrun* e firmeza de sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

	Formulação*			
	P	A₃₀	D	T
<i>overrun</i> (%)	50±0 ^a	50±2 ^{a,b}	45±2 ^b	43±2 ^c
firmeza _{15dias} (g)	4699±6079 ^c	7378±624 ^c	10684±5284 ^b	15939±1882 ^a
firmeza _{70dias} (g)	15318±4158 ^{a,b}	10214±2643 ^b	13236±2884 ^b	23010±4042 ^a
aumento de firmeza (%)	226	38	24	44

* Letras iguais identificam que as amostras não diferiram significativamente a $p \leq 0.05$, para os mesmos atributos e no mesmo período.

A variação da firmeza com o tempo pode ser visualizada na Figura 3.4.

A firmeza, medida na forma de pico da força necessária para cisalhar a amostra, indica a rigidez estrutural do produto: quanto mais firme a amostra maior a força necessária para cisalhá-la. A desejável leveza do sorvete pode ser relacionada com sua firmeza: o produto mais leve, portanto o de menor densidade⁷, apresentará menor firmeza, ou seja, menor força necessária para seu cisalhamento. Em concordância com o fato de que firmeza do sorvete está relacionada com sua estrutura [AIME *et al*, 2001], os produtos mais aerados (**P** e **A₃₀**) tiveram valores medidos em firmeza, com 15 dias de congelamento, estatisticamente iguais entre si e inferiores aos produtos **D** e **T**. Verifica-se ainda que, após o período de 70 dias

⁷Densidade é a relação da massa pelo volume.

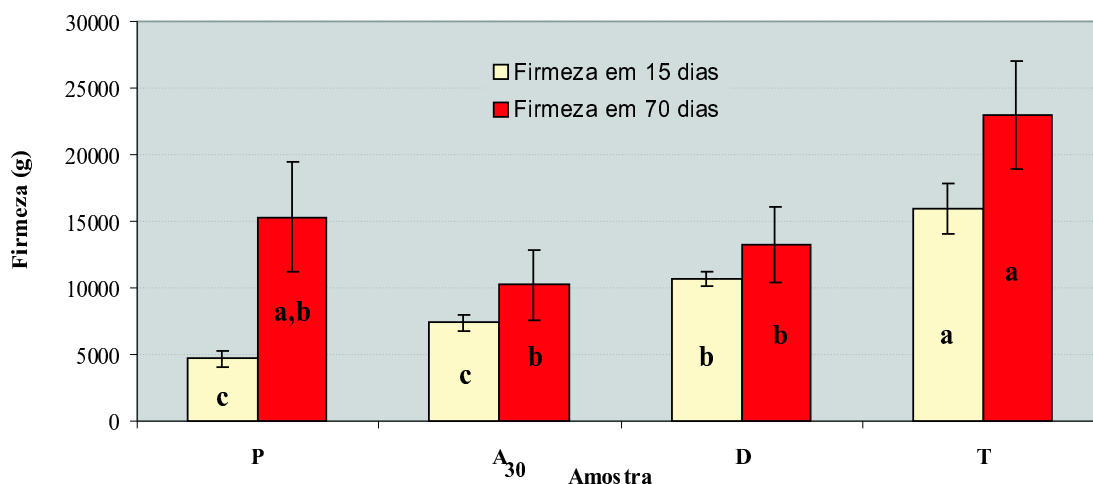


Figura 3.4: Variação da firmeza com o tempo de estocagem.

de congelamento, a firmeza de todos os produtos aumentou consideravelmente: o sorvete **T** permaneceu na posição de mais firme tendo apresentado valor de firmeza estatisticamente igual a do sorvete **P**. A redução da leveza do sorvete **P** foi a mais expressiva, tendo atingido um aumento de firmeza de 226% que o fez cair de menos firme (após 15 dias) para o segundo mais firme (após os 70 dias) demonstrando a instabilidade estrutural de tal produto quando em condições de armazenamento. A melhor estabilidade verificada foi para o sorvete **D** (24%), sendo seguida pela estabilidade dos sorvetes **A₃₀** e **T** nesta ordem. Conforme já colocado, o aumento na quantidade de proteínas do soro de leite na interface óleo-água reduz a tensão superficial e aumenta ligeiramente a viscosidade da mistura produzindo um sorvete mais resistente à coalescência parcial no congelamento [GOFF *et al*, 1989].

Ressaltamos a importância de um sorvete pouco firme, uma vez que a firmeza em conjunto com propriedades lubrificantes, geralmente provocadas pela gordura, acarretarão na desejada maciez sensorial. Também é de interesse a estabilidade do produto quanto a coalescência parcial nas condições e período de armazenamento. Neste sentido, o produto **A₃₀** mostrou-se o melhor, dentre as formulações testadas, uma vez que apresentou alta densidade e estabilidade estrutural até 70 dias de congelamento.

Resistência ao derretimento e retenção de forma

O teste de resistência ao derretimento foi registrado e comparado através de fotografias (Figura 3.5). A similaridade da retenção de forma pode ser verificada durante os 30 primeiros minutos do procedimento. Após este período ocorre interferência de outros fenômenos físicos além da troca térmica da amostra com o ambiente: a passagem da amostra através da malha da peneira passa a ser influenciada pela gravidade e, de acordo com a densidade e viscosidade de cada amostra, ocorre a passagem de massa sem completa liquefação. A diferença de capacidade de aeração e viscosidade dos diferentes sorvetes acarretou em densidades diferentes. A densidade é inversamente proporcional a aeração e, dentro do mesmo valor de *overrun*, a densidade foi diretamente proporcional a viscosidade em conformidade com o esperado. Após a primeira meia hora, portanto, o tempo de queda de massas parcialmente descongeladas das amostras através das malhas das peneiras, foi diretamente proporcional a densidade, isto é, os produtos mais aerados (amostras **P** e **A₃₀**) ficaram mais sujeitos a interferência da força de gravidade quanto ao desprendimento de blocos da massa parcialmente descongelados através das malhas da peneira. Ainda, dentre os produtos de *overrun* similares (amostras **P** e **A₃₀**), temos que o produto menos viscoso, amostra **P**, escorreu mais rapidamente através da abertura, conforme esperado.

Os dados de percentual em massa descongelada em função do tempo de leitura geraram as curvas de derretimento (Figura 3.6) que apresentaram bom ajuste em equações do 3º grau ($0.9885 \leq R^2 \leq 0.9958$).

As massas das amostras assim como as superfícies de trocas térmicas são decisivas para o tempo total de descongelamento. Tendo sido fixado o volume das amostras, foi necessária eliminação dos efeitos de maior tempo de derretimento devido a maior massa, assim, a equalização dos dados foi feita através do cálculo da retenção relativa de massa (RRM segundo equação 3.3). Os dados utilizados para os cálculos da RRM e do tempo relativo de queda da primeira gota (TPG segundo equação 3.2) encontram-se na Tabela 3.6.

A ordem de TPG foi condizente com a ordem de massa da amostra, ou seja, a menor massa implicou no menor tempo para iniciar descongelamento, condizendo com o esperado

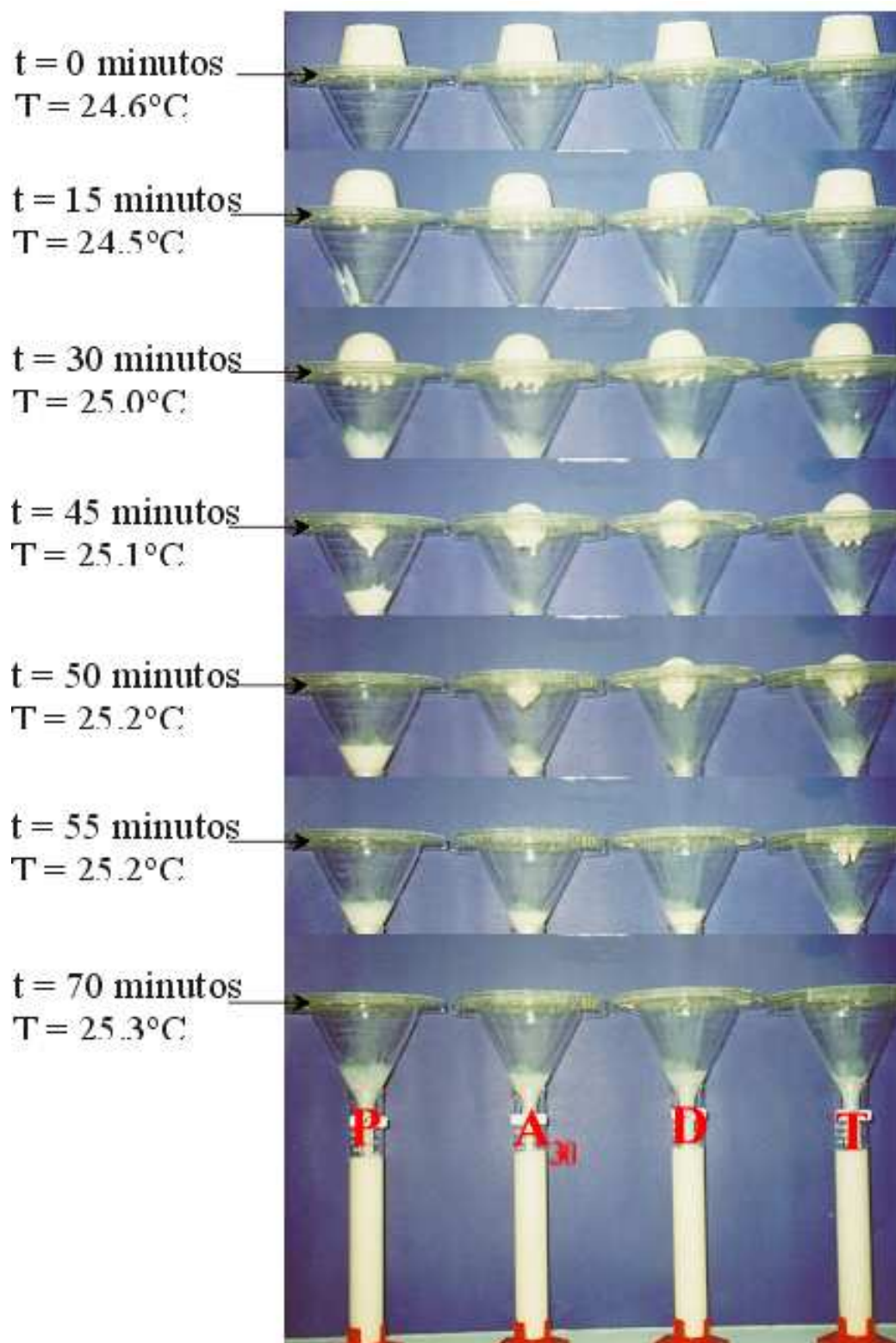


Figura 3.5: Teste de derretimento: visualização da retenção de forma.

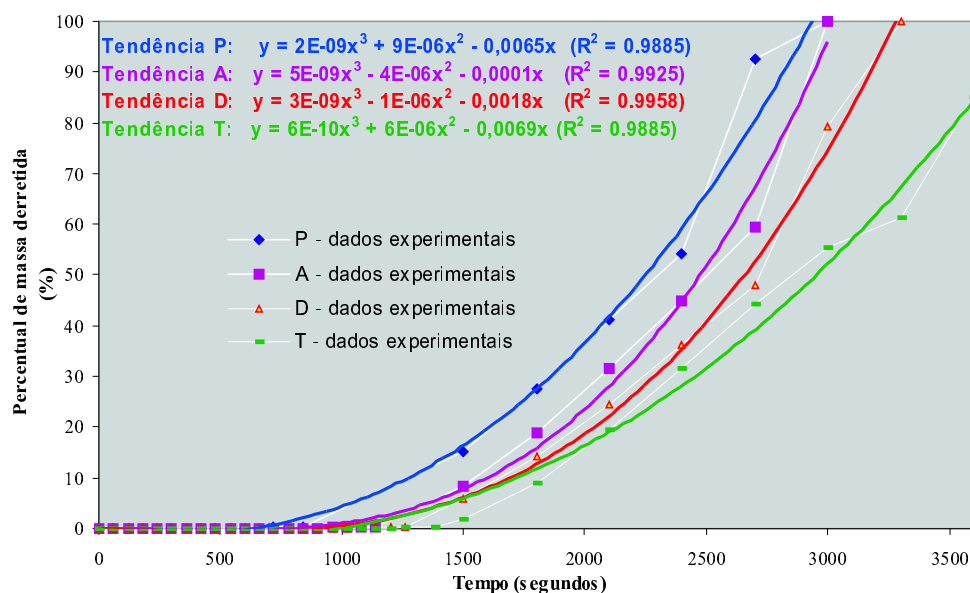


Figura 3.6: Curvas de derretimento dos sorvetes com diferentes produtos protéicos lácteos.

sendo a troca térmica proporcional a compactação do corpo. As amostras **T** e **P** apresentaram a maior e menor TPG, respectivamente, sem diferença estatística entre si ($p < 0.05$). Para as amostras (**A**₃₀ e **D**) os valores de TPG, decrescentes nesta ordem, não diferiram entre si e separadamente não foram diferentes do maior e do menor valor (em significância 5%). Tem-se (Figura 3.7) a retenção relativa de massa (RRM) da amostra contendo SAP foi a melhor, seguida pelas amostras **D** (pouco inferior a **A**₃₀) e **P** nesta ordem. A pior retenção relativa apresentada pela amostra **T**. Os cálculos de RRM foram feitos com as médias dos valores e dados do gráfico não conferindo grau de liberdade mínimo para análise estatística. Teve-se portanto boas retenções relativas de massa (RRM) para as amostras (**A**₃₀, **D** e, embora em menor grau também para **P**, comparativamente a amostra **T**. A boa RRM deve-se a formação estruturais dos produtos (Figuras 3.8 e 3.9) conseqüente do arranjo e propriedades funcionais desenvolvidos pelos diversos componentes dentro da mistura e nas condições de processamento.

Tabela 3.6: Resultados para $TPG^{\diamond}$ e RRM^{∞} dos sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

	massa _{media} (g) [♠]	t ₀ (s) ^{♠♠}	TPG (s/g) [♠]	t _{10%} (s) [♡]	RRM (s/g)
P	69.65	800 ^c	11.47 ^c	1256	6.55
A₃₀	76.06	1040 ^{b,c}	13.71 ^{b,c}	1597	7.64
D	78.34	1180 ^{a,b}	15.06 ^{a,b}	1756	7.35
T	85.07	1380 ^a	16.22 ^a	1761	4.48

[◇]TPG = Tempo relativo de queda da primeira gota. [∞]RRM = Retenção relativa de massa.

[♠]t₀ = tempo médio de queda da primeira gota. [♡]t_{10%} = tempo de descongelamento de 10% da massa.

[♠]Letras iguais identificam que as amostras não diferiram significativamente, a $p \leq 0.05$, dentro do mesmo atributo.

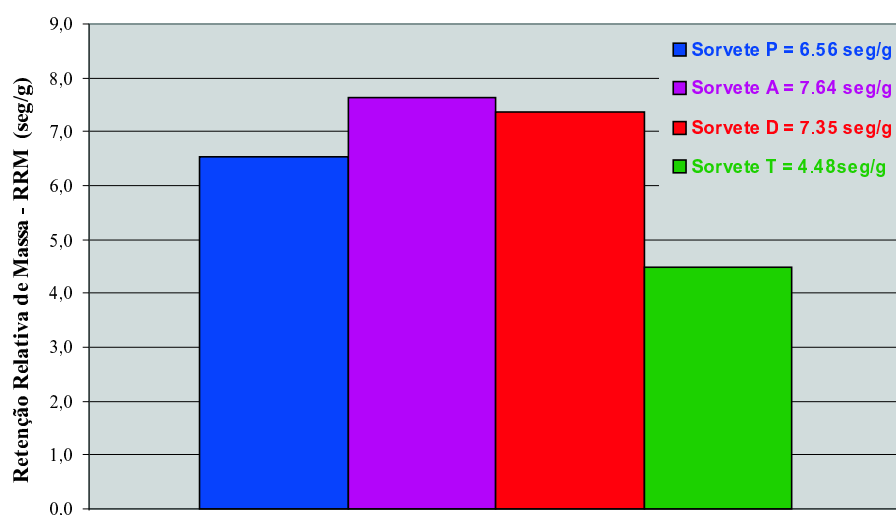


Figura 3.7: Retenção relativa a 10% de massa descongelada.

3.3.3 Avaliação ultra-estrutural dos produtos

A ultra-estrutura dos sorvetes das quatro formulações foram avaliadas através da microscopia eletrônica (Figura 3.8): a emulsão aerada apresenta-se como bolhas de ar, estruturas elétricas (claras) essencialmente esféricas ou com leves distorções e de limites pouco definidos descritas na Figura como "ar", e cristais (gelo e/ou lactose), apresentados como estruturas elétricas e retas alongadas identificadas na Figura como "cristal", dispersos em uma fase de partículas menores denominada "matriz", em conformidade com a descrição fornecida por GOFF, 1997a.

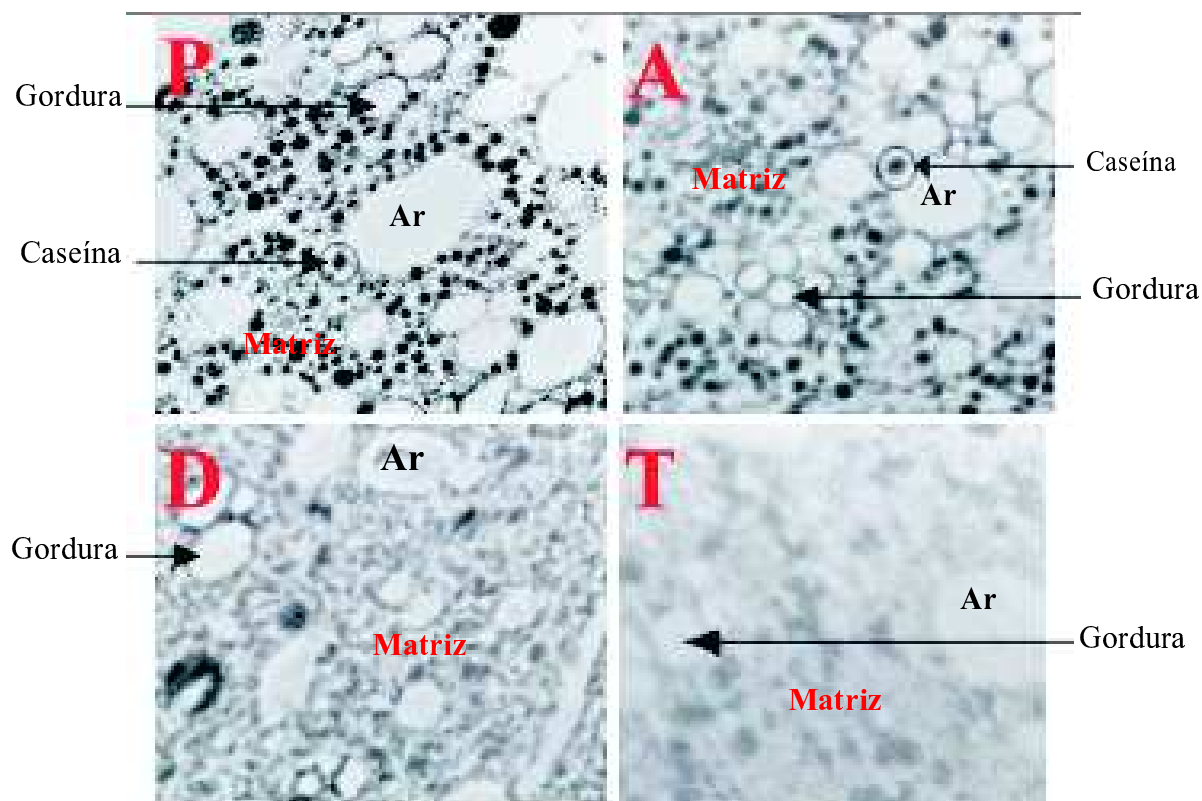


Figura 3.8: Microscopia eletrônica de transmissão (ampliação 9700x) **P**= Sorvete Padrão; **A**= Sorvete com SAP; **D**= Sorvete com soro desmineralizado; **T**= Sorvete com CPS As ondulações devem-se problemas durante cortes ultrafinos da amostra (devido a diferenças de dureza da amostra resinada).

Constata-se, através das imagens, que a matriz consiste de micelas de caseína, estruturas pequenas, elétron densas (escuras) esféricas identificadas na Figura como "caseína", não adsorvidas em suspensão em uma solução composta de açúcares, proteínas do soro não adsorvidas, sais e polissacarídeos de maiores massas moleculares. Nota-se também que a adsorção de estruturas elétron densas (proteínas) ao redor das gotículas de gordura: a adsorção da proteína sob a gotícula de gordura é dependente do tipo de proteína presente durante a formação da emulsão. Sabe-se que a β -lactoglobulina apresenta característica emulsificante, então sua adsorção é altamente irreversível, tornando a emulsão mais estável [DICKINSON *et al*, 1988]. Visualiza-se, nas quatro diferentes amostras de sorvetes, gotículas de gordura com diâmetros maiores ao citado na literatura

[WALSTRA e JONKMAN, 1998] e pouco aderidos as bolhas de ar, o que se justifica pelo procedimento de homogenização aplicado que não conferiu o nível de diminuição dos glóbulos desejados para melhor homogeneidade e estabilidade dos produtos. A homogenização a altas pressões, preferencialmente em dois estágios, diminuiria o tamanho dos glóbulos de gordura e, conseqüentemente, melhoraria a interação dos mesmos com as bolhas de ar [BERGER, 1997; RUGER *et al*, 2002] acarretando no arranjo das moléculas de gordura ao redor das bolhas de ar, que são esperadas para estabilização dos sorvetes [KOKUBO *et al*, 1998; CALDWELL *et al*, 1992a; GOFF, 2001]. As amostras dos sorvetes **P** e **A₃₀** foram ultra-estruturalmente similares, entre si, quanto à composição e arranjo das caseína (imagens de contornos bastante definidos, em formatos esféricos). Ainda comparando as imagens ultra-estruturais das amostras **P** e **A₃₀**, observamos que a primeira apresenta formas mais alongadas que a segunda (mais esféricas), o que pode justificar a menor estabilidade da firmeza (aumento de valor com tempo de estocagem) verificado para este produto. Os produtos **D** e **T** apresentam-se compostos por ultra-estruturas menos esféricas e de contornos bem menos definidos quando comparados as amostras dos sorvetes **P** e **A₃₀**. Em todas as formulações, observa-se uma rede de aglomerados de gotículas de gordura (formas eletrônicas lúcidas, essencialmente esféricas e de limites bem definidos), parcialmente distribuída na periferia das bolhas de ar, resultantes de coalescência parcial ocorrida durante o processo concomitante de aeração e congelamento; de modo semelhante aquele descrito por KALAB, 1985 e GOFF e JORDAN, 1989. Ao redor das gotículas de gordura podemos observar agentes surfactantes que incluem caseínas, micelas de caseínas não desnaturadas, ou proteínas desnaturadas do soro, moléculas de lipoproteínas, componentes das gotículas de gordura láctea e emulsificantes, de acordo com aspectos descritos na literatura [BERGER, 1997].

A exploração de imagens de maiores aumentos (Figura 3.9) permitiu constatar que as misturas **P** e **A₃₀** possuem bolhas de ar de contornos bem definidos quando comparados as misturas **D** e **T**, assim como apresentam mais micelas de proteínas, verificadas como formas esféricas eletrônicas densas, ao redor destas bolhas. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por KINSELLA *et al*, 1988, que descreveram que uma proteína ideal

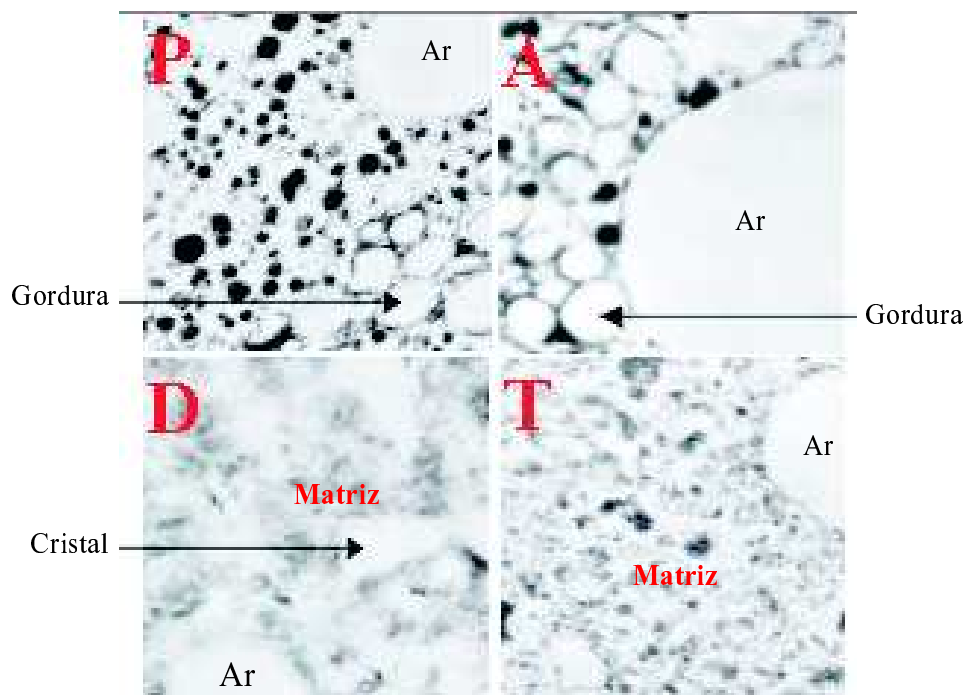


Figura 3.9: Microscopia eletrônica de transmissão (ampliação 16200x) **P**= Sorvete Padrão; **A**= Sorvete com SAP; **D**= Sorvete com soro desmineralizado; **T**= Sorvete com CPS.

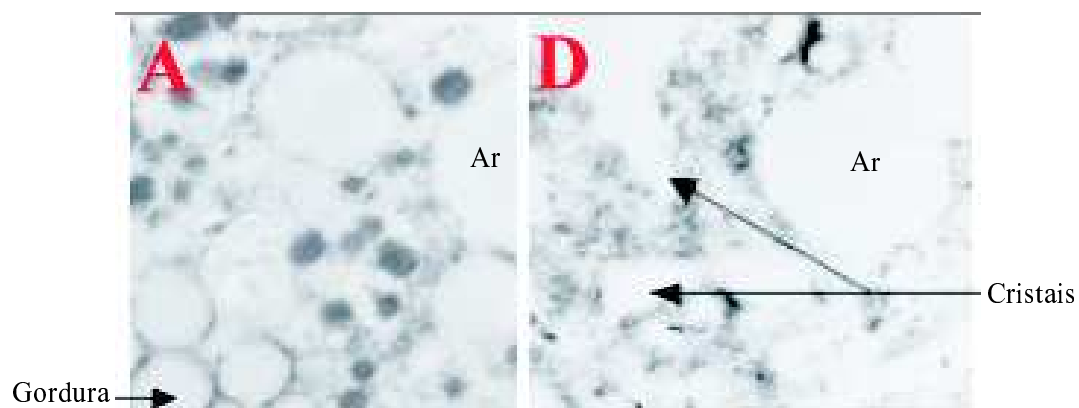


Figura 3.10: Microscopia eletrônica de transmissão (ampliação 23000x) **A**= Sorvete com SAP; **D**= Sorvete com soro desmineralizado.

em formação de espuma caracteriza-se pela capacidade para adesões ao redor de bolhas de ar que estabiliza tais estruturas, e ainda evidenciando que a lamela é formada por proteínas, especialmente representadas pelas caseínas ou interações das caseínas com proteínas do soro. Podemos observar na amostra **D** (Figura 3.9) a presença de um maior número de cristais (gelo e/ou lactose), que prejudicaram significativamente a textura do produto, conforme registrado pelos provadores durante teste sensorial (Tabela 3.8) e exposto na literatura [KALAB, 1985]. O formato mais arredondado das bolhas de ar da mistura **A**₃₀ comparativamente a mistura **P**, evidencia a melhor estruturação e conseqüentemente estabilidade da primeira, concordando com o verificado no teste de firmeza em 15 e 70 dias de armazenamento.

A Figura 3.10 mostra, ampliando imagem, destaque da diferença ultra-estrutural entre as formulações com SAP e com SD: a matriz da primeira é bem definida com estruturas mais globulares, já a matriz da segunda apresenta-se com estruturas "porosas" de contornos pouco definidos.

Considerando o fato dos processamentos terem ocorrido paralelamente, descarta-se a possibilidade de problemas de fixação das amostras nas etapas do processamento. Confirmamos microscopicamente a menor estabilidade e maior firmeza do produto **D** comparativamente ao **A**₃₀, já demonstradas pelos testes de derretimento e firmeza, visualizando as bolhas de ar, que apresentam-se relativamente em menor número, tamanho e em formatos menos arredondados no sorvete com soro desmineralizado.

As moléculas de proteína aderidas à gordura são principalmente caseínas ou proteínas do soro desnaturadas associadas com as caseínas, confirmando os resultados obtidos com a eletroforese e pela microscopia eletrônica. KALAB, 1985, encontrou resultados similares.

As Figuras 3.8, 3.9 e 3.10 evidenciam a boa qualidade das imagens obtidas para os produtos **P**, **A**₃₀ e **D** comparativamente ao produto **T**. A explicação pode ser fundamentada na diferença ocorrida de fixação do material prejudicada possivelmente pela menor resistência estrutural da amostra **T** quando comparada as demais.

3.3.4 Avaliação sensorial dos produtos

Teste de Ordenação-preferência

Os resultados do Teste de Ordenação-preferência encontram-se listados na Tabela 3.7. Os

Tabela 3.7: Diferença entre totais de Ordenação-preferência para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

Amostras	Total	P	A₃₀	D	T
		81	51	46	72
P	81	-	30*	35*	9 ^{ns}
A₃₀	51	-	-	5 ^{ns}	21 ^{ns}
D	46	-	-	-	26*

* amostras diferem entre si a $p \leq 0.05$

^{ns} não existe diferença significativa entre as amostras a $p \leq 0.05$

provadores identificaram o sorvete padrão **P** (sem substituintes para o leite) como o preferido, embora não tenha ocorrido diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0.05$) de preferência dos provadores entre esta amostra e a amostra **T**. O sorvete com SAP (**A₃₀**) ocupou o terceiro lugar na preferência dos consumidores, não tendo entretanto ocorrido diferença estatística significativa entre o terceiro e quarto lugar do *ranking*. O sorvete com soro desmineralizado (**D**) foi identificado como o menos preferido pelos provadores sem entretanto ter sido diferente estatisticamente, a 5% de significância, quando comparado ao resultado obtido pelo sorvete **A₃₀**. Ordenando por decréscimo da preferência, do mais apreciado para o menos apreciado, teremos:

$$\mathbf{P}^a > \mathbf{T}^{a,b} > \mathbf{A}_{30}^{b,c} > \mathbf{D}^c$$

A Tabela 3.8 apresenta comentários relevantes dos provadores quanto a aspectos identificados nos produtos. Podemos observar que a amostra **A₃₀** foi identificada como boa por alguns provadores e ruim por outros, tendo sido portanto a amostra mais polêmica. Mais uma vez houve um número considerável de comentários identificando a amostra **A₃₀** como "muito doce" em contrapartida com número similar de comentários identificando-a como "salgada". A presença do SAP confundiu portanto a percepção sensorial dos provadores e conferiu sa-

Tabela 3.8: Observações de provadores no teste Ordenação-preferência para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

Amostra	Contagem dos comentários					
	Ruim	Bom	Salgado	Muito doce	Cristais detectados	Sabor residual
P	-	3	-	-	-	-
A₃₀	2	4	3	4	-	3
D	-	3	-	1	6	1
T	-	3	1	1	2	-

bor diferencial notável ao produto. A presença de cristais foi notificada para o sorvete feito com soro desmineralizado (**D** - com maior número de comentários) e para o sorvete feito com CPS (amostra **T**). A presença de cristais no sorvete **D**, concordando com o detectado na avaliação ultra-estrutural apresentada na seção anterior, pode ser explicada pelo conteúdo mais alto de lactose nesta amostra (proveniente do soro desmineralizado).

Teste de Ordenação-doçura

Os resultados do teste de ordenação quanto ao gosto doce encontram-se na Tabela 3.9. Quando testadas com relação ao atributo doçura, os sorvetes formulados não diferiram signi-

Tabela 3.9: Diferença entre totais de ordenação quanto ao gosto doce para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

Amostras		P	A₃₀	D	T
	Total	44	31	33	42
P	44	-	13 ^{ns}	11 ^{ns}	2 ^{ns}
A₃₀	31	-	-	2 ^{ns}	11 ^{ns}
D	33	-	-	-	9 ^{ns}

^{ns} não existe diferença significativa entre as amostras a $p \leq 0.05$

ficativamente ($p \leq 0.05$). Entretanto os provadores identificaram o sorvete sem substituintes (**P**) do leite como o mais doce, e o sorvete com o SAP (**A₃₀**) foi identificado como o menos doce entre os produtos testados. A ordem decrescente de doçura, do mais doce para a menos doce, foi:

$$\mathbf{P}^a > \mathbf{T}^a > \mathbf{D}^a > \mathbf{A}_{30}^a$$

Os comentários dos provadores (Tabela 3.10) indicam a boa aceitação geral das amostras.

Tabela 3.10: Observações de provadores, no teste de Ordenação-doçura, para sorvetes formulados com diferentes produtos protéicos lácteos.

Comentário	Contagem dos comentários
Gosto residual* na amostra A ₃₀	2
Amostras com sabores muito similares	2
Dificuldade de percepção do atributo gosto doce	1

*O termo "residual" não foi definido, apenas citado, pelos provadores.

3.4 Conclusão

A alta viscosidade da mistura A_{30} em conjunto com sua capacidade de aeração igual a do produto P , conferiu ao sorvete A_{30} a melhor e mais estável firmeza, confirmando a relação da alta viscosidade com uma firmeza menor e mais estável ao congelamento. Observou-se que, embora uma certa viscosidade não possa predizer a textura do sorvete, de maneira geral uma alta viscosidade acompanha uma boa textura. Ainda com as misturas de mesma aeração - e A_{30} confirmamos que o aumento da viscosidade da mistura, a resistência ao derretimento e a firmeza aumentam. Ainda para os sorvetes padrão P e com SAP (A_{30}) obtivemos que a viscosidade de uma fase descongelada é importante para estabilizar a funcionalidade [BOLLINGER *et al*, 2000], observada pelo menor aumento percentual da firmeza, após 70 dias de armazenamento, da mistura A_{30} quando comparado ao aumento de firmeza sofrido pela mistura P .

Através dos valores diferentes de aeração, para os quatro diferentes produtos, da viscosidade e firmeza em 15 e 70 dias, verificou-se que o *overrun* foi inversamente proporcional a firmeza medida até 15 dias, mas após 70 dias o sorvete P (de *overrun* e firmeza em quinze dias estatisticamente iguais ao sorvete A_{30}) apresentou valor de firmeza maior em 224%, evidenciando sua menor resistência estrutural durante congelamento, sendo explicado pela baixa viscosidade. O sorvete D , de viscosidade estatisticamente igual ao sorvete P mas menos aerado apresentou firmeza, após 70 dias de estocagem, estatisticamente igual ao valor medido para o sorvete P , confirmando que o maior grau de aeração em conjunto com a maior viscosidade é o fator determinante na variável firmeza (menor densidade) e estabilidade das estruturas de sorvete enquanto submetido ao congelamento.

A substituição de 30% de SAP usado em combinação com o leite em pó proporcionou uma mistura de alta viscosidade e adequada incorporação de ar, gerando um produto com estrutura de firmeza baixa e estável durante congelamento e também com melhor retenção de massa quando submetido ao descongelamento. Entretanto, o teste sensorial de Ordenação-preferência em conjunto com os comentários dos provadores comprovaram o gosto diferencial devido ao acréscimo do SAP, acarretando em opiniões divergentes sobre o produto.

Concluiu-se que as excelentes propriedades funcionais verificadas pelo acréscimo de SAP na formulação do sorvete podem ser reavaliadas para níveis de substituição menores afim de diminuir o grau de diferenças sensoriais acarretadas.

A observação ao microscópio eletrônico de transmissão, pela metodologia empregada, mostrou-se bastante adequada para as formulações **P**, **A₃₀**) e **D**, demonstrando a melhor estrutura da amostra com SAP (**A₃₀**) comparativamente ao produto padrão (**P**). As imagens obtidas para o sorvete **T** sugerem a necessidade de uma reavaliação do procedimento para melhor definição das imagens embora tenha sido evidenciada a formação estrutural menos regular desta formulação quando comparada ao sorvete padrão **P**.

A substituição de 100% do leite em pó desnatado por soro de leite, tanto desmineralizado como CPS-35, demonstraram alguns resultados interessantes quanto a atributos funcionais embora menores quando comparados a formulação **A₃₀**. Tal fato deve-se, possivelmente, a carência de caseínas para interação com as proteínas típicas destes produtos. Assim, seria interessante verificar o uso dos mesmos em proporções diferenciadas com o leite em pó.

Referências

- [AOAC, 1996] *Association of Official methods of analysis*. 27 ed. Washington, DC, Worwitz, W. ed., 1996.
- [ADESSO e KLEY, 1986] ADDESSO, K.M. e KLEY, K.H. Development of an acceptable ice cream possessing a reduced sodium content. *Journal of Food Science*, v.51, n.6, p.1467-1470, 1986.
- [AIME *et al*, 2001] AIME D.B.;MALCOLMSON L.J.; RYLAND, D. e ARNTFIELD, S.D. Textural analyses of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*, v.34, n.3, p.237-246, 2001.
- [ANDREASSEN e NIELSEN, 1992] ANDREASEN, T.G. e NIELSEN, H. Ice cream and aerated desserts. In: EARLY, R. *The technology of dairy products*. London: Blackie, 1ª ed. p.197-220,1992.
- [BERGER, 1997] BERGER, K.G. Ice cream. In: LARSSON, K. e FRIBERG, S. *Food emulsions*. New York: Marcel Dekker Inc., 2ª ed. p.413-489, 1997.
- [BOLLINGER *et al*, 2000] BOLLIGER, S. GOFF, H.D. e THARP, B.W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. *International Dairy Journal*, v.10, n.10, p.303-309, 2000.
- [BOMSER *et al*, 2003] BOMSER, J.; KENT, K. e HARPER, J. Effect of whey protein isolate on intracellular glutathione and oxidant-induced cell death in human prostate epithelial cells. *Toxicol In Vitro*, v.17, n.1, p.27-33, 2003.

- [CALDWELL *et al*, 1992a] CALDWELL, K.B.; GOFF, H.D. e STANLEY, D.W. A low-temperature scanning electron microscopy study of ice cream. I. Techniques and general microstructure. *Food Structure*, v.11, n.1, p.1-9, 1992.
- [CALDWELL *et al*, 1992b] CALDWELL, K.B.; STANLEY, D.W. e GOFF, H.D. A low-temperature scanning electron microscopy study of ice cream. II. Influence of selected ingredients and processes. *Food Structure*, v.11, n.1, p.11-23, 1992.
- [CODER e PARSONS, 1979] CODER, D. e PARSONS, J.G. The effects of processes wheys and caseinate on composition and consumer acceptance of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v. 62, Suppl.1, p.35-35, 1979.
- [CHANG e HARTEL, 2002] CHANG, Y. e HARTEL, R.W. Measurement of air cell distributions in dairy foams. *International Dairy Journal*, v.12, p.63-472, 2002.
- [DICKINSON *et al*, 1988] DICKINSON, E.; DALGLEISH, D.G. e ROLFE, S.E. Competitive adsorption of α -s1-casein and β -casein in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, v.2, n.5, p. 397-405, 1988.
- [EVANS, 1982] EVANS, E.W. Uses of milk proteins in formulated foods. In: HUDSON, B. J. F. *Developments in food proteins*. New York: Elsevier, p.131-163, 1982.
- [FRANCO, 1987] FRANCO, G. *Composição Química dos alimentos*, Editora Atheneu, 9^a ed. p. 130, 1999.
- [GELIN *et al* , 1996] GELIN, J.L.; LORIENT, D.; POYEN, L.; RIZZOTTI, R.; DACREMONT, C. e MESTE, M.L. Interactions between food components in ice cream II: structure-texture relationships. *Food Hydrocolloids*, v.10, n.4, p.199-215, 1996.
- [GOFF *et al*, 1989] GOFF, H.D.; KINSELLA, J.E. e JORDAN, W.K. Influence of various milk protein isolates on ice cream emulsion stability. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.2, p.385-397, 1989.

- [GOFF, 1997a] GOFF, H.D. Colloidal aspects of ice cream - A review. *International Dairy Journal*, v. 7, n. 6, p.363-373, 1997.
- [GOFF, 1997b] GOFF, H.D. Instability and partial coalescence in whippable dairy emulsions. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.10, p.2620-2630, 1997.
- [GOFF, 2001] GOFF, H.D. Ice cream under control. *Dairy Industries International*, v.66, n.1, p.26-30, 2001.
- [GOFF *et al*, 1999] GOFF, H.D.; VERESPEJ, E. e SMITH, A.K. A study of fat and air structures in ice cream. *International Dairy Journal*, v. 9, n. 11, p.817-829, 1999.
- [GOFF e JORDAN, 1989] GOFF, H.D. e JORDAN, W.K. Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.1, p.18-29, 1989.
- [GUINARD, 1998] GUINARD, J.X. Session III: Additives, colours, flavours. In: BUCHHEIM, W. *Ice Cream - Proceedings of the international symposium held in Athens*. International Dairy Federation, p. 91-103, 1998.
- [GUY, 1980] GUY, E.J. Partial replacement of nonfat milk solids and cane sugar in ice cream with lactose hydrolysed sweet whey solids. *Journal of Food Science*, Chicago, v.45, n.1, p.129-133, 1980.
- [HAMBLING *et al*, 1997] HAMBLING, S.G.; McALPINE, D.A.S. e SAWYER, L. β -lactoglobulin In: FOX, P.F. *Advanced dairy chemistry - 1: proteins*. Blackie academic professional, 1^aed. v.1, p.141-190, 1997.
- [HAYES *et al*, 1968] HAYES, J.F.; SOUTHBY, P.M. e MULLER, L.L. Factors affecting viscosity of caseinates in dispersions of high concentrations. *Journal of Dairy Research*, v.35, n.1, p. 31-43, 1968.
- [HEREMANS *et al*, 1997] HEREMANS, K.; CAMP, J.V. e HUYGHEBAERT, A. High-pressure effects on proteins In: DAMODARAN, S. e PARAF, A. *Food proteins and*

- their applications*. p.473-502, New York: Marcel Dekker - Inc., 1997.
- [HUSE *et al*, 1984] HUSE, P.A.; TOWLER, C. e HARPER, W.J. Substitution of nonfat milk solids in ice cream with whey protein concentrate and hydrolyzed lactos. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, v.19, n.3, p.255-261, 1984.
- [HUFFMAN, 1996] HUFFMAN, L.M. Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technology*, v.50, n.2, p.49-52, 1996.
- [JELEN, 1979] JELEN, P. Industrial whey processing technology: An overview. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v.27, n.4, p.658-661, 1979.
- [JAYAPRAKASHA e BRUECKENER, 1999] JAYAPRAKASHA, H.M. e BRUECKENER, H. Whey protein concentrate: a potential functional ingredient for food industry. *Journal of Food Science and Technology*, v.36, n.3, p.189-204, 1999.
- [KALAB, 1985] KALAB, M. Microstructure of dairy foods. 2. Milk products based on fat. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.12, p.3234-3248, 1985.
- [KINSELLA, 1984] KINSELLA, J.E. Milk proteins: physicochemical and functional properties. *CRC critical reviews in food science and nutrition*, v.21, n.3, p.197-262, 1984.
- [KINSELLA *et al*, 1988] KINSELLA, J.E.; BRADY, J. e WHITEHEAD, D.M. Functional milk proteins. In: FOX, P.F. *Developments in dairy chemistry*. Applied Science Publishers, v.4, p.55-95, 1988.
- [KOKUBO *et al*, 1998] KOKUBO, S.; IWAKI, S.; TOMITA, M.; YOSHIDA, S. e SAKURAI, K. Agglomeration of fat globules during the freezing process of ice cream manufacturing. *Milchwissenschaft*, v.53, n.4, p.206-209, 1998.
- [LAEMMLI, 1970] LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, v.227, n.15, p.689-695, 1970.

- [LANARA, 1981] LANARA. *Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes*. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Laboratório Nacional de Referência Animal. Brasília, 1981.
- [MARSHALL e ARBUCKLE, 1996] MARSHALL, R.T. e ARBUCKLE, W.S. *Ice cream*. International Thomson Publishing, 5^a ed. 1996.
- [MARTINEZ e SPECHMAN, 1988] MARTINEZ, S.B. e SPECHMAN, R.A. β -Galactosidase treatment of frozen dairy product mixes containing whey. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.4, p.893-900, 1988.
- [NAIDU *et al*, 1986] NAIDU, P.G.; RAO, T.J.; ALI, M.P. e SASTRI, P.M. Effect of utilisation of whey in ice cream. *Indian Journal of Dairy Science*, v.39, n.1, p.94-94, 1986.
- [NEWELL E Mac FARLANE, 1987] Newell, G.J. e Mac Farlane, J.D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, v.52, n.6, p.1721, 1987.
- [PARSONS *et al*, 1985] PARSONS, J.G.; DYBING, S.T. e CODER, D.S. Acceptability of ice cream made with processed wheys and sodium caseinate. *Journal of Dairy Science*, v.68, n.11, p.2880-2885, 1985.
- [REDDY *et al*, 1997] REDDY, V.P.; RAMGAMADHAM, M.; REDDY, C.R. e KARNANI, B.T. Studies on the value of channa whey solids in the preparation of ice-cream in partial replacement of MSNF of mix. *The Indian Journal of Dairy Science*, v.40, n.1, p.128-131, 1997.
- [RUGER *et al*, 2002] RUGER, P.R.; BAER, R.J. e KASPERSON, K.M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.7, p.1684-1692, 2002.

- [SAWYER, 1969] SAWYER, W.H. Complex between β -lactoglobulin and κ -casein: A review. *Journal of Dairy Science*, v.52, n.9, p.1347-1363, 1969.
- [SILVA, 2003] SILVA, K.; LIMA, A.M.F.; JUAZEIRO, P.P.; CARDELLO, H.M.A.B. Estudo ultra-estrutural de amostras de sorvetes processados pela técnica de criosubstituição. In: *Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos*, 5, 2003, Campinas. Resumo. Campinas: FEA/UNICAMP, 2003. cd-room.
- [STANLEY *et al*, 1996] STANLEY, D.W.; SMITH, A.K. e GOFF, H.D. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. *Food Research International*, v.29, n.1, p.1-13, 1996.
- [STOGO, 1997] STOGO, M. *Ice cream and frozen desserts: a commercial guide to production and marketing*. John Wiley and Sons, Inc. 1997.
- [TA-XT2, 2000] TA-XT2 Proceedings Application study: *French vanilla ice-cream*. 2000.
- [THARP, 1998] THARP, B.W.; FORREST B.; SWAN, C.; DUNNING, L. e HILMOE, M. Session II: Ingredient functionality BUCHHEIM, W. *Ice Cream - Proceedings of the international symposium held in Athens*. International Dairy Federation, p.54-64, 1998.
- [THOMPSON *et al*, 1983] THOMPSON, L.U.; RENIERS, D.J.; BAKER, L.M. e SIU, M. Succinylated whey protein concentrates in ice cream and instant puddings, *Journal of Dairy Science*, v.66, n.8, p.1630-1637, 1983.
- [TIRUMALESHA e JAYAPRAKASHA, 1988] TIRUMALESHA, A. e JAYAPRAKASHA, H.M. Effect of admixture of spray dried whey protein concentrate and butter milk powder on physico-chemical and sensory characteristics of ice cream. *Journal of Dairy Science*, v.51, n.1, p.13-19, 1998.

- [WALSTRA e JONKMAN, 1998] WALSTRA, P. e JONKMAN, M. Session I: emulsion and foam stabilization. BUCHHEIM, W. *Ice Cream - Proceedings of the international symposium held in Athens*. International Dairy Federation, p.17-24, 1998.
- [YOUNG *et al*, 1980] YOUNG, C.K.; STULL, J.W.; TAYLOR, R.R.; ANGUS, R.C. e DANIEL, T.C. Acceptability of frozen desserts made with neutralized, hydrolyzed, fluid cottage cheese whey. *Journal of Food Science*, v.45, n.4, p.805-809, 1980.
- [ZALL, 1984] ZALL, R.R. Trends in whey fractionation and utilization, a global perspective. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.11, p.2621-2629, 1984.

Conclusão Geral

A introdução do soro ácido de leite na formulação de sorvete, testada nos níveis 100, 80, 60 e 30% de substituição do leite em pó desnatado, identificou os dois menores níveis testados similares quanto a diferença provocada no gosto doce e bem aceitos na percepção dos provadores. O nível de 30% foi identificado como o mais adequado para continuidade devido a menor possibilidade de efeitos indesejáveis, devido ao conteúdo excessivo de minerais e/ou lactose, comparativamente a substituição em nível 60%.

Os resultados obtidos demonstraram que a substituição de 30% do leite desnatado por soro ácido em pó leva a obtenção de sorvete com similar capacidade de aeração, boa firmeza, melhor estabilidade da firmeza durante armazenamento, maior viscosidade e retenção relativa de massa e melhor ultra-estrutura observada, comparativamente ao padrão formulado apenas com leite desnatado, dentro das condições de processamento efetuadas.

Os resultados obtidos pela microscopia eletrônica foram bastante esclarecedores, evidenciando algumas similaridades entre a ultra-estrutura da amostra formulada com 30% de soro ácido e a amostra do sorvete padrão.

A adição de soro desmineralizado ou CPS-34, no nível de substituição do leite desnatado empregado, demonstrou resultados físico-químicos interessantes sugerindo novas pesquisas em diferentes níveis de adição combinada destes produtos de soro de leite com sólidos do leite desnatado.

Os produtos formulados com substituição do leite em pó desnatado por 30% soro ácido em pó ou 100% soro desmineralizado ou 100% CPS-34, tão boa aceitação sensorial quanto o padrão formulado apenas com leite em pó desnatado.