

GETÚLIO COSTA MACHADO

**UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DE COCO BABAÇU, CONCENTRADO PROTÉICO
DE SORO LÁCTEO E LEITE EM PÓ DESNATADO NA PRODUÇÃO DE
SORVETES**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, para obtenção do título de
Doctor Scientiae

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M149u
2005

Machado, Getúlio Costa, 1954-

Utilização de óleo de coco babaçu, concentrado protéico de soro lácteo e leite em pó desnatado na produção de sorvetes. – Viçosa : UFV, 2005.
xiv, 91f. : il. ; 29cm.

Orientador: José Benício Paes Chaves.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 84-91.

1. Sorvetes, gelados, etc. - Indústria. 2. Proteína do soro de leite. 3. Óleo de babaçu. 4. Leite em pó desnatado. 5. Sorvetes, gelados, etc. - Análise sensorial. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 637.4

GETÚLIO COSTA MACHADO

**UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DE COCO BABAÇU, CONCENTRADO PROTÉICO
DE SORO LÁCTEO E LEITE EM PÓ DESNATADO NA PRODUÇÃO DE
SORVETES**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, para obtenção do título de
Doctor Scientiae

APROVADA: 21 de dezembro 2005

Prof. Mauro Mansur Furtado
(Conselheiro)

Prof. Marco Túlio Coelho Silva
(Conselheiro)

Dra. Cláudia Lúcia de Oliveira
Pinto

Prof. Fernando Antônio Resplande
Magalhães

Prof. José Benício Paes Chaves
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade oferecida para realização do curso.

À Universidade do Tocantins, UNITINS.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Ao Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, CTAA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA.

Ao Instituto de Laticínios Cândido Tostes, ILCT, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG.

Ao professor José Benício Paes Chaves, pela orientação e pela amizade.

Aos professores Mauro Mansur Furtado, Marco Túlio Coelho Silva, Fernando Antônio Resplande Magalhães, Braz dos Santos Neves, José Francisco Pereira Martins e Rosa Helena Luchese.

Às Pesquisadoras Cláudia Lúcia de Oliveira Pinto, Rosemar Antoniassi e Marília Stephan Penteado.

Ao colega de curso Fernando Mourão e à Maria Geralda.

A todas as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a elaboração deste trabalho.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Gelados comestíveis.....	3
2.1.1. Histórico, Classificação e Ingredientes de Sorvetes.....	3
a. Gordura.....	6
b. Sólidos Não Gordurosos do Leite (SNGL).....	7
c. Açúcares.....	8
d. Emulsificantes e Estabilizantes.....	9
e. Água e Ar.....	10
f. Saborizantes.....	11
2.1.2. Processamento.....	11
2.1.2.1. Preparo da mistura.....	12
2.1.2.2. Pasteurização.....	13
2.1.2.3. Homogeneização.....	13
2.1.2.4. Maturação.....	15
2.1.2.5. Aeração e Congelamento Parcial.....	16
2.2. Coco Babaçu.....	19
2.2.1. Características Gerais de Coco Babaçu.....	19
2.2.2. Processos de Extração de Óleo de Coco Babaçu.....	21
2.3. Soro de Queijo.....	22
2.3.1. Produção e Características Gerais do Soro de Queijo.....	22
2.3.2. Concentração de Proteínas do Soro por Ultrafiltração.....	25
2.3.3. Concentrados e Isolados Protéicos de Soro.....	31
2.3.4. Propriedades Funcionais das Proteínas do Soro.....	32
2.3.4.1. Considerações Gerais.....	32
2.3.4.2. Solubilidade.....	34
2.3.4.3. Propriedades Emulsificantes.....	36
2.3.4.4. Propriedade de Batedura/Espumante.....	38

2.3.4.5. Propriedade de gelificação.....	iv 39
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1. Composição em Ácidos Graxos e Caracterização Física e Química dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	41
3.1.1. Determinação da Composição em Ácidos Graxos dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	42
3.1.2. Determinação do Ponto de Fusão dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	43
3.1.3. Determinação da Densidade Relativa dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	43
3.1.4. Determinação do Índice de Refração dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	44
3.1.5. Determinação do Índice de Peróxido dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	44
3.1.6. Determinação do Índice de Acidez dos Óleo de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	44
3.1.7. Determinação do Conteúdo de Gordura Sólida dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	45
3.2. Processamento, Caracterização Físico-Química e Determinação das Propriedades Funcionais de Concentrados Protéicos de Soro...	46
3.2.1. Processamento de Concentrado Protéico de Soro.....	46
3.2.2. Caracterização de Concentrados Protéicos de Soro e Leite em Pó Desnatado.....	47
3.2.2.1 Caracterização Físico-Química de Concentrados Protéicos de Soro e Leite em Pó Desnatado.....	47
3.2.2.2. Determinação das Propriedades Funcionais de Concentrados Protéicos de Soro.....	47
- Capacidade de Hidratação e Retenção de Água de Concentrados Protéicos de Soro.....	47
- Capacidade de Hidratação e Retenção de Água em Função do pH de Concentrados Protéicos de Soro.....	47
- Determinação dos Sólidos Solúveis em Concentrados Protéicos de Soro.....	48

- Teor de Nitrogênio Solúvel em Concentrados Protéicos de Soro.....	49
- Capacidade de Formação e Estabilidade da Espuma de Concentrados Protéicos de Soro.....	49
3.3. Formulações e Processo de Produção de Sorvetes.....	50
3.3.1. Caracterização e Delineamento do Experimento.....	50
3.3.2. Processo de Produção dos Sorvetes.....	51
3.4. Controle do Processo de Produção dos Sorvetes - Testes físicos e químicos.....	53
3.4.1. Acidez.....	53
3.4.2. pH.....	53
3.4.3. Viscosidade.....	54
3.4.4. Incorporação de ar (% "overrun").....	54
3.4.5. Resistência ao Derretimento.....	54
3.5. Análises Estatística.....	55
3.6. Análises Químicas em Amostras de Sorvetes.....	55
3.6.1. Extrato Seco Total.....	55
3.6.2. Proteínas.....	55
3.6.3. Gordura.....	56
3.6.4. Açúcares Redutores e Não Redutores.....	56
3.7. Análises Microbiológicas em Amostras de Sorvetes.....	56
3.8. Teste de Aceitação Sensorial.....	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1. Composição em Ácidos Graxos e Caracterização Física e Química dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	59
4.1.1. Composição em Ácidos Graxos dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	59
4.1.2. Caracterização Física e Química dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja.....	63
4.2. Caracterização Físico-Química e Propriedades Funcionais de Concentrados Protéicos de Soro.....	65
4.2.1. Caracterização Físico-Química de Concentrados Protéicos de Soro e do Leite em Pó Desnatado.....	65

4.2.2. Propriedades Funcionais de Concentrados Protéicos de Soro.....	66
- Capacidade de Hidratação e Retenção de Água de Concentrados Protéicos de Soro.....	66
- Capacidade de Hidratação e Retenção de Água em Função do pH de Concentrados Protéicos de Soro.....	67
- Índice de Solubilidade em Água (ISA).....	68
- Teor de Nitrogênio Solúvel em Concentrados Protéicos de Soro..	69
- Capacidade de Formação e Estabilidade da Espuma de Concentrados Protéicos de Soro.....	70
4.3. Controle do Processo de Produção de Sorvetes.....	72
4.3.1. Resultados das análises dos testes físicos e químicos.....	72
4.3.2. Qualidade de Derretimento dos Sorvetes.....	76
4.3.3. Análises Químicas e Microbiológicas dos Sorvetes.....	78
4.3.3.1. Análises Químicas.....	79
4.3.3.2. Análises Microbiológicas.....	79
4.3.4. Resultados do Teste de Aceitação Sensorial.....	80
5.0. CONCLUSÕES.....	83
6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

LISTA DE QUADROS

1. Principais Estados brasileiros produtores de babaçu e períodos de safra.	20
2. Composição em ácidos graxos e índice de iodo de óleo de coco babaçu de acordo com diferentes autores.....	21
3. Composição típica do soro de leite separado com renina.....	25
4. Composição percentual característica de concentrados protéicos de soro	32
5. Proporções de ingredientes usados nas formulações para fabricação de sorvetes.....	51
6. Ficha de avaliação para o teste sensorial de aceitação.....	58
7. Composição e padrões de identidade e qualidade em ácidos graxos de óleos de coco babaçu.....	60
8. Composição e padrões de identidade e qualidade em ácidos graxos de óleos de soja.....	62
9. Valores médios das características físico-químicas e padrões de óleo de coco babaçu.....	64
10. Valores médios das características físico-químicas e padrões de óleo de soja.....	64
11. Composição centesimal do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE), concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI) e Leite em Pó Desnatado (LPD).....	66

12. Capacidade de hidratação e de retenção de água do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)	67
13. Capacidade de formação e estabilidade da espuma do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI).....	71
14. Comparação de médias dos resultados dos testes de acidez e pH das doze formulações dos produtos elaborados.....	73
15. Comparação de médias dos resultados do teste de viscosidade das doze formulações dos produtos elaborados.....	74
16. Comparação de médias dos resultados dos testes de incorporação de ar e de resistência ao derretimento das doze formulações dos produtos elaborados.....	76
17. Composição centesimal em amostras dos produtos elaborados.....	79
18. Pesquisa de microorganismos mesófilos aeróbios, coliformes totais e fecais em amostras dos produtos elaborados.....	79
19. Número de respostas (NR) e comparação de médias das notas obtidas pelas doze formulações dos produtos elaborados.....	81

LISTA DE FIGURAS

1. Fluxograma do processamento dos sorvetes.....	53
2. Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo de babaçu de ponto de fusão a 28 °C.....	60
3. Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo de babaçu de ponto de fusão a 34 °C.....	61
4. Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo de soja de ponto de fusão 34 °C.....	62
5. Curva do conteúdo de gordura sólida de óleos de coco babaçu e soja hidrogenados.....	65
6. Capacidade de hidratação e retenção de água em função do pH do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)	68
7. Índice de solubilidade em água do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico importado da Holanda (CPSI).....	69

8. Teor de nitrogênio solúvel do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)..... 70
9. Comparação da resistência ao derretimento entre as formulações dos sorvetes elaborados..... 77
10. Resultado da determinação do tempo que inicia a primeira gota (t_0) e o tempo decorrido entre t_0 e o derretimento de 10 g de amostra..... 78

RESUMO

MACHADO, Getúlio Costa, D.S., Universidade Federal de Viçosa; dezembro de 2005. **Utilização de óleo de coco babaçu, concentrado protéico de soro lácteo e leite em pó desnatado na produção de sorvetes.** Orientador: José Benício Paes Chaves. Conselheiros: Mauro Mansur Furtado e Marco Túlio Coelho da Silva.

Sorvetes foram produzidos usando como ingredientes óleo de coco babaçu, concentrado protéico de soro e leite em pó desnatado. Óleos de babaçu hidrogenados a dois pontos de fusão (28 e 34 °C) foram caracterizados pela técnica de cromatografia gasosa quanto à composição em ácidos graxos. Para caracterização física e química dos óleos foram determinados os índices de iodo, de peróxido e de refração, ponto de fusão, densidade relativa e teor de gordura sólida a temperaturas entre 10 e 45 °C. Para produção de concentrado protéico de soro na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG (CPSE), utilizou-se os processos de concentração por ultrafiltração e a secagem em *spray-drier*. O concentrado protéico de soro produzido na EPAMIG (CPSE) e o concentrado protéico de soro comercial importado da Holanda (CPSI) foram caracterizados quanto a composição centesimal e quanto as propriedades funcionais. Na elaboração dos sorvetes utilizou-se formulações contendo óleo de babaçu a dois pontos de fusão (28 e 34 °C) nas proporções de 6 e 10%. Como ingredientes fornecedores de sólidos não gordurosos do leite (SNGL) foram utilizados leite em pó desnatado (LPD) a 100%; concentrado protéico de soro produzido na EPAMIG (CPSE) a 50% mais leite em pó desnatado (LPD) a 50% e concentrado protéico de soro comercial importado (CPSI) a 50% mais leite em pó desnatado (LPD) a 50%, formando 12 combinações para produção dos sorvetes, realizando-se 3 repetições cada, totalizando 36 unidades experimentais. Os sorvetes produzidos foram analisados durante o processo de produção quanto a acidez, pH, viscosidade e incorporação de ar. Após armazenagem sob congelamento a

-18 °C por vinte dias os produtos elaborados foram testados quanto a características químicas, microbiológicas e resistência ao derretimento. A aceitação dos sorvetes foi avaliada por 57 provadores empregando uma escala hedônica estruturada de nove pontos. Os dados de aceitação foram analisados por ANOVA e teste de comparação de médias. Os produtos apresentaram diferenças significativas nos parâmetros avaliados e concluiu-se pela viabilidade técnica do uso dos ingredientes estudados na elaboração de sorvetes.

ABSTRACT

MACHADO, Getúlio Costa, D.S., Universidade Federal de Viçosa; december 2005. **Utilization of *babaçu* coco oil, whey protein concentrate and powder skim milk for ice cream production.** Adviser: José Benício Paes Chaves. Committee members: Mauro Mansur Furtado and Marco Túlio Coelho da Silva.

Ice creams have been elaborated with *babaçu* coco oil, whey protein concentrate and powder skim milk as main ingredients. *Babaçu* coco oil has been hydrogenated to two melting point, 28 °C or 34 °C and their fat acid composition has been characterized by gas chromatographic technique. For chemical and physical characterization *babaçu* coco oil was analyzed for iodine and peroxide values, refractive index, melting temperature, relative density and solid fat content at 10 °C and 45 °C. Whey protein concentrate were obtained by ultra filtration and spray drying processes at *Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG* facilities in Juiz de Fora-MG (CPSE). A commercial whey protein concentrate imported from a firm in The Netherlands (CPSI) was also used. Both whey protein concentrates CPSE and CPSI were analyzed for rough composition and some protein functional properties. For ice cream making its was used *babaçu* coco oil at two melting temperatures (28 °C e 34 °C) at 6% or 10% of whole formula. As ingredient providing no fat milk solid (SNGL) it was used powder skim milk (LPD) 100% solid; EPAMIG whey protein concentrate (CPSE) at 50% plus powder skim milk (LPD) at 50% total no fat milk solid and another formula with imported whey protein concentrate (CPSI) at 50% plus powder skim milk (LPD) at 50% total no fat milk solid. These comprised 12 ice cream different formulations. Each formulation was prepared in three replications totaling 36 ice cream batches. Ice cream samples were analyzed for titrable acidity, pH, viscosity and air absorption. After 20 days storage at -18 °C ice cream samples were analyzed for chemical and microbiological qualities and for melting resistance. There was also a sensory acceptance test using the nine point hedonic scale by 57 ice cream consumers.

Sensory acceptance data were analyzed by ANOVA in a completely randomized statistical design and Duncan's multiple range test for mean comparison ($\alpha=5\%$). It has been observed significant differences ($p<0.05$) for some ice cream quality indexes among ice cream formulas. It can be concluded for the feasibility of using *babaçu* coco oil as the fat ingredient in ice cream making. There is a cost restriction yet to be solved though, since *babaçu* coco oil is still more expensive in the market than the traditional soybean oil available.

INTRODUÇÃO

Os sorvetes são fabricados a partir de emulsões estabilizadas que, por processos de batimento e congelamento, transformam-se em um produto cremoso, suave e agradável ao paladar. As caldas ou misturas de sorvetes são compostas de produtos lácteos, água, gordura, açúcares, estabilizadores, aromatizantes e outros ingredientes.

O mercado para sorvetes no Brasil possui grande perspectiva de crescimento considerando que o nosso consumo per capita é muito baixo. Em 2004 foi de aproximadamente 2,75 litros/pessoa, de acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes.

As formulações para sorvetes variam amplamente conforme regulamentações de cada país. Estas regulamentações, por sua vez, estão sendo forçadas a se adaptarem às novas tendências do mercado e ao surgimento de novos ingredientes e produtos.

O soro é obtido como subproduto do processo de fabricação de queijos e caseína, sendo que sua composição varia em função da matéria-prima, processo de fabricação e tratamento térmico.

A presença de proteínas no soro, as quais são compostas por aminoácidos em quantidades equilibradas, torna-o um material adequado para uso na alimentação humana. Nas últimas décadas observou-se crescente

interesse pela qualidade nutricional dessas proteínas, visando o uso do soro na formulação de alimentos infantis e alimentos dietéticos.

Nos últimos anos é crescente o uso de derivados do soro de queijo na fabricação de sorvetes. Até 20% a 25% do extrato seco desengordurado do leite pode ser substituído por soro em pó sem que a qualidade seja afetada pelo risco de cristalização da lactose.

Quando utilizados em sorvetes, os concentrados protéicos de soro (CPS) promovem a retenção de umidade ou incorporação de água, inibem a cristalização da água, estabilizam o produto e contribuem para o corpo macio e suave devido à estrutura reticular, semelhante a um gel, que a proteína do soro forma no produto final.

Em muitos países é permitida a utilização de gorduras de origem vegetal na fabricação de sorvetes. As gorduras utilizadas devem ter ponto de fusão próximo ao das gorduras lácteas. Nesta categoria estão gorduras de coco, palmiste e babaçu.

No Brasil, o óleo de babaçu vem sendo usado, quase que exclusivamente, na fabricação de produtos de higiene e limpeza. O seu uso na indústria de alimentos, na fabricação de margarina, aparece como secundária. Existe, no entanto, um grande interesse no desenvolvimento de mercados e novas alternativas para uso do óleo de babaçu.

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a viabilidade técnica de elaborar sorvetes a partir de emulsões de proteína de soro lácteo e óleo de babaçu visando contribuir para um aproveitamento alternativo destas matérias-primas. Os objetivos específicos foram avaliar as propriedades funcionais do concentrado protéico do soro, elaborar sorvetes contendo óleo de babaçu e concentrado protéico de soro lácteo e leite em pó desnatado e avaliar algumas características de qualidade da mistura como incorporação de ar, viscosidade e resistência ao derretimento dos sorvetes elaborados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Gelados Comestíveis

2.1.1. Histórico e ingredientes de sorvetes

A história não registra com exatidão a época do surgimento do sorvete. Relatos referentes a seu consumo datam de 960 a 925 a. C. Sua origem poderia ser a China, ou outras regiões asiáticas, havendo a possibilidade de que teria se originado no Líbano onde seria conseguido por meio de acondicionamento em vasilhas colocadas em riachos formados pela água proveniente do degelo das montanhas durante o verão. Eram então constituído de uma mistura formada por mel, frutas e sucos (ARBUCKLE, 1986).

A composição dos sorvetes ou gelados comestíveis como são denominados pela legislação brasileira, é tratada pela Portaria Nº 379 de 26 de Abril de 1999, do Ministério da Saúde (BRASIL, 1999).

Esta Portaria define que “gelados comestíveis são produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou

sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outras substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado, durante a armazenagem, transporte e até a entrega ao consumo, e cuja composição atenda às especificações de cada produto”.

Para a legislação brasileira, os sorvetes podem ser classificados segundo a composição básica ou quanto ao processo de fabricação e apresentação.

Classificação quanto à composição básica:

Sorvetes de creme: são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos e ou gorduras comestíveis, podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares.

Sorvetes de leite: são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos, podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares.

Sorvetes: são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos e ou outras matérias primas alimentares e nos quais os teores de gordura e/ou proteína são total ou parcialmente de origem não láctea, podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares.

Sherbets: são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos e ou outras matérias primas alimentares e que contém apenas uma pequena proporção de gorduras e proteínas as quais podem ser total ou parcialmente de origem não láctea, podendo ser adicionados de outros ingredientes alimentares.

Gelados de frutas ou Sorbets: são produtos elaborados basicamente com polpas, sucos ou pedaços de frutas e açúcares podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares.

Gelados: são os produtos elaborados basicamente com açúcares, podendo ou não conter polpas, sucos, pedaços de frutas e outras matérias primas, podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares.

Classificação quanto ao processo de fabricação e apresentação:

Sorvetes de massa ou cremosos: são misturas homogêneas ou não de ingredientes alimentares, batidas e resfriadas até o congelamento, resultando em massa aerada.

Picolés: são porções individuais de gelados comestíveis de várias composições, geralmente suportadas por uma haste, obtidas por resfriamento até congelamento da mistura homogênea ou não, de ingredientes alimentares, com ou sem batimento.

Produtos especiais gelados: são os gelados mistos constituídos por qualquer das modalidades de gelados comestíveis relacionados neste Regulamento, em combinação com alimentos não gelados, representados por porções situadas interna e ou externamente ao conjunto, tais como: sanduíche de sorvete, bolo de sorvete, torta gelada.

A fabricação de sorvetes pode ser realizada de forma artesanal ou industrial. No primeiro caso emprega-se máquina simples, em um processo pouco automatizado, em que o produto é retirado a granel, em pequena escala. Na elaboração industrial os processos são contínuos, com um alto nível de mecanização. Este processo permite alcançar custos menores, com a possibilidade de atingir todas as classes sociais durante todo o ano, principalmente no verão (TIMM, 1989).

Na elaboração artesanal, uma vez selecionados, os ingredientes que irão compor os gelados, a mistura é submetida a um simples batimento e congelamento posterior, passando a cubas de aço inoxidável, onde são mantidos à temperatura entre -10°C e -14°C para sua exposição e venda.

A fabricação industrial começou a ter importância a partir de 1930. É um processo de fabricação que inclui um congelamento mais rápido, o que reduz o tempo de produção devido a um sistema bastante mecanizado, no qual intervêm basicamente dois tipos de máquinas, um bastante automatizado, ligado à etapa de medidas, peso, homogeneização, pasteurização e produção do sorvete, e outro relacionado com embalagem e armazenamento.

Além destas etapas as grandes indústrias mantêm laboratórios com técnicos especializados em controle de qualidade que realizam análises

durante todo o processo de fabricação, cumprindo as fases do sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), o que garante a qualidade para o consumo.

Na fabricação industrial o sorvete é obtido em diferentes etapas. O congelamento é bem intenso, com a finalidade de conseguir um endurecimento mais rápido, uma vez que o processo é quase totalmente automatizado.

A natureza e a proporção dos diversos ingredientes é muito variada, mas deve atender as especificações legais quanto ao produto em si e as quantidades permitidas, ficando a opção sob critério e responsabilidade do fabricante, que também deve decidir sobre os aspectos econômicos, de aceitação no mercado, custo final do produto entre outros (AMIOT, 1991; TIMM, 1989).

O sorvete é uma emulsão de gordura em água, com ar incorporado. A fase contínua desta emulsão é a água, na qual a maioria dos outros ingredientes como as proteínas, açúcares, sais minerais, entre outros estão solubilizados. A fase oleosa poderá ser formada pela gordura do leite ou pela gordura vegetal hidrogenada.

a) Gordura

A gordura é o ingrediente mais importante do sorvete e o seu teor pode variar em função do tipo de produto a ser fabricado. Contribui para a resistência a fusão do produto e confere as características de sabor e textura. A função da gordura depende muito do diâmetro dos seus glóbulos e da dispersão da emulsão na mistura. Influenciam também o conteúdo de sólidos não gordurosos, o equilíbrio mineral, a homogeneização e a presença de emulsificantes (AMIOT, 1991).

As gorduras vegetais para uso em sorvetes devem ser parcialmente hidrogenadas, com a propriedade de cristalizar-se rapidamente, o que evita a aglomeração dos pequenos glóbulos de gordura e formação de glóbulos

maiores. Devem ser resistentes ao derretimento, o que se consegue com um certo aumento no seu grau de saturação ou hidrogenação.

A gordura do leite é utilizada para fabricar sorvetes de melhor qualidade, entretanto é possível produzir sorvetes de qualidade aceitável a partir de óleos vegetais como os de coco, palma, palmiste, algodão e soja, que podem ser usados individualmente ou em mistura. O óleo deve ser parcialmente hidrogenado para fornecer um produto com alto ponto de fusão. É necessário assegurar que a gordura apresente ponto de fusão a uma temperatura inferior a 37 °C, para evitar uma persistente sensação de gordura na boca. Os óleos de coco, palma e palmiste são parecidos com a gordura láctea em função do teor relativamente alto de ácidos graxos saturados, de 4 a 16 átomos de carbono. Estes óleos são preferidos do ponto de vista tecnológico porque uma grande parte é cristalizada durante a maturação, o que produz um sorvete com melhores características sensoriais e de boa estabilidade durante o armazenamento (VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

O uso de gorduras vegetais implica na necessidade de homogeneização que tem como objetivo principal reduzir o diâmetro dos glóbulos de gordura, seguido de resfriamento rápido para solidificar os glóbulos de gorduras com tamanho reduzido.

b) Sólidos Não Gordurosos do Leite - SNGL

Os sólidos não gordurosos do leite podem ser adicionados em forma de diferentes produtos ou subprodutos. Os mais usados são leite desnatado, concentrado ou em pó. Pode ser empregado também o soro lácteo concentrado ou em pó e os concentrados protéicos da mesma origem. Neste caso, é necessário levar em consideração as propriedades funcionais das proteínas e a concentração da lactose. Um alto conteúdo em proteínas permite a obtenção de um produto com melhor textura, melhor facilidade de batadura e maior rendimento. Porém o excesso de proteínas causa a ocorrência de defeitos de consistência e sabor. Um alto conteúdo de lactose que é em geral

pouco solúvel, além de modificar o ponto de congelamento, pode cristalizar e causar alterações na textura do produto (AMIOT, 1991).

A proteína láctea é indispensável para a formação de emulsão estável na homogeneização da mistura, o que contribui para a nova membrana dos glóbulos de gordura e na retenção de água.

O aumento dos preços das fontes tradicionais de sólidos não gordurosos tem aumentado o interesse pela busca de novas alternativas. Existem boas expectativas com o uso de retentados provenientes da ultrafiltração de soro que pelo fato de permitirem a produção de um sorvete de melhor corpo, aroma e textura do que com o produto de proteínas de soro concentrado a vácuo (LEE e WHITE, 1991).

O corpo do sorvete relaciona-se com a sua firmeza e resistência ou consistência. A textura do sorvete, por sua vez, depende do número, tamanho, forma e arranjo dos cristais de gelo e outras partículas.

c) Açúcares

Os açúcares conferem ao sorvete o gosto doce desejado pelos consumidores. Quando sua concentração é a ótima, geralmente entre 14% a 16%, contribuem para um sabor rico e delicado que deve apresentar um bom produto. Ao contrário, se utilizado em quantidade excessiva, mascaram o sabor e reduz consideravelmente o ponto de congelamento, o que exige uma temperatura mais baixa de armazenamento além de produzir um sorvete pegajoso e pesado. Estes efeitos são variáveis em função do tipo de açúcar usado (AMIOT, 1991).

O açúcar mais empregado é a sacarose, que pode ser usada também em combinação com outros açúcares, em geral obtidos de amido de milho hidrolisado. A glicose, produto obtido pela hidrólise completa do amido, contribui para a obtenção de um produto mais firme, e por possuir menor poder edulcorante que a sacarose, quando utilizada em conjunto com esta permite o emprego de maior quantidade total de açúcar. Além do efeito na

qualidade do sorvete, os adoçantes são a fonte mais barata de sólidos totais da mistura (VIOTTO, 1997).

d) Emulsificantes e Estabilizantes

É chamado emulsificante, qualquer substância com propriedades que auxiliam a formação de uma mistura estável entre duas substâncias imiscíveis como gordura e água. O principal efeito dos emulsificantes em sorvetes é sua capacidade de desestabilizar a membrana dos glóbulos de gordura conferindo uma aparência seca e rígida ao produto quando ele é retirado do congelador (ARBUCKE, 1986).

Os agentes emulsificantes usados na fabricação de sorvetes e em outros produtos alimentícios de um modo geral são principalmente derivados não iônicos de gorduras naturais, que, por um processo de esterificação, foram modificados de modo que eles contenham um ou mais radicais hidrofílicos ligados a um ou mais lipofílicos. Quando esses produtos são introduzidos em um sistema de duas fases, eles irão aderir às interfaces de modo, que a parte hidrofílica da molécula, penetra na fase aquosa, e a parte lipofílica na fase lipídica. Em função da proporção quantitativa das duas fases, das condições de processamento e do tipo de emulsificante empregado, pode ser produzida uma emulsão tipo óleo em água (O/A) ou do tipo água em óleo (A/O). Para sorvete, requer-se uma emulsão do tipo óleo em água.

A habilidade dos emulsificantes em atuarem na interfase gordura/água se deve à sua estrutura molecular. O grupo polar da molécula tem afinidade com a água, hidrofílico, na qual se dissolve; enquanto que a parte hidrocarbonada do ácido graxo tem afinidade com a gordura, lipofílico, na qual se dissolve, o que facilita desta maneira, a distribuição da fase descontínua na fase contínua (SILVA, 1996).

Os agentes emulsificantes são adicionados para melhorar a capacidade de retenção de ar na mistura, aumento do volume ou "overrun", auxiliar na emulsão da matéria gorda, melhorar a textura do sorvete e aumentar a resistência à fusão (AMIOT, 1991).

A falta de emulsificante favorece a separação de gordura durante a maturação e torna a gordura livre durante a bateção, pela ruptura dos glóbulos.

Entre os emulsificantes mais usados estão os mono e diglicerídeos, compostos de glicerol e ácidos graxos selecionados. A quantidade máxima de emulsificante por peso não deve exceder 0,2%, caso contrário o produto final apresentará defeitos de corpo e textura e derretimento lento (SOLER e VEIGA, 2001).

Estabilizantes são substâncias que auxiliam a manter uma emulsão quando ela é formada. Na fabricação de sorvetes os estabilizantes são os agentes que, devido à capacidade de reter água podem prevenir a formação de grandes cristais de gelo durante o congelamento e estocagem, além de aumentar a viscosidade da mistura, permitindo melhor distribuição de ar no produto durante a bateadura. A retenção de água pode se dar por interações químicas do tipo pontes de hidrogênio ou pela formação de uma estrutura espacial, a qual reduz a mobilidade da água livre. Os estabilizantes conferem ao sorvete corpo e textura suaves, pelo fato de retardarem a formação de cristais de gelo durante as oscilações térmicas, além de conferir uniformidade e resistência à fusão (SILVA, 1996; MOSQUIM, 1999).

As proteínas lácteas, notadamente a caseína, a α -lactoalbumina e a β -lactoglobulina, exercem uma função estabilizante a qual é influenciada pelo equilíbrio salino do sistema (SILVA, 1996).

A concentração de estabilizantes usada em sorvetes varia com as propriedades desejadas no sorvete, com o teor de sólidos da mistura e o tipo de equipamento. Em geral é uma concentração entre 0,2% a 0,3%. Exemplos de estabilizantes usados são os alginatos, carboximetilcelulose, goma guar, goma caraia, carragena, gelatina e pectina (VIOTTO, 1997).

e) Água e Ar

A água é a fase contínua presente na forma líquida, sólida ou mistura de ambas. O ar se encontra disperso na da emulsão água-gordura, que é constituída de água líquida, cristais de gelo e glóbulos solidificados. A

quantidade de ar a ser incorporada deve ser controlada com rigor, pois influenciará na qualidade e custo do produto final (VIOTTO, 1997).

f) Saborizantes

O sabor é considerado a característica mais importante do sorvete, sendo o resultado da mistura dos sabores de todos os ingredientes. O sabor é uma resposta do sentido que inclui o olfato (cheiro), gustação (gosto), e componentes de tato (sensação bucal). O sorvete, por ser um alimento lácteo congelado, tem vários componentes de sabor facilmente definidos: gosto doce, cremoso, suave, frio, refrescante, leve e capaz de liberar componentes aromáticos, quando de seu derretimento na boca (MOSQUIM, 1999).

Uma ampla gama de sabores pode ser usada: de baunilha, de chocolate, de castanha, de amêndoa ou de polpas de frutas: abacaxi, morango, coco, etc. Os sabores de frutas podem ser obtidos a partir de frutas frescas, em conserva, em concentrados e em geléia. Aos sabores de frutas, geralmente se adiciona ácido, para ressaltar o sabor da fruta. Os ácidos mais empregados são o cítrico e o tartárico, e são dosados em 0,35% de ácido, calculado; como ácido láctico. Devem ser adicionados antes de congelar a mistura, em solução (COELHO e ROCHA, 1995).

Da formulação correta da mistura dependem a estrutura, a palatabilidade e outros fatores que caracterizam um bom sorvete. Assim, a seleção dos ingredientes, suas proporções e custos, padrões de qualidade constantes, além do tratamento dispensado em seu congelamento, constituem pontos de fundamental importância para o fabricante de sorvetes. A escolha dos ingredientes, e a correta proporção entre eles, é de grande importância para a manutenção dos padrões de qualidade dos sorvetes (MOSQUIM, 1999).

2.1.2. Processamento

O processo de fabricação de sorvetes envolve as seguintes operações:

2.1.2.1. Preparo da Mistura

A mistura dos ingredientes é a primeira etapa na elaboração do sorvete artesanal ou industrial. Consiste em misturar os ingredientes selecionados em um depósito de aço inoxidável provido de um termômetro para controlar a temperatura da mistura. Este recipiente tem uma espécie de circuito exterior, por meio do qual pode funcionar um sistema elétrico de aquecimento ou a vapor d'água, com objetivo de atingir a temperatura ideal para promover a mistura eficiente dos ingredientes e posterior pasteurização (TIMM, 1989).

No processo de mistura encontram-se dois tipos de ingredientes: sólidos e líquidos. Os líquidos são aquecidos na mesma cuba da mistura, agregando-se posteriormente os ingredientes sólidos, leite em pó, açúcar, frutas, entre outros, previamente misturados, antes que a temperatura supere os 50 °C. O estabilizante alginato de sódio exige, temperatura alta, para sua ação, e por isso deve ser adicionado a 71 °C.

2.1.2.2. Pasteurização

A pasteurização tem como função principal inativar microorganismos patogênicos e prevenir oxidação. O aquecimento também auxilia na dissolução adequada dos ingredientes e na homogeneização.

A pasteurização da mistura é importante. Em virtude da ação protetora da gordura e do açúcar, sobre os microorganismos é necessário o emprego de maior temperatura do que a de pasteurização do leite. São usados os binômios: 68,5 °C, por 30 minutos; 79,5 °C, por 25 segundos; 85 °C, por 20 segundos; e 138 °C, por 1 a 3 segundos.

Binômios de maior temperatura e menor tempo como UHT beneficiam o sabor, a estabilidade e a textura do produto (TIMM 1989; COELHO e ROCHA, 1995).

Este tratamento melhora a consistência e textura do produto em virtude das modificações que produzem na estrutura e propriedades das

proteínas, aumenta a capacidade de retenção de água, o que permite reduzir a concentração do estabilizante. Este tipo de tratamento, contudo, quando aplicado em temperatura superior a 120 °C pode afetar as características sensoriais do produto, principalmente o sabor (AMIOT, 1991).

Em geral as condições de pasteurização ideais irão depender de fatores como: composição da mistura, ingredientes utilizados, quantidade de cada produto, equipamento, entre outros. Isto faz com que cada fabricante adote temperatura e tempo adequados para cada processo, em função da legislação o para o processo de pasteurização.

2.1.2.3. Homogeneização

A homogeneização é importante para a obtenção do sorvete de alta qualidade. Sua principal finalidade é tornar a mistura de ingredientes uniforme e assim obter uma emulsão estável e consistente por modificar a superfície/volume e a absorção dos glóbulos de gordura. Consiste em fazer passar a mistura sob pressão em uma abertura, a fim de estilhaçar os glóbulos de gordura o que diminui seu tamanho.

O processo de homogeneização é feito forçando a passagem da mistura do sorvete em um pequeno orifício com o uso de uma bomba especial, sob condições adequadas de pressão e temperatura, o que provoca um impacto sobre uma superfície de contenção.

A homogeneização deve ser realizada entre 65 °C e 75 °C, a fim de evitar que a gordura se separe dos demais ingredientes. Temperaturas de homogeneização inferiores como entre 55 °C a 60 °C favorecem a formação de agrupamentos de grânulos de gordura, viscosidade excessiva e aumento do tempo de elaboração no congelador. Ao contrário, altas temperaturas de homogeneização causam resultados opostos aos anteriores. As vantagens que a homogeneização apresenta são: obtenção dos glóbulos de gordura finamente divididos, o que permite uma suspensão permanente, e uma textura suave que incide em sua estrutura, melhora a capacidade de batimento e uma menor aglutinação no congelamento posterior (TIMM, 1989; MOSQUIM, 1999).

A temperatura na qual a mistura deve ser homogeneizada é importante, porque evita a separação da gordura, reduz o tempo de maturação, afeta a viscosidade e melhora o corpo e a textura do produto. Os processos mais comuns são a homogeneização de um e de dois estágios. No segundo caso após a gordura passar pela válvula do primeiro estágio, esta tende a se unir, o que leva à formação aglomerados. Estes aglomerados podem causar excesso de viscosidade e diminuir a incorporação de ar. Neste caso é recomendado o uso de uma segunda válvula, com menor pressão, a fim de romper esses aglomerados (SILVA, 1996; MOSQUIM, 1999).

Segundo MEDINA (1977), o principal objetivo da homogeneização é facilitar a obtenção de uma emulsão permanente e estável dos glóbulos de gordura na mistura, por meio de uma redução pronunciada de seu tamanho, de forma que seu diâmetro não exceda 2 micra ou 0.000002 mm. Esses fatores são importantes para obtenção de um sorvete mais uniforme, com uma maior capacidade de batimento, textura mais suave e menor consumo de estabilizante.

A redução do tamanho do glóbulo de gordura até o que representaria 10% do normal como efeito da homogeneização, aumenta em, aproximadamente, 100 vezes a extensão da superfície de contato dos glóbulos de gordura presentes na mistura. Os resultados da homogeneização são afetados por fatores, como a composição do produto, pressão e temperatura.

Na complexa composição da mistura, os glóbulos de gordura ficam rodeados em sua superfície pelos elementos na fase aquosa da mistura, e naturalmente a variação das condições mencionadas anteriormente tende a modificar as condições finais. Os glóbulos de gordura, ao passarem pela bomba homogeneizadora, têm tendência ao agrupamento em sua distribuição, e isso se observa principalmente em determinadas condições, como misturas com alto teor de gordura, com baixa temperatura de homogeneização ou diferentes índices de acidez, resultando em viscosidade excessiva da mistura, o que ocasiona prejuízos à textura e ao volume final do sorvete.

Esta é a razão pela qual alguns equipamentos homogeneizadores são equipados com duas válvulas. A primeira delas trabalha com uma pressão alta de homogeneização e a segunda, com uma pressão bem menor.

A pressão para homogeneização depende de fatores como: viscosidade desejada, composição da mistura, estabilidade da mistura, temperatura e construção do aparelho. As pressões recomendadas para misturas com 8% a 12% de gordura são de 175 kg/cm² a 210 kg/cm² no primeiro estágio e 35 Kg/cm² no segundo estágio (ARBUCKLE, 1986).

2.1.2.4. Maturação

Após a pasteurização e homogeneização a mistura é resfriada a cerca de 40 °C com o uso de água industrial. Em seguida o resfriamento é feito com circulação de água gelada ou expansão direta de gás refrigerante. O resfriamento tem como objetivo a inibição da microbiota termorresistente e ou a microbiota contaminante que tenha tido acesso à mistura após o aquecimento, não obstante, leva a uma melhor aproximação da temperatura de maturação e bateção.

No tanque de maturação o produto é mantido por um período não inferior a 3 horas. Em alguns casos a mistura pode ser maturada até por 24 horas, principalmente quando se emprega posteriormente congelador pouco potente.

Nesta etapa ocorre a cristalização da gordura, melhora a consistência do produto pelo fato das proteínas e os estabilizantes terem tempo suficiente para absorverem mais água, o que fará com que o sorvete obtenha maior resistência ao derretimento.

A maturação da mistura é necessária para que ocorra a solidificação da gordura, hidratação dos sólidos, aumento da viscosidade, melhoria do corpo e textura e aumento da resistência à fusão. O tempo requerido varia em função do estabilizante utilizado e da composição da mistura. Trabalhos têm confirmado a necessidade de 3 a 4 horas de maturação a temperatura de 2 °C (SILVA, 1996).

2.1.2.5. Aeração e Congelamento Parcial

Estas operações são realizadas em equipamentos denominados “batedeiras” ou “produtoras” que têm a função de resfriar a mistura de 4 °C para temperatura entre -5 °C e -7 °C, e durante o resfriamento, incorporar ar até a consistência desejada.

No processo de congelamento parcial e aeração a mistura muda drasticamente de viscosidade e aparência física. Com o decréscimo da temperatura na máquina batedeira tem-se o início do congelamento da água, o que promove a formação de cristais de gelo. Em consequência, a fase líquida torna-se mais concentrada, o que altera de forma gradual o ponto de congelamento da mistura.

O batimento ou congelamento e endurecimento é uma das etapas que mais influenciam a qualidade posterior do sorvete. Tem duas funções importantes:

- a) Incorporação de ar com a agitação vigorosa da mistura, obtendo-se corpo equilibrado, o que também afeta o custo;
- b) Congelamento extraído da água da mistura, a fim de conseguir cristais bem pequenos, o que produz uma textura mais uniforme e agradável ao paladar.

O uso de temperaturas muito baixas, entre -8 °C a -15 °C embora congele maior proporção de água em menos tempo, não é conveniente, pelo fato de provocar endurecimento demasiado do sorvete o que dificulta sua saída da máquina batedeira.

O congelamento da mistura é uma das operações importantes do processamento. Ao se incorporar o ar, o produto é convertido em uma espuma e desta etapa dependem a qualidade, o sabor e o rendimento. A espuma é formada pela dispersão de bolhas de ar em uma fase líquida. As bolhas são separadas por uma parede líquida ou semi-sólida conhecida como película ou lamela que na espuma estável é elástica (MOSQUIM, 1999).

O processo pode ser dividido em duas etapas:

- a) A mistura, já adicionada dos sabores, essências, corantes, entre outros ingredientes, é congelada rapidamente, enquanto é agitada a fim de promover a incorporação de ar.
- b) O sorvete, parcialmente congelado, é retirado do freezer, embalado e transferido para câmaras frias, onde o congelamento e o endurecimento são completados sem agitação (SILVA, 1996).

Há dois tipos de sorvete: o duro, que é congelado ou endurecido diretamente na embalagem, a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e conservado à temperaturas, e geral, inferiores a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$; e o mole, que é congelado e mantido à temperatura de aproximadamente $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento do consumo, que deve ser imediato (MOSQUIM, 1999).

No caso de sorveterias artesanais a elaboração termina nestes dois processos. O produto é colocado em vitrines frigoríficas, em temperaturas de congelamento, e realiza-se a venda direta ao consumidor, em diferentes tipos de embalagens, como copos descartáveis, casquinhas, ou ainda em maior quantidade, em embalagem térmica ou isotérmica.

No caso da fabricação industrial os sorvetes são embalados e congelados a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, posteriormente enviados ao depósito em câmaras frigoríficas apropriadas até a distribuição.

O *overrun* é definido como o aumento de volume de sorvete obtido em relação ao volume da mistura. É expresso em porcentagem e representa o ar incorporado durante o processo de congelamento (MINAUDO, 1977).

A quantidade de ar a ser incorporado depende da composição da mistura e da forma de processamento e é regulada para que o produto tenha o corpo, a textura e o sabor desejado. A incorporação de ar excessiva produz um sorvete com consistência de espuma. Uma baixa incorporação produz um sorvete muito pesado. Em geral as misturas que têm conteúdo de sólidos alto justificam maior *overrun* do que as misturas com menor conteúdo (ARBUCKE, 1986).

Segundo ARBUCKE (1986), o ar é um ingrediente necessário ao sorvete, porque, sem ele, a mistura se congelaria qual massa dura e encharcada. O aumento de volume causado pelo ar incorporado é de 60% a 100%, mas pode atingir até 150%. Um aumento excessivo de volume faz o sorvete perder o corpo e desmanchar-se muito rapidamente na boca. O cálculo do aumento de volume é feito pelo emprego das fórmulas:

a) Pela massa

$$\% \text{ "Overrun"} = \frac{\text{Massa de um volume de mistura} - \text{Massa do mesmo volume de sorvete}}{\text{Massa do mesmo volume de sorvete}} \times 100$$

b) Pelo volume:

$$\% \text{ "Overrun"} = \frac{\text{Massa de um volume de mistura} - \text{Massa do mesmo volume de sorvete}}{\text{Volume da mistura}} \times 100$$

Para se obter sorvete de boa qualidade é indispensável que todos os ingredientes sejam de boa qualidade, principalmente os lácteos. A fabricação deve ser conduzida de maneira a manter a qualidade, enquanto as condições de estocagem e de distribuição devem ser as mais favoráveis possíveis.

ARBUCKLE (1986) e TIMM (1989) descrevem que os defeitos possíveis de serem apresentados pelo sorvete são referentes ao sabor e defeitos de corpo e textura.

As fontes mais comuns de defeitos no sabor são: ingredientes de baixa qualidade; quantidade excessiva ou deficiente de açúcar; quantidade excessiva ou deficiente de saborizante; falta de afinidade dos ingredientes e a condição na qual o produto é servido.

Portanto a qualidade do sorvete depende basicamente de uma boa seleção dos ingredientes que integram a sua composição, o perfeito balanceamento da calda e o congelamento em condições adequadas, sendo imprescindível a manutenção de um perfeito controle de qualidade ao longo de

todo o processo de fabricação, a fim de detectar e corrigir defeitos que possam ocasionar falhas na qualidade final do produto.

2.2. Coco Babaçu

2.2.1. Características gerais do coco babaçu

Há controvérsias entre os botânicos quanto a classificação da palmeira do coco babaçu. Alguns a classificam genericamente como *Orbignya oleífera*, outros estudiosos como *O. speciosa*, *O. martiana*, ou ainda, *O. phalerata* (BEZERRA, 1999). De acordo com ROSA (1986), o vegetal pertence à família das Palmáceas, sub-família ceroxylináceas cujo nome científico é *Orbignya martiana*.

É de origem brasileira, encontrada na região amazônica e mata atlântica da Bahia. É uma planta típica da região de transição entre o cerrado, a mata amazônica e o semi-árido nordestino. Seu crescimento é espontâneo nas matas da região amazônica. Cada palmeira pode produzir até 2.000 frutos anualmente.

A palmeira produz cocos, dispostos em cachos. Os frutos são constituídos de epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas. O epicarpo, representa 15% do fruto, e é formado por fibras resistentes que podem ser usadas, principalmente na fabricação de escovas e tapetes. O mesocarpo constitui cerca de 20% do fruto e contém de 20% a 25% de amido. É muito usado na fabricação de alimentos, como farinhas e bebida semelhante ao chocolate. O endocarpo, que representa 60% do coco, pode ser usado na fabricação de isolantes e, também na produção de álcool metílico, ácido acético, alcatrão e carvão. As amêndoas encontram-se inseridas no interior do endocarpo, constituem aproximadamente 6% do coco, e mais de 60% desta é composta de óleo e o restante constitui a torta usada para ração animal e adubo. O óleo é rico em ácido láurico, com concentração acima de 40% (PINHEIRO e FRAZÃO, 1995; WANDECK, 1995).

Dos 18 milhões de hectares de babaçuais do Brasil, 10 milhões encontram-se no Maranhão, que produz 115 mil toneladas de amêndoas por ano, ou seja, 70% da produção nacional (BEZERRA, 1999).

A época e a intensidade de produção varia com a safra considerada e, dentro da mesma região, de acordo com a localização dos babaçuais, populações existentes e condições meteorológicas vigentes. No Quadro 1 estão apresentados os períodos de coleta dos frutos nos três principais Estados produtores do País.

Quadro 1 – Principais Estados produtores de babaçu e períodos de safra

Estado	Época de coleta	Ponto máximo de safra
Maranhão	Julho – Dezembro	Setembro – Novembro
Piauí	Agosto – Fevereiro	Novembro – Dezembro
Tocantins	Junho – Dezembro	Agosto – Setembro

Fonte: Secretaria de Indústria Comércio e Turismo do Estado do Maranhão (MARANHÃO, 1976)

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil há grandes reservas extrativistas de coco babaçu, base de sobrevivência de muitas comunidades. O baixo preço do produto não permite, porém, um maior estímulo ao seu aproveitamento.

As gorduras láuricas são consideradas um seguimento muito importante na indústria de óleos e gorduras. São extremamente resistentes à oxidação e ao contrário das outras gorduras saturadas, elas têm um ponto de fusão baixo e bem definido (ROBINSON, 1991). Os óleos pertencentes a este grupo, são extraídos de certas espécies de palmas.

Estes óleos são usados, principalmente, na indústria de cosméticos, mas em função das suas propriedades físicas e de resistência à oxidação, são também usados no preparo de gorduras especiais para confeitaria, sorvetes, margarinas e substitutos de manteiga de cacau (SOARES e FRANCO, 1990; HAUMANN, 1992; LAWSON, 1995).

As principais fontes de gorduras láuricas no mundo são os óleos de coco e palmiste (coquinho do dendê ou palma). Os principais produtores são as

Filipinas e a Malásia (LAWSON, 1985; HAUMANN 1992). No Brasil as principais fontes de gorduras láuricas são os óleos de coco, de palmiste e de babaçu.

BEZERRA (1999) cita que vários pesquisadores caracterizaram os ácidos graxos presentes no óleo de babaçu (Quadro 2)

Quadro 2 – Composição em % de ácidos graxos e índice de iodo do óleo de coco babaçu de acordo com diferentes autores

Ácidos graxos (%) e índice de iodo	MARTIN e GUICHARD, (1979)	WHITE, (1992)	ROSSELL, (1993)
Capróico	nd	0,4	nd
Caprílico	nd	5,3	5,5
Cáprico	nd	5,9	5,5
Láurico	44-47	44,2	43
Mirístico	15-18	15,8	16
Palmítico	6-9	8,6	9
Esteárico	3-5	2,9	3,5
Oléico	12-16	15,1	15
Linoléico	1-2	1,7	2,6
Índice de iodo	14-18	13-18	14-18

Fonte: Bezerra (1999)

nd = não determinado

De acordo com ROSSELL (1993), o índice de refração do óleo de babaçu varia entre 1,448 a 1,455; o índice de saponificação entre 245 a 256; o ponto de fusão entre 24 °C, a 26 °C, e o teor de matéria insaponificável entre 0,2 a 0,9. Segundo WEISS (1970), este óleo apresenta índice de iodo variando entre 7,5 a 10,5; ponto de fusão de 23 °C a 26 °C e índice de saponificação entre 250 e 264.

2.2.2. Processos de Extração do Óleo de Coco Babaçu

Os principais processos empregados para extração de óleos e gorduras de sementes oleaginosas são a prensagem e a extração por solventes.

Na extração por prensagem, o teor de óleo na torta pode ser reduzido em até 6%, nas prensas mais modernas, de grande porte. Mas, em geral o valor médio é da ordem de 10% a 12% (TANDY, 1991).

Na extração por solvente, os equipamentos mais modernos chegam a extrair até 98% do óleo, deixando um teor de óleo residual inferior a 1% no farelo e pode em alguns casos, chegar a 0,5%. Desse modo, na extração de sementes com altos teores de óleo, superiores a 30 % como as sementes de girassol, amendoim e babaçu, utiliza-se inicialmente o processo de extração por prensagem para reduzir o teor de óleo a até, aproximadamente, 15%. O restante do óleo é extraído por solvente. Na extração do óleo de sementes com baixos teores de óleo como, por exemplo, a soja que tem apenas 20% de óleo, emprega-se diretamente a extração por solvente (TANDY, 1991; WAN, 1991).

Independente do processo usado para a extração, seja por solvente ou por prensagem, o preparo da matéria-prima inclui, em geral as mesmas etapas: limpeza, descorticação, trituração, laminação e cozimento (HARTMAN e ESTEVES, 1982).

PARENTE (1992) relatou que as amêndoas do coco babaçu quebradas, ou mesmo arranhadas, quando expostas ao ar úmido, rancificam proporcionalmente ao tempo de exposição. A presença de enzimas hidrolizantes nos óleos vegetais constitui o fator catalizante para a acidificação, especialmente nos casos em que as amêndoas permanecem por muito tempo estocadas antes da extração do óleo.

No Brasil, o óleo de babaçu tem sido usado, quase que exclusivamente, na fabricação de produtos de higiene e limpeza. O seu uso na indústria de alimentos, principalmente margarina, aparece como secundário. Há, no entanto, um interesse em desenvolver mercados e novas alternativas para uso do óleo de babaçu.

2.3. Soro de Queijo

2.3.1. Produção e Características Gerais do Soro de Queijo

O soro é obtido na proporção direta da quantidade de queijo fabricada, já que representa 80% a 90% do volume total de leite usado. Este

produto contém cerca da metade do extrato seco total do leite originalmente usado para fabricação de queijos, com 6,0% a 6,5% de sólidos totais.

O soro obtido pela coagulação da caseína no seu ponto isoelétrico (pH=4,6) é denominado “soro ácido”, enquanto o obtido por ação da renina é conhecido como “soro de queijo” ou “soro doce”. O primeiro apresenta alto teor de cálcio e traços de caseína, enquanto o segundo é caracterizado por menores concentrações de cálcio e fragmentos derivados da caseína. As proteínas do soro doce apresentam valor nutritivo superior à maioria das proteínas presentes na dieta do homem, em função de sua composição em aminoácidos essenciais (BADUI, 1977).

Em virtude da alta concentração de substâncias orgânicas, representadas principalmente pela lactose com aproximadamente 70% dos sólidos totais, e pelas proteínas com 15% dos sólidos totais, o soro é um produto com alto potencial de poluição ambiental. Sua descarga nos cursos d'água provoca a destruição da flora e da fauna devido demanda biológica de oxigênio (DBO), que é da ordem de 30.000 mg a 60.000 mg de O₂ por litro de soro, dependendo obviamente do processamento específico utilizado na fabricação dos queijos.

Atualmente, no Brasil, o soro tem quatro destinações principais: é usado para fabricação de ricota; é processado para obtenção de soro em pó e bebida láctea; é vendido a suinocultores a preços baixos, quando estes conseguem demandar toda a produção; é jogado diretamente em córregos e rios, após desnate, ocasionando grandes problemas de poluição. (BRANDÃO, 1994; WASEN, 1998).

O aumento da produção de soro de queijo pode causar sérios problemas de poluição, se este for descartado no solo ou despejado em leito de rios. Estima-se que para cada quilo de queijo são produzidos 9 litros de soro. Considerando que a produção de queijos no Brasil está em torno de 450 mil toneladas/ano, isto corresponde a 4.050.000 toneladas de soro de queijo. Este volume equivale a: 24.300 toneladas de sais minerais, 36.450 toneladas de proteínas: 12.150 toneladas de gordura e 202.500 toneladas de lactose.

Acredita-se que aproximadamente 50% de todo o soro produzido não seja aproveitado (SANTOS e FERREIRA, 2001).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, o soro e as frações do soro tornaram-se ingredientes alimentares muito versáteis e valorizados. As indústrias empregam uma série de processos tecnológicos incluindo a ultrafiltração, cristalização, precipitação, osmose inversa e outros métodos de separação física, para o desenvolvimento de produtos de soro, de acordo com especificações, fornecidas pelo usuário final.

As etapas iniciais de processamento de soro são sempre iguais. A temperatura do soro no momento em que é separado da massa de queijo é de 35 °C a 38 °C. O soro contém, aproximadamente, 4,6% de lactose, além de outros nutrientes requeridos para o crescimento da cultura láctica.

O objetivo da primeira etapa de processamento de soro é interromper a conversão de lactose em ácido láctico. Isto pode ser feito por meio da pasteurização imediata do soro para inativar as bactérias do fermento láctico, ou ainda, pelo resfriamento rápido do soro a uma temperatura inferior a 7 °C o que interrompe a fermentação até que o soro seja pasteurizado.

A segunda etapa tem como objetivo remover os resíduos finos contidos no soro e a gordura livre que não ficaram aprisionados na massa de queijo. Para isto utiliza-se, freqüentemente, a centrifugação.

As demais etapas do processamento irão, naturalmente, depender da composição e das propriedades funcionais desejadas no produto final. Os fabricantes americanos utilizam um ou mais processos de separação para obter um produto de acordo com as especificações funcionais e nutricionais exigidas pelo usuário final.

A área de processamento de soro está aberta à oportunidades de múltiplas aplicações da tecnologia de membranas. O soro é um produto complexo, contendo numerosos componentes que, quando extraídos e purificados, possuem um valor comercial muito superior aos componentes presentes no soro líquido virgem. O problema é que estes componentes existem em concentrações muito baixas na fase aquosa. A composição típica do soro doce separado com renina é apresentada no Quadro 3. A fração

protéica é constituída por 50% de β -lactoglobulina, 25% de α -lactalbumina e 25% de outras proteínas incluindo imunoglobulinas, proteoses, soroalbumina bovina e β -caseína, cada uma com suas características específicas (BIRD, 1996). Variações consideráveis na composição do soro podem ocorrer em função do lote de leite e da natureza do processamento.

Quadro 3. Composição típica do soro de leite separado com renina

<i>Componentes</i>	<i>%</i>
Água	93,6
Sólidos totais, contendo:	6,4
Lactose	4,6
Matéria nitrogenada	0,9
Cinzas	0,7
Gordura	0,1
Ácido láctico	0,1

Fonte: BIRD, 1996.

As proteínas do leite de um modo geral apresentam propriedades funcionais muito interessantes do ponto de vista industrial como solubilidade, formação de espuma, emulsificação, gelatinização e melhoria do sabor. A funcionalidade de cada proteína é associada à sua estrutura primária e à configuração espacial, e é fortemente afetada pelas características do meio em que ela se encontra.

2.3.2. Concentração de proteínas de soro por ultrafiltração

A ultrafiltração é em um processo de separação em fase líquida, por permeação por uma membrana de permeabilidade seletiva e sob a ação de um gradiente de pressão. Esta membrana contém poros ultrafinos, o que possibilita a retenção de macromoléculas e colóides e a permeação de pequenas

moléculas. A ultrafiltração é um processo em que ocorre, simultaneamente, fracionamento e concentração (KOSIKOWSKI, 1986; DZIEZAK, 1990).

Sistemas de ultrafiltração (UF) utilizam membranas poliméricas projetadas e construídas de modo a reter moléculas e partículas com pesos moleculares acima de 20.000. Separam, portanto, as moléculas menores incluindo as de lactose, peso molecular de 342, sais e água. A solução diluída de lactose, minerais e nitrogênio não protéico que permeia a membrana é chamada de “permeado”. A solução de proteínas e de gordura que não permeia a membrana é chamada “retentado”. O grau de concentração é limitado pelo aumento da viscosidade do retentado (USDEC, 1997).

Para facilitar maior separação da lactose e dos sais minerais e aumentar a proporção de proteína no retentado, pode-se adicionar água continuamente ao retentado à medida que este circula pelo sistema de ultrafiltração. Este procedimento é chamado de diafiltração. A diafiltração promove a lavagem ou separação subsequente da lactose e dos sais minerais das proteínas o que permite a obtenção de uma proporção mais alta de proteína: sólidos.

Membranas podem ser definidas como barreiras seletivas ao transporte de matéria e energia, entre duas fases. Elas são utilizadas em processos de separação para fracionar os componentes de uma mistura, em função de suas diferentes taxas de permeação (RENNER e EL-SALAM, 1991).

A tecnologia de membranas compreende um conjunto de processos de separação molecular que permite o fracionamento dos componentes de um líquido ao fazê-lo passar por uma membrana. Desta forma obtêm-se duas frações: o permeado e o retentado ou concentrado. O permeado é formado pelo conjunto de componentes do líquido inicial que, pelo seu tamanho, atravessam a membrana. O retentado ou concentrado é formado por componentes que não atravessam a membrana e que são, portanto, concentrado no processo (RODRIGUES, 1997).

Em função do tipo e do tamanho dos poros da membrana, além das condições empregadas no processo, distinguem-se quatro tipos de processos

de separação por membrana: Osmose inversa (OI), nanofiltração (NF), ultrafiltração (UF) e microfiltração (MF). O sistema mais empregado pela indústria de laticínios é a ultrafiltração, que teve o seu desenvolvimento a partir dos anos 70 para a fabricação de queijos em pasta a partir de leite concentrado (MAUBOIS e MOCQUOT, 1975).

O volume em litros ou quilogramas de permeado que atravessa a membrana por unidade de tempo e por unidade de superfície de filtração ($l \times h^{-1} \times m^{-2}$) é denominado fluxo. A redução de volume ou massa alcançada que é calculada pela relação entre o volume (ou peso) inicial do líquido e o volume (ou peso) final do retentado é denominada fator de concentração (FC) (RENNER e EL-SALAM, 1991).

A porosidade de uma membrana é dada pelo diâmetro dos poros (em μm) ou pelo peso molecular (em Daltons, cuja unidade equivale a massa de 1 átomo de Hidrogênio = $1,66 \times 10^{-24} g$), que expressa o tamanho da maior molécula de permeação, sendo, muitas vezes, denominada tecnicamente de “valor de corte” (MELLO, 1989). Isto significa que ocorre um fracionamento distribuído, em que uma substância de peso molecular menor que o valor de corte deve passar pela membrana e aquelas de maior peso molecular ficarão retidas.

As propriedades de estabilidade química, física, físico-química, mecânica e microbiológica das membranas condicionam a eficácia e os rendimentos tecnológicos e econômicos desse processo (MAUBOIS e BRULE, 1982).

Três gerações de membranas foram desenvolvidas. A primeira delas foi fabricadas com acetato de celulose, refugadas em razão de suas características físico-químicas pouco compatíveis com as exigências da indústria de laticínios, como, temperatura limitada de uso a $50 \text{ }^\circ C$, pH entre 3,0 e 8,0, sensibilidade a microrganismos e agentes desinfetantes (MAUBOIS, 1980). A segunda geração é constituída por membranas à base de polímeros orgânicos, principalmente derivados de polissulfona, com desempenho superior às de acetato de celulose. Estas membranas resistem a uma variação maior de temperatura ($75 \text{ }^\circ C$ a $80 \text{ }^\circ C$) e de pH (2,0 a 12,0). No entanto, têm baixa

resistência a ação de desinfetantes clorados e à compactação mecânica (MAUBOIS, 1980). Estas últimas são utilizadas na maioria dos trabalhos científicos publicados após 1975 (MELLO, 1989). Uma terceira geração de membranas, denominada de membranas minerais, são constituídas à base de óxido de zircônio, em suporte de grafite, que apresentam alta resistência físico-química e mecânica. Além disto são resistentes a temperaturas de até 400 °C e a todos os valores da escala de pH. Os resultados observados com estas membranas demonstraram que é possível a obtenção de concentrados com altos teores de proteínas sem alterações nas suas propriedades de permeação (MAUBOIS, 1980).

Na seleção de uma membrana devem ser consideradas, principalmente, as condições de operação, como temperatura, pressão, pH do material a ser ultrafiltrado e compatibilidade química da membrana com este material (DZIEZAK, 1990).

As membranas de UF são dispostas em módulos, com diferentes conformações: sistema em espiral, fibras capilares, a placas e tubulares. Cada sistema tem suas vantagens e desvantagens quanto ao desempenho, investimentos, custos de processo e manutenção, e facilidade de limpeza (MAUBOIS, 1980).

É desejável alcançar uma taxa de permeação máxima, utilizando-se uma quantidade mínima de energia. Os principais fatores que afetam as taxas de permeação durante a ultrafiltração são, pressão, temperatura e viscosidade do líquido (LEWIS, 1982).

Quando se aplica pressão a um fluido que entra no sistema de ultrafiltração, os componentes maiores do que o poro mínimo da membrana são retidos e concentrados, e forma o retentado que, no sistema contínuo, é coletado no final da membrana. Os componentes menores atravessam a membrana semipermeável, e são coletados em uma saída separada, e constituem o permeado ou filtrado (VAN DENDER, 2001).

A ultrafiltração é a tecnologia mais empregada no processamento do soro (LINDEN e LORIENT, 1996). Os concentrados protéicos do soro - CPS são atualmente produzidos em maiores proporções a partir da ultrafiltração do

soro clarificado. O processo de ultrafiltração utiliza uma membrana com tamanho de poro de aproximadamente 0,01 μm , onde sob pressão menor que 1000 kPa as proteínas e gorduras são retidas na membrana, enquanto a água flui pela da membrana juntamente com moléculas relativamente pequenas como as de lactose, minerais, vitaminas hidrossolúveis e outros compostos (ROSENBERG, 1995; RATTRAY e JELEN, 1996).

Pela simples passagem do soro pelas membranas de ultrafiltração é obtido o concentrado protéico de soro que pode conter uma concentração de proteína entre 25% a 85%. Este processo não desnatura as proteínas do soro, o que mantém suas propriedades funcionais intactas. No sistema de ultrafiltração pode-se utilizar membranas de fibra oca, espiral em camadas ou de placa e quadro (JELEN, 1991).

O valor nutricional e econômico do soro pode ser aumentado pela separação de seus principais componentes: proteínas, lactose e sais minerais. O tratamento do soro por ultrafiltração permite obtenção de dois produtos: um concentrado de proteínas ou retentado, de forte interesse dietético e funcional, portanto possui alto valor agregado, e um permeado contendo além da lactose, sais minerais, nitrogênio não-protéico e vitaminas. A utilização da técnica de ultrafiltração apresenta como vantagem a recuperação das proteínas solúveis sem que ocorra desnaturação das mesmas.

O processo industrial de separação por ultrafiltração é feito sob pressão e as membranas mais empregadas são as polissulfonas. Acetato de celulose foi o primeiro material filtrante empregado, mas foi gradualmente, substituído por membrana polissulfona. Estes filtros resistem melhor aos valores extremos de pH e às altas temperaturas empregadas para sua limpeza.

A ultrafiltração apresenta algumas limitações como o de alto custo de operação e entupimento da membrana o que diminui a sua vazão e compromete a remoção de solutos de baixo peso molecular (MULVIHILL, 1992). O limite da concentração do soro pelo método de ultrafiltração em plantas modernas é de, aproximadamente, 24% de sólidos totais, com uma razão de proteínas/sólidos totais de 0,71:1. Para o aumento deste limite para 0,8:1 é emprega-se a diafiltração. Este processo consiste na diluição do

concentrado, em geral com água seguido da separação, e mais adição de água, até que seja atingida a separação de solutos desejada (ROSENBERG, 1995). Este processo permite maior separação de lactose e dos sais minerais elevando a proporção de proteína no retentado.

Concentração a vácuo

A concentração a vácuo é um processo que envolve o aquecimento do soro fluido e a vaporização da água, sob vácuo. O vácuo permite que a água seja removida a temperaturas bem abaixo de 100 °C. Sistemas recém desenvolvidos permitem aquecimento do soro fluido com eficiência térmica máxima, o que causa danos mínimos às proteínas e aos demais componentes do soro, sem alterar as proporções entre os sólidos.

Secagem por atomização

O método de secagem por atomização ou *spray drying* inclui a atomização de soluções concentradas em um fluxo de ar quente. Por meio do controle do tamanho das gotículas, da temperatura e do fluxo de ar é possível evaporar a umidade, ao mesmo tempo em que os sólidos ficam expostos a uma temperatura relativamente baixa.

Parâmetros operacionais

A ultrafiltração é um processo que permite a separação mecânica dos componentes de uma solução ou suspensão, em virtude, principalmente, de seus pesos moleculares. Esta separação ocorre por meio de membranas semipermeáveis, por causa da aplicação de pressão hidrostática. Os componentes de pesos moleculares maiores que o valor de corte da membrana são retidos e aqueles de pesos moleculares menores a atravessam.

Uma das principais vantagens do processo é a baixa energia requerida para a concentração. Na evaporação, processo convencional para a separação de componentes dissolvidos, é usado grande volume de energia calorífica, na ordem de 520,2 Kcal/Kg de água evaporada. No processo de ultrafiltração, a separação é realizada na sua totalidade, na fase líquida. O processo requer somente energia elétrica, o que representa baixo consumo de energia, além de permitir o uso de baixas temperaturas, o que previne a ocorrência de alterações físicas e químicas dos produtos (MARQUES e GUEDES, 1985).

Os sistemas de ultrafiltração podem ser operados de acordo com dois princípios: processamento em lotes intermitentes ou batelada e processamento contínuo. O primeiro é geralmente usado para instalações pequenas e a concentração é obtida da mesma solução que é recirculada via tanque de alimentação, até atingir o grau de concentração desejado. Em instalações onde o processo é contínuo a solução de alimentação circula, com o auxílio de bombas, por um número de módulos de ultrafiltração ligados em série de forma que, cada módulo opera num grau de concentração constante e maior que o anterior (RENNER e EL-SALAM, 1991).

2.3.3. Concentrados e Isolados Protéicos de Soro

As proteínas do soro estão comercialmente disponíveis na forma de concentrados protéicos, obtidos pela combinação de dois ou mais processos tecnológicos e como isolado protéico, em geral obtido por troca iônica.

Em função do tipo de processamento, o soro pode apresentar uma série de características. Com base nestas características, os produtos de soro podem ser classificados em sete categorias básicas: soro doce em pó, soro ácido em pó, soro com teor de lactose reduzido, soro desmineralizado, concentrados protéicos de soro (CPS), isolados protéicos de soro (IPS) e lactose (USDEC, 1997).

O isolado de proteína de soro é obtido pela remoção de quantidade suficiente de constituintes não protéicos do soro pasteurizado de modo que o produto acabado em pó contém teor de proteínas não inferior a 90%. O isolado de proteína de soro é fabricado por meio de técnicas como filtração ou troca iônica.

Os concentrados protéicos de soro são comercializados na forma de soluções concentradas ou em pó. No último caso, é necessário aumentar o conteúdo de sólidos de 30% até 60%, antes da secagem por osmose inversa, evaporação a vácuo ou combinação de ambos os processos (VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

As normas norte americanas definem os concentrados protéicos de soro - CPS como produtos com teor de proteína superior a 25% em relação ao peso. Em função da concentração de proteínas os produtos de soro são classificados em CPS 34, CPS 50, CPS 60, CPS 80 (Quadro 4).

Quadro 4. Composição percentual característica de concentrados protéicos de soro

Componente	CPS 34	CPS 50	CPS 60	CPS 80
Proteína	34,0 - 36,0	50,0 - 52,0	60,0 - 62,0	80,0 - 82,0
Lactose	48,8 - 52,0	33,0 - 37,0	25,0 - 30,0	4,0 - 8,0
Gordura	3,0 - 4,5	5,0 - 6,0	1,0 - 7,0	4,0 - 8,0
Cinzas	6,5 - 8,8	4,5 - 5,5	4,0 - 6,0	3,0 - 4,0
Umidade	3,0 - 4,5	3,5 - 4,5	3,0 - 5,0	3,5 - 4,5

Fonte: adaptado de USDEC, 1997.

2.3.4 Propriedades Funcionais dos Produtos do Soro

2.3.4.1. Considerações Gerais

O termo “funcionalidade” tem sido aplicado para se referir às propriedades não-nutritivas que conferem aos alimentos maior conveniência ao manuseio, melhor aparência na apresentação e melhor aceitação pelos

consumidores. A maioria das propriedades funcionais influencia as propriedades sensoriais de um alimento, em especial a textura (SGARBIERI, 1998).

Os produtos derivados das proteínas lácteas têm aplicações em outros produtos além dos lácteos que dependem principalmente das propriedades tecnológico-funcionais dos componentes lácteos. O sistema de desidratação é muito importante para sua funcionalidade (SCHLIMME e BUCHHEIM, 2002).

Os concentrados protéicos de soro - CPS e os isolados protéicos de soro - IPS são muito desejáveis como ingredientes nutritivos, em função do seu alto valor biológico por conter aminoácidos sulfurados. A adoção da tecnologia de membranas, incluindo a ultrafiltração - UF e diafiltração - DF possibilitou o desenvolvimento de diversos produtos com variadas e excelentes funcionalidades (MORR, 1989; MULVIHILL, 1992).

Os fatores importantes que determinam a funcionalidade de um produto são a quantidade de proteína desnaturada, o conteúdo de lactose, lipídeos e minerais. Geralmente a desnaturação protéica reduz a solubilidade e prejudica as funções que requerem alta atividade de superfície, como a emulsificação e a espumabilidade. Os produtos CPS e IPS possuem solubilidade e propriedades emulsificantes excelentes, associadas a seus baixos índices de desnaturação protéica. A presença de lipídeos interfere com a espumabilidade e com a capacidade de bateção e por isto os CPS e IPS devem ser desnatados para sua boa funcionalidade (SWAISGOOD, 1996).

As propriedades físico-químicas conhecidas da maioria dos componentes das proteínas (β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, albumina do soro bovino, imunoglobulinas e protease-peptona) contidas em concentrados protéicos de soro são muitas (WHITNEY et al, 1976). Aplicação destes conhecimentos permite a compreensão e manipulação da funcionalidade das proteínas de soro na preparação de produtos alimentícios por meio das modificações das proteínas e controle criterioso dos fatores de processamento

e composição durante a preparação do concentrado protéico de soro (MORR, 1989).

Os concentrados protéicos de soro, principalmente aqueles com baixos teores de lactose, minerais e lipídeos apresentam boa capacidade espumante e emulsificante. Concentrados protéicos de soro, com baixo teor de lipídeos, podem substituir, com relativa eficiência, o uso de proteínas da gema de ovo, em determinados produtos “aerados” (DeWIT, 1989).

As proteínas do soro são usadas em formulações de uma grande variedade de alimentos e constituem o maior grupo de ingredientes funcionais, com capacidade para formação de espumas, gelificação, emulsificação e capacidade de retenção de água, além das propriedades nutricionais (MORR e HÁ, 1993; IBANOGLU e KARATAS, 2001).

Concentrados protéicos de soro - CPS, são capazes de atender as exigências funcionais importantes na industrialização de produtos alimentícios como hidratação, atividade superficial, estrutural, textural, reológica e sensoriais.

2.3.4.2. Solubilidade

Solubilidade é a propriedade de uma substância de manter-se dispersa em um dado solvente. É uma das propriedades físicas mais importantes para a determinação das características funcionais de uma proteína.

A solubilidade das proteínas é associada a três fatores principais: grau de hidratação, densidade e distribuição de cargas ao longo das cadeias e presença de substâncias não protéicas como fosfatos, carboidratos e lipídios, que podem apresentar efeito estabilizante. Para ser solúvel uma proteína deve interagir com o solvente por ligações de hidrogênio, dipolo-dipolo, e interações iônicas. O grau de solubilidade depende do pH, da força iônica, do tipo de solvente e da temperatura (SWAISGOOD, 1996).

A insolubilidade completa das proteínas é caracterizada pela formação de um precipitado, que ocorre apenas quando várias moléculas do precipitado se aproximam e produzem agregados de proteína de tamanho suficiente para serem visíveis e centrifugados a baixa força. Isto pode ser conseguido, ajustando-se o pH no ponto isoelétrico da proteína, pela adição de sal, uso de certos solventes ou pela combinação destes com a temperatura (ARAÚJO, 1999). A valores de pH superiores ou inferiores ao ponto isoelétrico, a proteína arrasta uma carga positiva ou negativa e as moléculas de água podem interagir com estas cargas, o que contribui para a solubilização (SWAISGOOD, 1996).

Os dados sobre características de solubilidade são muito úteis para determinar as condições ótimas de extração e purificação de proteínas. O comportamento da solubilidade frente a diversas condições é um bom índice das possíveis aplicações dos ingredientes protéicos.

A solubilidade é uma propriedade funcional muito importante em produtos fluidos e semifluidos. Em bebidas prontas para beber, a solubilidade previne a floculação ou a sedimentação protéica, o que melhora a aparência e a textura do produto.

Os concentrados protéicos de soro são com freqüência muito solúveis mesmo que sua capacidade de ligação à água seja baixa, em virtude da estrutura compacta das suas moléculas. A desnaturação por aquecimento controlado pode aumentar a solubilidade, em razão de um desdobramento parcial com exposição dos grupos hidrofílicos. A solubilidade pode refletir outras propriedades de proteínas em pó, o que irá depender muito das condições do meio. No ponto isoelétrico o equilíbrio entre as cargas positivas e negativas leva a uma intensa atração eletrostática, o que resulta em perdas parciais ou totais da solubilidade. A α -lactoglobulina é altamente solúvel, uma vez que a maioria dos seus grupos polares está localizada na superfície de sua molécula (CAYOT e LORIENT, 1997).

Os processos usados para produção do CPS são ultrafiltração ou filtração em gel (fracionamento por peso molecular), já que processos por

precipitação em geral resultam na diminuição da solubilidade ou precipitação de resíduos químicos, o que limita sua aplicação na indústria alimentícia.

A composição iônica do CPS depende da forma de obtenção do soro (soro ácido ou soro doce). A forma de obtenção tem uma influência diferente na susceptibilidade das proteínas do soro em relação à desnaturação durante o fracionamento e purificação do CPS. Por isto, durante os processos que empregam tratamento térmico, como, concentração a vácuo, secagem por atomização e outros, é necessário minimizar a severidade do tratamento térmico, para evitar o efeito deletério sobre a funcionalidade das proteínas.

O controle da insolubilização da proteína do soro pode resultar em concentrados protéicos com diferentes propriedades funcionais específicas (DUNKERLEY e ZADOW, 1988).

A hidrólise enzimática e tratamento térmico em condições ácidas podem modificar estas características (CHAPLIN e ANDREW, 1989; TURGEON et al., 1991). Solubilidade, hidrofobicidade e agregação são propriedades relacionadas ao grau de desnaturação da proteína e tem implicação direta na sua capacidade emulsificante (TURGEON et al., 1991).

2.3.4.3. Propriedades emulsificantes

De modo geral, os seguintes fatores são importantes para controlar as propriedades de emulsão do CPS:

- Tempo e intensidade do processo de emulsificação;
 - Equipamentos experimentais para preparar a emulsão (misturador, gerador ultrasônico, misturador omni);
 - Força iônica e composição da fase aquosa, e
 - Tipo do CPS (processo de obtenção por ultrafiltração, complexação química ou outros processos).
- Outros fatores podem ser adicionados, como a fonte e propriedades da gordura, proporção gordura /proteína, emulsificante químico, estado físico-químico das proteínas do soro e métodos analíticos para avaliar

precisamente as propriedades de emulsificação do concentrado protéico de soro.

Considerando que a fonte, composição e condições de processamento de cada CPS a ser avaliado determinam suas propriedades físico-químicas, que por sua vez definem suas propriedades de emulsificação, é necessário que estas informações sejam incluídas para cada produto, a ser avaliado. Por exemplo, a habilidade da proteína de desdobrar e orientar a interface óleo/água da emulsão depende dos tratamentos anteriores ao processamento. Aqueles tratamentos que promovem desnaturação e agregação são considerados prejudiciais às propriedades emulsificantes da proteína.

Outros fatores a serem considerados na definição das propriedades emulsificantes dos produtos CPS são sua solubilidade e distribuição do peso molecular, que podem ser monitorados pelas técnicas analíticas de gel filtração, eletroforese do gel e outras técnicas. Estas informações são essenciais, como ferramentas de monitoramento causa-efeito do ponto de vista prático, uma vez que dados de emulsificação apenas refletem diferenças nas condições de processamento de cada CPS.

Concentrados protéicos de soro são usados para melhorar a funcionalidade e valor nutritivo de muitos alimentos (MORR, 1979; DeWIT, 1989). A atividade superficial destas proteínas resulta na sua rápida adsorção na interface óleo-água durante a emulsificação, o que produz uma camada estabilizante que protege as gotículas de gordura contra a floculação e coalescimento subsequente (BRITTEN e GIROUX, 1991). Há, no entanto uma grande variação nas propriedades funcionais dos concentrados protéicos como resultado de diferenças composicionais em virtude de diferentes métodos de produção e forma de obtenção do soro (DeWIT et al., 1988; MORR, 1989).

As proteínas podem ser consideradas, de forma geral, como agentes emulsificantes. A capacidade emulsificante, porém, pode variar dentro de uma ampla faixa em função do tamanho, formato e solubilidade da molécula de proteína e efeito combinado de pH, temperatura e pressão iônica (DELANEY,

1976). Dentre os fatores que afetam a capacidade emulsificante das proteínas do soro está o grau de desnaturação (MANGINO et al., 1987; DeWIT, 1989).

A natureza do filme que envolve as gotículas de gordura na emulsificação é responsável por mudanças na emulsão durante o armazenamento. Resistência aos mecanismos de estresse e propriedades associativas daquele filme são fatores que afetam a estabilidade da emulsão. Modificações no filme protéico durante o armazenamento são, também, importantes para a estabilidade da emulsão. A possibilidade da ocorrência de reações enzimáticas e físico-químicas podem alterar as propriedades da membrana e, por consequência, o comportamento da emulsão (BRITTEN e GIROUX, 1991).

2.3.4.4. Propriedades de batadura/espumante

Fatores relacionados à composição e às condições de processamento afetam as propriedades de emulsificação e influenciam as propriedades químicas básicas das proteínas do soro em produtos como CPS, o que causa variações na desnaturação/agregação e limitam sua funcionalidade em relação as propriedades de batadura e espumante. Para conferir estabilidade à propriedade espumante, as proteínas do soro devem ser processadas de maneira a reter um alto grau de solubilidade, ou seja, deve-se evitar o uso de processos que promovam a desnaturação e associações inter-moleculares. Entretanto, um controle de desnaturação pelo pré-aquecimento de soluções de CPS, antes do processo de batadura/espuma, resulta em uma melhoria neste tipo de funcionalidade. Este tratamento provavelmente desdobra a estrutura molecular das proteínas sem ocasionar uma excessiva interação proteína-proteína, o que facilita a orientação da proteína na interface ar/água para estabilizar a espuma.

A formação de espuma requer moléculas flexíveis com poucas estruturas secundárias e terciárias, enquanto a coesividade inter-molecular e elasticidade são importantes para a estabilidade da espuma (DAMODARAN, 1990). A proteína de soro tende a apresentar uma boa capacidade de formação

de espuma, porém com estabilidade inferior à albumina do ovo (YILDIRIM et al., 1996).

2.3.4.5. Propriedade de gelificação

Uma das propriedades mais importantes dos concentrados protéicos do soro é a de formar géis (MANGINO, 1992). A formação de gel de proteínas globulares é o resultado de um processo de aglutinação induzido pela alteração de algumas condições, como a mudança de temperatura (VERHEUL e ROEFS, 1998).

Sob condições específicas, as proteínas do soro formam géis não reversíveis. As características do gel dependem da concentração de íons de cálcio e de sódio (USDEC, 1997).

Variações no pH da solução, concentração e tipo de sais ou condições de aquecimento também alterarão as propriedades de aglutinação e a formação de géis das proteínas do soro (VERHEUL e ROEFS, 1998).

Em condições de alta acidez, os géis são opacos, úmidos e fracos. Em soluções neutras ou de pH alcalino, os géis são mais translúcidos e apresentam maior elasticidade. Micropartículas de géis de proteína do soro mantêm o conteúdo de umidade de produtos de panificação e embutidos; conferem opacidade a bebidas e produtos lácteos e melhoram a textura e as qualidades gustativas em produtos com teor de gordura reduzido, produtos de panificação, queijo processado, iogurte, pudins e em carnes e frutos do mar.

A gelificação da proteína ocorre com a adição de sais ou de enzimas a uma solução de proteína concentrada e em valores de pH extremo ou calor. A gelificação induzida pelo calor segue um mecanismo que inclui duas etapas: desdobramento inicial da molécula seguido de agregação. O desdobramento expõe os hidrogênios hidrofílicos. Quando a concentração de proteína é de 6% a 12%, interações entre proteínas causam a formação de uma grande rede tridimensional hidratada. Quando estas interações são muito fortes, a água é liberada do gel, fenômeno denominado sinérese e há um colapso do gel. Um equilíbrio entre forças de atração (formação de rede) e forças repulsivas (que

previnem o colapso do gel e auxilia na retenção da água), é exigido para formar uma rede estável. A gelificação térmica das proteínas é influenciada pela concentração da proteína, pelo pH e pelo conteúdo de sais, por exemplo, cálcio. São formados géis translúcidos e fortes em pH ácido, exceto em pH < 3,0, e pH alcalino. Um coágulo opaco e géis fracos são formados no ponto isoelétrico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, foram utilizados os laboratórios do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar – CTAA da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA em Guaratiba, RJ para caracterização física e química de óleos de coco babaçu e de soja.

Para produção de concentrado protéico de soro, caracterização física e química de concentrados protéicos de soro e de leite em pó desnatado, produção e análises do sorvete foram utilizadas as dependências do Instituto de Laticínios Cândido Tostes – ILCT da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG em Juiz de Fora, MG.

3.1. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

Foram analisadas amostras de 200 gramas em duplicata representativas de óleos de coco babaçu refinados e hidrogenados a dois pontos de fusão (28 °C e 34 °C), contidos em latas apropriadas de folhas de flandres de 14.500 gramas, produzidos especialmente para este trabalho pela

UNILEVER de Valinhos-SP, e em amostra de óleo de soja refinado e hidrogenado ao ponto de fusão de 34 °C marca Mesa G da Cia LECO de Produtos Alimentícios para comparação dos efeitos dos processos de hidrogenação sobre a composição em ácidos graxos e características físico-químicas destes óleos.

3.1.1. Determinação da composição em ácidos graxos dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

Realizou-se as análises de composição em ácidos graxos por cromatografia em fase gasosa dos ésteres metílicos, conforme o método Ce 1-91 da AOCS (1987).

Para análise dos ácidos graxos por cromatografia gasosa, procedeu-se a metilação para redução do seu ponto de ebulição.

A determinação da composição em ácidos graxos por cromatografia gasosa, foi feita em amostras esterificadas segundo método de HARTMAN e LAGO (1986), nas seguintes condições:

- Cromatógrafo: HP 5890 séries II, com detector de ionização de chama.
- Coluna capilar de sílica fundida de FFAP - 25 m x 0,2 mm x 0,33 µm.
- Gás de arraste – Hidrogênio analítico 5,0.
- Fluxo do gás de arraste: 1,00 mL/min.
- Temperatura da coluna: 120 °C a 210 °C, com programação de 2 °C / minuto.
- Temperatura do injetor: 250 °C.
- Temperatura do detector: 280 °C.
- Tempo inicial: 1 minuto.
- Tempo final: 32 minutos.
- Pressão na cabeça da coluna: 65 Kpa
- Taxa de split : 1/100.

A identificação dos componentes foi feita por comparação dos tempos de retenção das amostras com o tempo de retenção de padrões de ésteres metílicos (GLC). A quantificação foi feita pela conversão das porcentagens de áreas dos picos em porcentagem de massa.

Empregou-se para o cálculo da composição para cada ácido graxo (% AG) a fórmula:

$$\%AG = \frac{\text{Área de cada pico de ácido graxo}}{\text{Somatório de todas as áreas dos picos de ácidos graxos}} \times 100$$

3.1.2. Determinação do ponto de fusão dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

Os triglicerídeos puros apresentam ponto de fusão bem definido. As gorduras naturais e processadas, em virtude da mistura natural de seus triglicerídeos, fundem-se em uma faixa de temperatura. Pó isto o ponto de fusão de uma gordura é referido como a temperatura na qual se funde o triglicerídeo de maior ponto de fusão. O ponto de fusão dos óleos foi determinado conforme metodologia Cc 1-25 descrita em AOCS (1987).

3.1.3. Determinação da densidade relativa dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

A densidade relativa d é a razão entre a densidade de um material sólido, líquido ou gasoso a determinada temperatura e a massa específica da água na mesma temperatura. Por definição esta razão não possui unidade e é representada por d_t e freqüentemente é determinada à temperaturas de 25 °C (40 °C), por método analítico que assegure o valor exato da quarta casa decimal.

Foi utilizado um densímetro marca AP-PAAR-DMA-46. Após a calibração do equipamento com ar e água fervida e bidestilada de acordo com as instruções do fabricante na temperatura de ensaio 25°C (40 ° C), procedeu-se a análise de acordo o método descrito no manual de instruções do equipamento.

3.1.4. Determinação do índice de refração dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

O índice de refração é um reflexo da composição em ácidos graxos. Quanto maior é o comprimento da cadeia e o número de insaturações, maior será o índice de refração. A determinação deste índice tem grande utilidade no controle dos processos de hidrogenação. Os óleos e gorduras possuem poder de refringência diferentes e de acordo com a natureza, desviam com maior ou menor intensidade os raios luminosos que os atravessa. O índice de refração varia na razão inversa da temperatura (MORETTO e FETT, 1998).

O índice de refração a 40 °C foi determinado em refratômetro tipo Abbé da SHIMADZU-BAUSCH e LOMB de acordo com o método Cc 7-25 da AOCS (1997).

3.1.5. Determinação do índice de peróxido dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

O índice de peróxido, definido como o número de mili-equivalentes de oxigênio ativo (ou peróxido) por 1000 gramas de gordura, foi determinado de acordo com o método Cd 8-53 da AOCS (1987).

3.1.6. Determinação do índice de acidez dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

Os ácidos graxos livres são determinados em uma solução de óleo ou gordura em etanol, por titulação com solução de hidróxido de sódio e utilizando-se fenolftaleína como indicador. Para amostras de difícil dissolução em etanol, recomenda-se o uso de mistura de éter etílico:etanol (1:1), de acordo com o método oficial da IUPAC (1997).

O índice de acidez é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para neutralizar os ácidos livres de 1 grama de amostra, método Ca 5a-40 da AOCS (1987).

O teor de ácidos graxos livres foi calculado com base no peso molecular do ácido predominante ou no peso molecular médio dos ácidos presentes na matéria-prima.

Em um erlenmeyer de 125 mL foram pesados dois gramas da amostra, adicionados 25 mL de uma mistura neutra de éter-álcool (1+1) e agitado. Em seguida foram adicionadas 2 gotas de solução de fenolftaleína. A titulação foi feita com solução de NaOH 0,1 N ou 0,01N até coloração rósea.

Os resultados em % de ácidos graxos livres para óleos de coco babaçu e de soja foram expressos em % de ácido láurico e oléico cujos equivalentes grama são 200 e 280 respectivamente, utilizando a fórmula:

$$\frac{V \times N \times f \times 20,0/28,2}{P} = \text{ácido láurico/oléico \% p/p}$$

Em que:

V = número de mL de solução de NaOH gasto na titulação.

N = Normalidade da solução de NaOH

f = fator de correção da solução de NaOH.

P = número de gramas da amostra.

20,0/28,2 = fator para ácido láurico/oléico.

3.1.7. Determinação do teor de gordura sólida dos óleos de coco babaçu e de óleo de soja

O teor de sólidos em espectrômetro de ressonância magnética nuclear (RMN - Qp 20 Oxford) foi realizado conforme método oficial da IUPAC (1997).

O teor de sólidos fornecido pelo equipamento é equivalente à relação peso/peso do teor de gordura sólida pela amostra total.

A partir dos valores obtidos para o teor de sólidos nas diversas temperaturas foi construída a curva do teor de sólidos versus temperatura.

3.2. Processamento, caracterização físico-química e determinação das propriedades funcionais de concentrados protéicos de soro

Foram utilizados como ingredientes para a produção experimental de sorvetes, concentrado protéico de soro produzido na EPAMIG (CPSE), concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI), fornecido pela Gemacom Comércio e Serviços de Juiz de Fora-MG, leite em pó desnatado (LPD) adquirido no comércio e óleos de babaçu refinados e hidrogenados a dois pontos de fusão (28 °C e 34 °C) especialmente para este estudo fornecidos pela UNILEVER de Valinhos-SP.

3. 2.1. Processamento de concentrado protéico de soro

O processamento do concentrado protéico de soro (CPSE) foi realizado no Setor de Treinamento Operacional do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes", da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, Juiz de Fora, MG.

O soro utilizado foi obtido durante a fabricação de queijo Minas Padrão, por técnica tradicional (FURTADO e LOURENÇO 1994). Foram utilizados 2000 litros de leite com acidez de 16 °D, padronizado para 3,4% de gordura e pasteurizado a 72 °C, por 15 segundos, em pasteurizador de placas marca APV com capacidade de 5.000 l/h.

Após a dessoragem o soro foi imediatamente desnatado, sendo então analisado quanto ao teor extrato seco (ES) por método gravimétrico (BRASIL, 1981), gordura (GB) pelo método de Gerber (BRASIL, 1981) e acidez Dornic (BRASIL, 1981). Os respectivos resultados encontrados foram de ES = 6,5%; GB= 0,3% e 11 °D.

Em seguida o soro enviado a unidade piloto de processamento, foi concentrado em cerca de quatro vezes do seu volume inicial, em concentrador marca APV, a placas, de um estágio. O primeiro concentrado foi obtido quando o pré-aquecimento atingiu a temperatura de 74 °C e a temperatura de concentração de 55 °C.

Em seguida, o concentrado foi ultrafiltrado em uma unidade (Modelo Reginox), constituída de dois módulos "LADISH TRICLOVER" sistema "BATH" com duas membranas polissulfônicas tipo espiral com valor médio de 6.000 Daltons em paralelo e cada uma com 4,6 m². A ultrafiltração seguida de diafiltração foi finalizada quando um fator de concentração 5 em relação ao volume do primeiro concentrado foi alcançado, obtendo-se assim o segundo concentrado ou retentado como é tecnicamente descrito na literatura.

O retentado foi desidratado em aparelho "spray-dryer" marca "Niro Atomizer", mantendo-se a temperatura do ar a 220 °C e a temperatura de secagem do pó a 84 °C.

3.2.2. Caracterização dos concentrados protéicos de soro e do leite em pó desnatado

3.2.2.1 Caracterização físico-química dos concentrados protéicos de soro e do leite em pó desnatado

Amostras do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais-EPAMIG (CPSE), de concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI) e de leite em pó desnatado adquirido no mercado foram analisadas quanto a extrato seco por método gravimétrico (BRASIL, 1981); gordura pelo método de Gerber (BRASIL, 1981); lactose pelo método de cloramina T (PEREIRA et. al., 2001); proteína pelo método semi-micro Kjeldahl. O fator de conversão nitrogênio/proteína para os cálculos foi de 6,38, adaptado do método 991.20 da AOAC (1997); resíduo mineral fixo pelo método 945.46 (AOAC, 1997); acidez e pH (BRASIL, 1981).

3.2.2.2. Determinação das propriedades funcionais dos concentrados protéicos de soro

Capacidade de hidratação e retenção de água dos concentrados protéicos de soro - foi determinada a partir de uma suspensão a 10 % p/v de cada amostra de concentrado protéico de soro produzido na Empresa de

Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais-EPAMIG (CPSE) e concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI). A cada suspensão foi adicionado ácido tricloroacético-TCA a 10 % em água para precipitar as proteínas. Em seguida foi feita uma centrifugação a 1000 x g por 10 minutos a 25 °C, em centrífuga modelo Z 320 marca HERMLE.

O sedimento do tubo foi pesado após separação do sobrenadante e a capacidade de hidratação e retenção de água foi calculada em porcentagem, relacionando o peso do sedimento úmido com o peso do sedimento após secagem a 105 °C até peso constante, conforme SGARBIERI (1996).

Capacidade de hidratação e de retenção de água em função do pH de concentrados protéicos de soro - esta determinação foi realizada a partir de uma suspensão a 10% (p/v) de cada amostra de concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais-EPAMIG (CPSE) e concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI). As suspensões foram submetidas a agitação, por 30 minutos a 30 °C e, em seguida, fracionada em alíquotas de 25 mL. O pH de cada alíquota foi ajustado entre 3,0 e 8,0, com soluções de ácido clorídrico 0,1 N ou hidróxido de sódio 0,1 N. Em seguida as alíquotas foram centrifugadas a 3000 x g por 10 minutos, a 25 °C em centrífuga marca DUPONT INSTRUMENTS SORVALL modelo RC-5B. Após separação do sobrenadante, o sedimento do tubo foi pesado e a capacidade de hidratação e retenção de água (CRA) foi calculada em porcentagem, relacionando-se o peso do sedimento com o peso da amostra (seca), conforme SGARBIERI (1996).

Determinação dos sólidos solúveis em concentrados protéicos de soro - esta determinação foi realizada em seqüência às análises de capacidade de hidratação e de retenção de água (CRA) em função do pH. O sobrenadante obtido após centrifugação na determinação da CRA foi submetido à secagem em estufa regulada 100 °C a 105 °C, por três horas, para determinação do teor de sólidos. A relação percentual entre o peso do resíduo após secagem

do sobrenadante e o correspondente peso da amostra seca representou o teor de sólidos solúveis totais, também denominado índice de solubilidade em água (ISA), conforme SGARBIERI (1998).

Teor de nitrogênio solúvel em concentrados protéicos de soro - foram preparadas soluções dos concentrados protéicos de soro de modo que a concentração de proteína final fosse igual a 1%. Alíquotas de 25 mL destas soluções foram retiradas, ajustando-se o pH para os valores desejados (pH 3,0 até pH 8,0; com intervalos de 1 unidade) com soluções de ácido clorídrico 0,1 N ou Hidróxido de Sódio 0,1 N. As amostras foram centrifugadas a 2000 x g por 10 minutos, em centrífuga marca DUPONT INSTRUMENTS SORVALL modelo RC-5B.

Em seguida, o sobrenadante foi analisado quanto ao seu teor de nitrogênio, pelo método semi-microKjeldahl, conforme AOAC 991.20 (1997). Para cada valor de pH o cálculo da solubilidade, em termos de % de nitrogênio solúvel, foi determinado relacionando-se a porcentagem de nitrogênio no sobrenadante com a de nitrogênio na solução original.

Capacidade de formação e estabilidade da espuma de concentrados protéicos de soro - Foi preparada uma suspensão a 2% em água de cada amostra de concentrado protéico de soro. Em seguida, cada suspensão foi batida em liquidificador doméstico com velocidade máxima, durante cinco minutos e imediatamente transferida para uma proveta graduada de 250 mL.

O cálculo da expansão da espuma (Ee) no tempo zero (0), imediatamente após o batimento foi feito empregando-se a expressão:

$$Ee = \frac{\text{vol. (mL) após batimento} - \text{vol. (mL) antes do batimento}}{\text{vol. (mL) antes do batimento}} \times 100$$

A estabilidade da espuma foi observada 5 minutos após o batimento e em intervalos de 1 minuto até o desaparecimento total da espuma.

O cálculo da estabilidade da espuma foi realizado conforme WANG et al. (1992), relacionando em termos percentuais o volume remanescente da espuma com o volume produzido no tempo zero (0) imediatamente após o batimento.

3.3. Formulações e processo de produção de sorvetes

3.3.1. Caracterização e delineamento do experimento

Na fabricação dos produtos foram utilizadas duas formulações básicas; codificadas como I e II (Quadro 5). Foram testados para cada formulação, óleos de coco babaçu com pontos de fusão 28 °C e 34 °C, utilizando também como variáveis:

(1) Leite em pó desnatado (LPD) a 100%, produzindo os lotes de sorvetes:

A1 = LPD (100%) óleo 28 °C / 6%;

A2 = LPD (100%) óleo 28 °C / 10%;

A3 = LPD (100%) óleo 34 °C / 6%

A4 = LPD (100 %) óleo 34 °C /10%.

(2) Concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)+(LPD) (1:1), produzindo os lotes de sorvetes:

B1 = CPSI/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%,

B2 = CPSI/LPD (1:1) óleo 28 °C/10%;

B3 = CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%;

B4 = CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%.

(3) Concentrado protéico de soro EPAMIG (CPSE)+(LPD) (1:1), produzindo os lotes de sorvetes:

C1 = CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%;

C2 = CPSE/LPD (1:1) óleo 28 ° C/10%;

C3 = CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%;

C4 = CPSE/LPD (1:1) óleo 34 ° C/10%.

Foram utilizados os produtos Emustab e Selecta, como emulsificante e estabilizante, gentilmente fornecidos pela Empresa Duas Rodas Industrial.

Desta forma, a partir das duas formulações básicas foram preparadas 12 formulações de sorvetes, cada uma preparada em três repetições, em um total de 36 produções ou bateladas.

Quadro 5 – Proporções de ingredientes usados nas formulações para fabricação de sorvetes

Formulações (I e II) para 8 kg de mistura

Ingredientes	I (%)	gramas	II (%)	gramas
Óleo de babaçu	6,0	480	10,0	800
SNGPL*	15,5	1240	11,5	920
Sacarose	15,0	1200	15,0	1200
Estabilizante	0,3	24	0,3	24
Emulsificante	0,2	16	0,2	16
Sólidos Totais	37,0	2960	37,0	2960
Água	63,0	5040	63,0	5040
Total	100,0	8000	100,0	8000

* SNGPL – Sólidos não gordurosos do(s) produto(s) lácteo(s) provenientes de. LPD, CPSI e CPSE

3.3.2. Processo de produção dos sorvetes

Após a pesagem dos ingredientes em balança de precisão marca METTLER 440 e a medição da água por meio de balões volumétricos e de provetas graduadas foi feita a dissolução dos ingredientes sólidos, previamente misturados, de forma manual usando colher em aço inox com cabo de 30 cm de comprimento, em água potável, com auxílio de liquidificador e agitadores em cubas cilíndricas construídas em aço inox com capacidade para 12 litros.

Em seguida, as cubas com os ingredientes foram colocadas dentro de panelas industriais, sem tampas, marca PANEX contendo água (Banho-Maria). Posteriormente as misturas foram aquecidas sob agitação manual constante até 50 °C. Após dissolução total dos ingredientes a mistura foi

homogeneizada em homogeneizador industrial marca GAULIN a 175 Kg/cm^2 no primeiro estágio e $35,0 \text{ kg/cm}^2$ no segundo estágio.

Cada mistura assim preparada foi novamente aquecida em Banho-Maria a $69 \text{ }^\circ\text{C}$ por 30 minutos. Em seguida foi resfriada por meio de água resfriada até 12°C usando um resfriador tipo cascata construído em aço inox. A maturação da mistura foi conduzida a $12 \text{ }^\circ\text{C}$ em câmara fria por um 20 horas.

Após adição de saborizante/aromatizante a base de leite condensado foi realizado a bateção e congelamento da mistura a $-5 \text{ }^\circ\text{C}$, em equipamento marca TETRA PAK HOYER.

Durante o envase do produto em caixas de papelão, revestidas internamente com papel impermeável, próprias para sorvetes amostras de, aproximadamente, 50 mL foram coletadas para realizar o teste de incorporação de ar.

As etapas de endurecimento e estocagem do produto foram realizadas em freezer industrial, a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$. O fluxograma do processamento de sorvetes é apresentado na Figura 1.

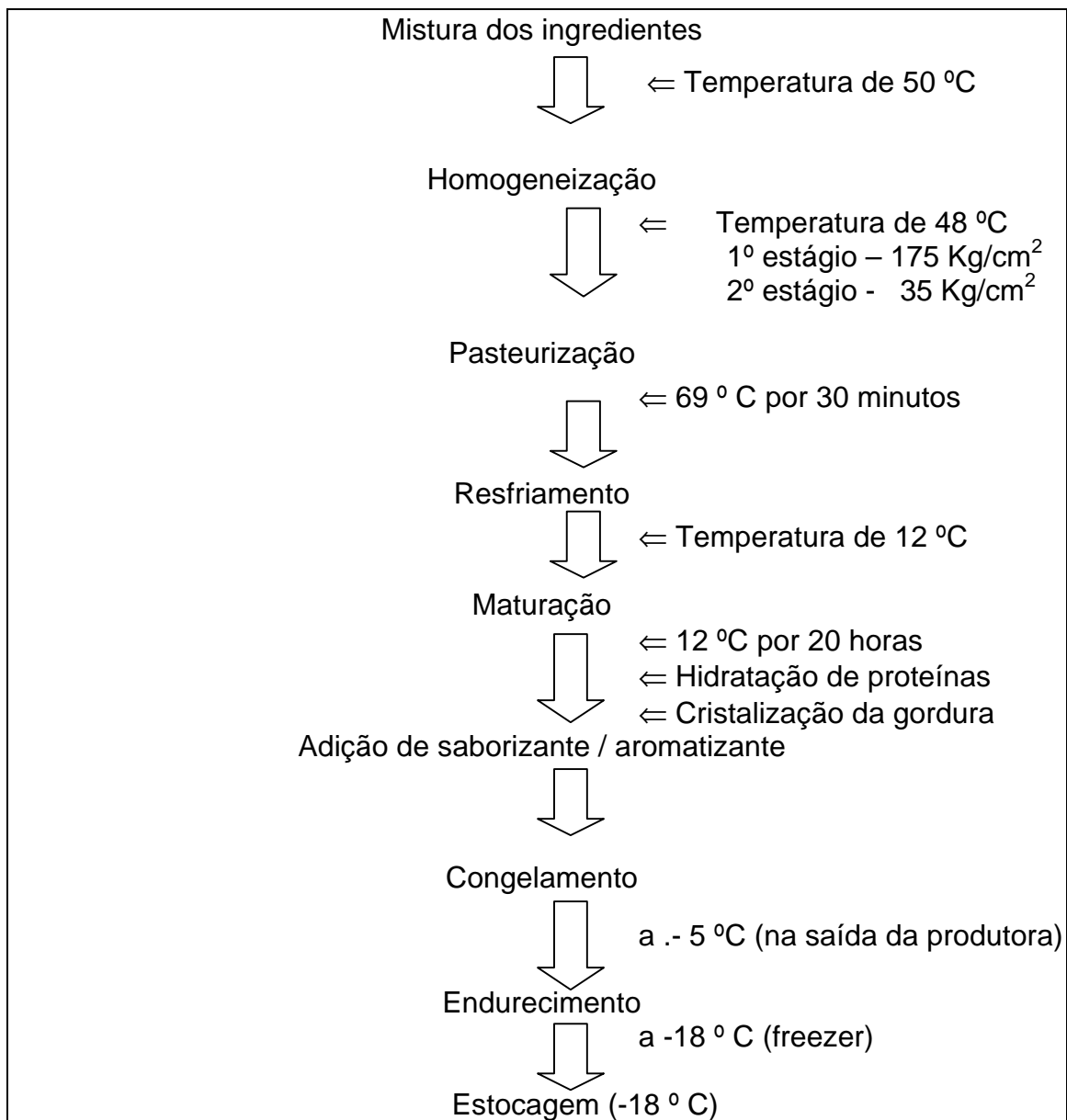


Figura 1 - Fluxograma do processamento de sorvetes

3.4. Controle do processo de produção dos sorvetes - Testes físicos e químicos

3.4.1. Acidez

A titulação da acidez foi feita em 5 gramas de mistura de sorvete empregando-se uma solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e fenolftaleína a

1% em etanol como indicador. O resultado foi expresso em porcentagem de ácido láctico (PEREIRA et. al. 2001).

3.4.2. pH

A avaliação do pH das misturas de sorvete foi feita após a maturação em pHmetro digital marca DIGIMED, modelo DM 20. O eletrodo foi calibrado, previamente, com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0, fornecidas pela Indústria Química MERK S.A.

3.4.3. Viscosidade

A determinação da viscosidade das misturas de sorvete foi feita a 20°C, em Viscosímetro rotatório marca Brookfield, modelo RVT (Brookfield Engineering Labs, Inc.) operado conforme técnica descrita por PEREIRA et al. (2001).

3.4.4. Incorporação de ar (% "overrun")

O teste foi realizado de acordo com método de ARBUCKLE (1986). Para o cálculo do percentual de ar relacionou-se a massa de um volume fixo de mistura de sorvete e a massa do mesmo volume de sorvete, empregando-se a fórmula:

$$\% \text{ "Overrun"} = \frac{\text{Massa de um volume de mistura} - \text{Massa do mesmo volume de sorvete}}{\text{Massa do mesmo volume de sorvete}} \times 100$$

3.4.5. Resistência ao derretimento

O teste foi realizado de acordo com método de ARBUCKLE (1986). Após um período mínimo de dois dias de estocagem a -18 °C, em freezer, foi determinada a resistência ao derretimento, que consistiu em pesar a porção

derretida de um bloco de 300 gramas de sorvete colocado sobre uma peneira de fio metálico, marca Granutest de 20 cm de diâmetro, 5 cm de altura e com abertura de 2,38 mm colocada sobre uma balança marca Mettler, modelo PC 440. O teste foi realizado em uma cabine com temperatura controlada ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Após a anotação do tempo para a coleta dos primeiros 10 gramas de massa de sorvete derretido foi registrado o peso líquido coletado a cada período de 10 minutos subsequentes até a fusão completa da amostra. A inclinação da curva do gráfico obtido pela plotagem dos valores do peso drenado em função do tempo foi expressa como a fusão em gramas, por minuto.

3.5. Análises estatística

Os dados das análises de acidez, pH, viscosidade, incorporação de ar e tempo de derretimento foram submetidos à análise variância (ANOVA) e teste médias (Duncan) com auxílio do Sistema para Análises Estatísticas - SAS versão 8, licenciado para a UFV em 2005.

3.6. Análises químicas em amostras de sorvetes

3.6.1. Extrato seco total

A porcentagem de sólidos totais foi determinada pelo método gravimétrico de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.6.2. Proteínas

A determinação de proteínas foi feita pelo método Kjeldahl, modificado por PEREIRA et al. (2001) por meio da adição de 1,5 g de sulfato de potássio p.a. e 0,05 g de sulfato de cobre p.a. A destilação foi realizada em

unidade de destilação marca TECNAL, modelo TE 036/1. O teor de proteína foi calculado pela multiplicação do valor de nitrogênio total por 6,38.

3.6.3. Gordura

O teor de gordura foi determinado pelo método de Mojonnier conforme metodologia descrita por PEREIRA et al. (2001). O método fundamenta-se na extração e quantificação por pesagem da gordura da amostra. Após digestão do conteúdo protéico, em meio fortemente alcalino, procedeu-se ao tratamento com várias porções de solventes apropriados (éter etílico e éter de petróleo), os quais foram posteriormente evaporados por aquecimento. O resíduo da evaporação foi quantificado e expresso como porcentagem m/m de gordura do produto.

3.6.4. Açúcares redutores e não redutores

A determinação dos açúcares redutores e não-redutores foi feita pelo método cloramina-T, conforme, PEREIRA et al. (2001), em função da quantidade de iodo liberada por uma amostra adicionada de hipoclorito de sódio (na forma de cloramina-T) e iodeto de potássio.

A lactose presente na amostra consome hipoclorito de sódio para a formação de ácido iodídrico. O teor de iodo foi titulado contra tiosulfato de sódio, adicionada de amido solúvel como indicador. A diferença entre a quantidade de iodo encontrada na prova em branco e na titulação da amostra foi convertida em percentual de lactose.

3.7. Análises microbiológicas em amostras de sorvetes

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com as normas da American Public Health Association (APHA, 1992) após um mínimo de 15 dias de fabricação do produto, mantido a temperatura de -18 °C. A contagem total de microorganismos mesófilos foi realizada em Plate Count Agar PA a 32

°C, por 48 horas. Para estimativa do número de coliformes totais (Número Mais Provável) e *Escherichia coli* foi utilizado o LMX fluorocult.

3.8. Teste de aceitação sensorial

Realizou-se o teste de aceitação sensorial das amostras de sorvetes após 20 dias de fabricação e mantidas armazenadas a -18 °C em freezer. As amostras foram avaliadas por 51 a 57 provadores, não treinados, considerados consumidores eventuais de sorvete.

Foram avaliadas 12 amostras, correspondes a cada produto elaborado, em quatro sessões assim distribuídos: Sessão 1 (produtos A1, B1 e C1); Sessão 2 (produtos A2, B2 e C2); Sessão 3 (produtos A3, B3 e C3) e Sessão 4 (produtos A4, B4 e C4). As amostras avaliadas em cada sessão foram selecionadas por sorteio.

As análises foram feitas no refeitório do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, no horário entre 14:00 e 15:00 horas quando diariamente era servido “um café” aos professores, funcionários e alunos. Ao entrarem neste local, as pessoas de ambos os sexos com idades entre 15 anos a 60 anos, foram convidadas aleatoriamente para avaliar as amostras.

Foram utilizados copos e colheres de material plástico descartáveis para servir as amostras. As amostras codificadas foram servidas à temperatura entre -8 e -12 °C, individualmente. Cada provador utilizou para avaliação um questionário apropriado (Quadro 6), para registrar seu julgamento em relação à aceitação do produto.

Quadro 6 - Ficha de avaliação para o teste sensorial de aceitação

Escala Hedônica	
Nome:	_____
Data:	_____
Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.	
Código da amostra:	_____
(9)	Gostei extremamente
(8)	Gostei muito
(7)	Gostei moderadamente
(6)	Gostei ligeiramente
(5)	Indiferente
(4)	Desgostei ligeiramente
(3)	Desgostei moderadamente
(2)	Desgostei muito
(1)	Desgostei extremamente

As fichas de avaliação preenchidas pelos provadores foram organizadas e a classificação dos julgadores foi transformada em valores numéricos para análise dos resultados.

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância, em modelo de delineamento inteiramente casualizado. Foi aplicado o teste de amplitudes múltiplas de Duncan para comparação de médias. Para as análises estatísticas foram utilizados procedimentos do Sistema de Análise Estatística - SAS / versão 8, licenciado para a UFV 2005.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição em Ácidos Graxos e Caracterização Física e Química dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja

4.1.1. Composição em Ácidos Graxos dos Óleos de Coco Babaçu e de Óleo de Soja

A composição em ácidos graxos de amostras representativas dos óleos de coco babaçu a cada ponto de fusão (PF 28 °C e PF 34 °C) e os padrões para o óleo analisado é apresentado no Quadro 7. Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas os respectivos perfis cromatográficos representativos das amostras analisadas.

As concentrações dos ácidos graxos constatadas ficaram compreendidas dentro dos limites recomendados pelo Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais do Ministério da Saúde (BRASIL, 1999), que determina a composição em ácidos graxos para óleo de coco babaçu apresentados, com exceção para os ácidos esteárico, oléico, a presença de isômeros trans e a ausência de ácido linoléico.

Quadro 7. Composição e padrões de identidade e qualidade em ácidos graxos de óleos de coco babaçu

	Óleo de babaçu (PF 28 °C)	Óleo de babaçu (PF 34 °C)	Padrão para óleo de babaçu*
Ácido graxo	% (g/100g)	% (g/100g)	% (g/100g)
C 6:0 - Capríco	0,04	0,06	–
C 8:0 - Caprílico	4,74	5,08	2,6 – 7,3
C 10:0 – Cáprico	5,17	5,37	1,2 – 7,6
C 12:0 – Láurico	44,96	44,13	40,0 – 55,0
C 14:0 – Mirístico	16,91	16,02	11,0 – 27,0
C 16:0 – Palmítico	9,70	10,49	5,2 – 11,0
C 18:0 – Esteárico	11,44	11,84	1,8 – 7,4
C 18:1 – cis-Oléico	3,17	0,48	9,0 – 20,0
C 18:1 - trans-Oléico	3,83	6,49	–
C 18 :2 – Linoléico	nd	nd	1,4 – 6,6

*BRASIL (1999)

nd =não determinado

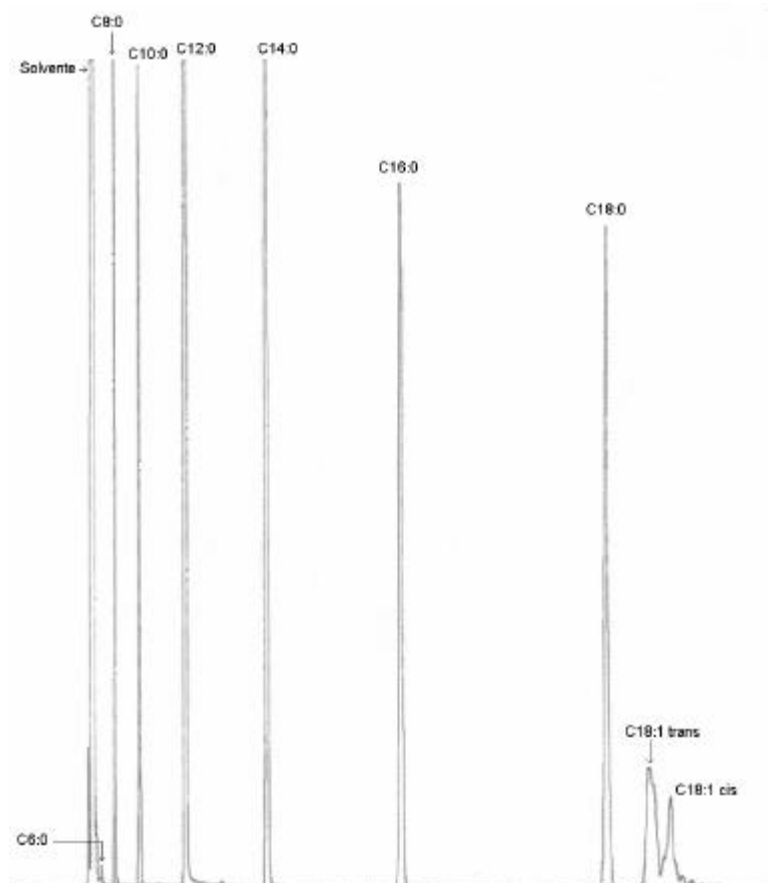


Figura 2. Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo de babaçu de ponto de fusão 28 °C

A maior concentração encontrada para ácido esteárico e presença dos ácidos graxos trans-Oléico e cis-Oléico ocorreu em função do processo de hidrogenação dos óleos (Figura 3).

Os resultados confirmam o alto teor de ácidos graxos saturados do óleo de coco babaçu, em razão, principalmente, do alto conteúdo de ácido láurico, o que pode lhe proporcionar grande estabilidade contra a rancidez em decorrência de oxidação não enzimática.

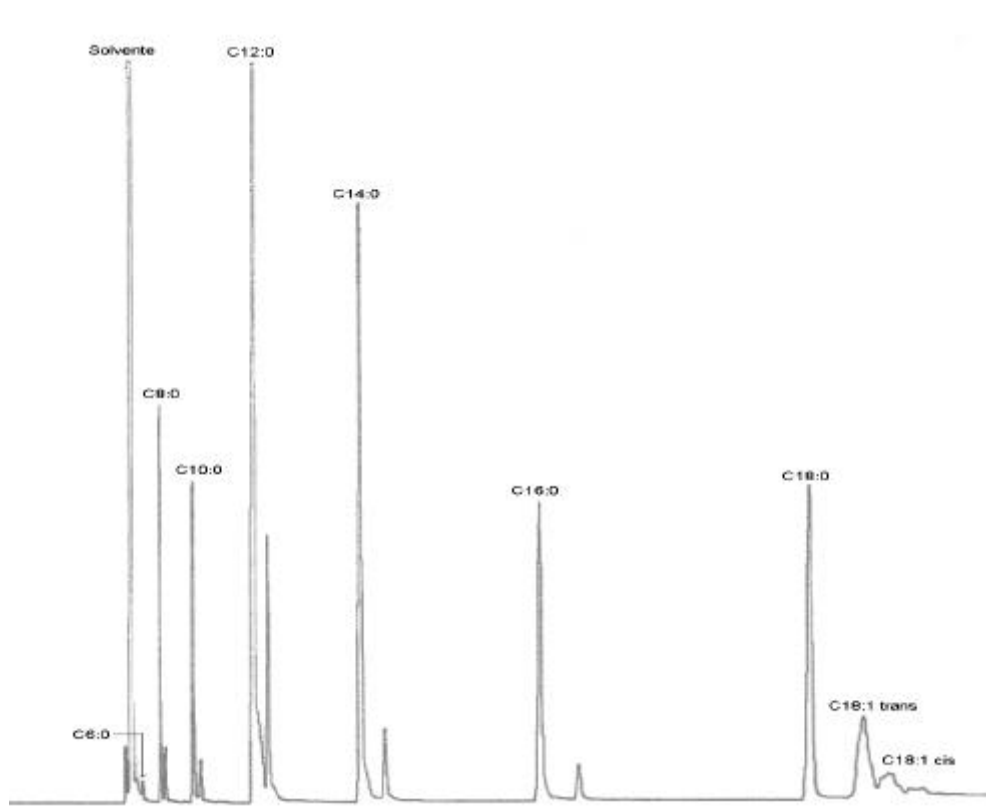


Figura 3. Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo de babaçu de ponto de fusão 34 °C

A composição em ácidos graxos do óleo de soja com ponto de fusão de 34 °C e os padrões para o óleo analisado são apresentados no Quadro 8. A Figura 4 mostra o respectivo perfil cromatográfico representativo da amostra analisada.

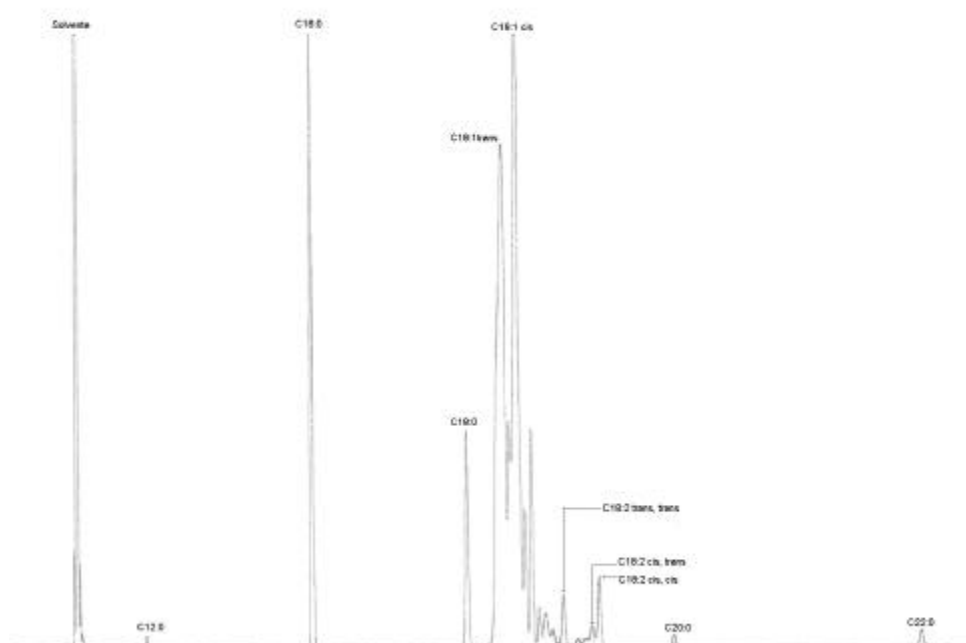
O processo de hidrogenação do óleo de soja provocou mudanças consideráveis no conteúdo de ácidos graxos, trazendo como consequência concentrações altas de e isômeros trans (Quadro 8).

Quadro 8. Composição em ácidos graxos e padrões de óleo de soja

	Óleo de soja (PF 34 °C)	Padrão para óleo de soja*
Ácido graxo	% (g/100g)	% (g/100g)
C 12:0 – Láurico	0,14	
C 14:0 – Mirístico	Nd	
C 16:0 – Palmítico	12,01	7,0 – 14,0
C 18:0 – Esteárico	5,15	1,4 – 5,5
C 18:1 – Cis-Oléico	39,19	19,0 – 30,0
C 18:1 – trans-Oléico	38,25	
C 18:2 – Linoléico	Nd	44,0 – 62,0
C 18:2 - trans,trans – Linoléico	1,62	
C 18:2 – cis,trans Linoléico	0,79	
C 18:2 – cis,cis Linoléico	2,02	
C 18:3 – Linolênico	Nd	4,0 – 11,0
C:20 – Araquídico	0,34	
C:22 – Behêmico	0,46	

*BRASIL (1999)

nd= não determinado

**Figura 4. - Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo de soja de ponto de fusão 34 °C**

Os óleos vegetais ao serem submetidos à hidrogenação para adquirir as características de fusão e estabilidade necessárias para elaboração

de sorvetes, estão sujeitos ao aparecimento de novos tipos de compostos, entre eles os isômeros trans.

A formação de isômeros trans durante a hidrogenação parcial dos óleos vegetais é proporcional à formação de condições drásticas de processamento, como altas temperaturas.

Em termos nutricionais os isômeros trans são digeridos, absorvidos e incorporados pelo organismo de modo similar aos isômeros cis, porém, não apresentam atividade como ácidos graxos essenciais. Há alguns aspectos ainda não totalmente elucidados quanto à influência dos isômeros trans em alguns tipos de câncer, aterosclerose e outros problemas de saúde (KAWASHIMA e SOARES, 1993).

Ao analisarem sorvetes cremosos de 10 marcas comercializados na cidade de Campinas, Estado de São Paulo, KAWASHIMA e SOARES (1993), encontraram teores de isômeros trans entre de 12,7 a 45,1% o que levaram estes pesquisadores a concluir que a hidrogenação de óleos vegetais nacionais é realizada sob condições drásticas.

O óleo de babaçu, que originalmente possui alta percentagem de ácidos graxos saturados e em consequência alto de ponto de fusão, os efeitos do processamento são extremamente menores quando comparado aos efeitos do processamento sobre o óleo de soja, conforme verificado em nessa pesquisa.

4.1.2. Caracterização Física e Química dos Óleos de Coco Babaçu e Óleo de Soja

As características físicas e químicas das amostras de óleos e os padrões de identidade e qualidade para os óleos analisados são apresentados nos Quadros 9 e 10. Os resultados para o ponto de fusão confirmaram os controles realizados pela UNILEVER durante o processo de hidrogenação de partidas de óleo a 28 °C e 34 °C.

Os valores encontrados para densidade relativa, índice de refração, índice de acidez e índice de peróxido ficaram compreendidos dentro da faixa

de valores recomendada pelo Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais do Ministério da Saúde, BRASIL (1999) e pelo Códex Alimentarius (1993) que determinam as características físico-químicas para óleo de babaçu (Quadro 9).

Quadro 9. Valores médios dos parâmetros físico-químicas e padrões de óleo de coco babaçu

Parâmetros Avaliados	Óleo de babaçu	Óleo de babaçu	Padrões* para óleo de babaçu
	P.F. 28 ° C	P.F. 34 ° C	
Ponto de Fusão – P. F. (°C)	28	34	-
Densidade Relativa a 40 °C/25 °C	0,914	0,913	0,911 – 0,914
Índice de Refração a 40 °C	1,4485	1,4505	1,448 – 1,451
Índice de Acidez (% Ac. Láurico)	0,092	0,096	Máximo 0,3
Índice de Peróxido (mEq/kg)	0,0	0,1	Máximo 10

*BRASIL, (1999)

Quadro 10. Valores médios das parâmetros físico-químicas e padrões de óleo de soja

Parâmetros Avaliados	Óleo de soja	Padrões* para óleo de soja
	P.F. 34 ° C	
Ponto de Fusão – P. F. (°C)	34	-
Densidade Relativa a 40 °C/25 °C	0,924	0,919 – 0,925
Índice de Refração a 40 °C	1,463	1,466 – 1,470
Índice de Acidez (% Ac. Oléico)	0,11	Máximo 0,3
Índice de Peróxido (mEq/kg)	0,6	Máximo 10

*BRASIL, (1999)

A curva do conteúdo de gordura sólida de óleos de coco babaçu e do óleo de soja hidrogenados versus a temperatura é apresentada na Figura 5.

Mais importante do que o ponto de fusão dos óleos e gorduras é o conteúdo de gordura sólida, que é dado pela porcentagem em massa dos triglicerídeos que permanecem no estado sólido a uma dada temperatura. Pode ser determinado por dilatometria, que é a relação entre as densidades da gordura sólida e líquida ou por ressonância magnética nuclear (RMN - prótons

no estado líquido ou sólido tem reações diferentes quando submetidos a campos magnéticos).

Determinado por RMN os resultados apresentaram altos conteúdos percentuais de gordura sólida em temperaturas inferiores a 30 °C indicando serem estes produtos adequados como ingredientes para elaboração de sorvetes.

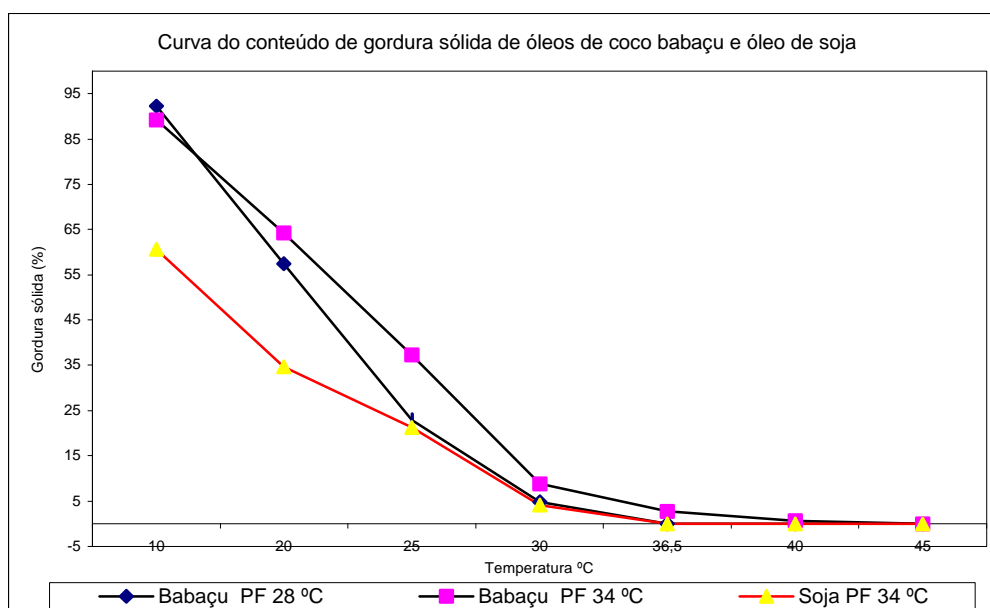


Figura 5. Curva do conteúdo de gordura sólida de óleos de coco babaçu hidrogenados a dois pontos de fusão (PF 28°C e PF 34°C) e de óleo de soja hidrogenado a PF 34°C

4.2. Caracterização Físico-Química e Propriedades Funcionais de Concentrados Protéicos de Soro

4.2.1. Caracterização Físico-Química de Concentrados Protéicos de Soro e do Leite em Pó Desnatado

A composição centesimal do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-Pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE) do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI) e do Leite em Pó Desnatado (LPD) são apresentados no Quadro 11. Verificou-se diferenças

consideráveis principalmente nos teores de proteína e de lactose entre os produtos

Quadro 11. Composição centesimal do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-Pecuária de Minas Gerais – EPAMIG (CPSE), concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI) e Leite em Pó Desnatado (LPD)

Composição (%)	CPSE	CPSI	LPD
Umidade	3,6	4,2	4,4
Gordura	2,0	2,0	1,3
Proteína	43,3	30,5	33,5
Lactose	39,3	51,0	51,0
Cinzas (550 °C)	7,5	8,4	7,9
PH (solução a 10%, e a 20 °C)	6,33	6,31	6,56

4.2.2. Propriedades Funcionais de Concentrados Protéicos de Soro

Capacidade de Hidratação e de Retenção de Água de Concentrados protéicos de Soro.

O Quadro 12 mostra os resultados para retenção de água após hidratação do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI). A variação nos resultados obtidos pode ser justificada em parte pelos diferentes conteúdos protéicos dos produtos analisados.

A capacidade de retenção de água envolve uma interação entre a proteína ou produto protéico com a água. Retenção de água e viscosidade são propriedades funcionais relacionadas. Quando proteínas do soro são aquecidas, ocorre a degradação das ligações químicas responsáveis por sua estrutura globular. À medida que a molécula da proteína se desenrola, criam-se pontos adicionais para a ligação de moléculas de água, o que aumenta a viscosidade da solução (SGARBIERI, 1998).

Quadro 12. Capacidade de hidratação e retenção de água do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)

Retenção média de água para duplicata da amostra de CPSE	127,0 (%)
Retenção média de água para duplicata da amostra de CPSI	101,6 (%)

Capacidade de Hidratação e Retenção de Água em Função do pH de Concentrados Protéicos de Soro.

A Figura 6 apresenta os resultados da capacidade de hidratação e retenção de água em função do pH do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI). Os resultados estão expressos em gramas de água por 100 g de amostra.

Segundo KINSELLA (1984) a quantidade de água associada à proteína depende de uma série de fatores, como por exemplo, composição, número de grupos polares expostos, conformação, presença de sais e pH. O efeito do pH na associação de água à proteína depende da carga apresentada. Logo, próximo ao ponto isoelétrico a associação é mínima, em virtude da forte atração eletrostática entre as proteínas, mas na medida em que vai se afastado deste pH, o grau de hidratação tende a atingir valores maiores.

Os maiores valores foram obtidos para amostra do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE), em todos os intervalos de pH analisados.

Os menores valores foram observados entre as faixas de pH 4,0 e 5,5 para os dois produtos. Entretanto, os maiores valores ocorreram em valores de pH 3,0.

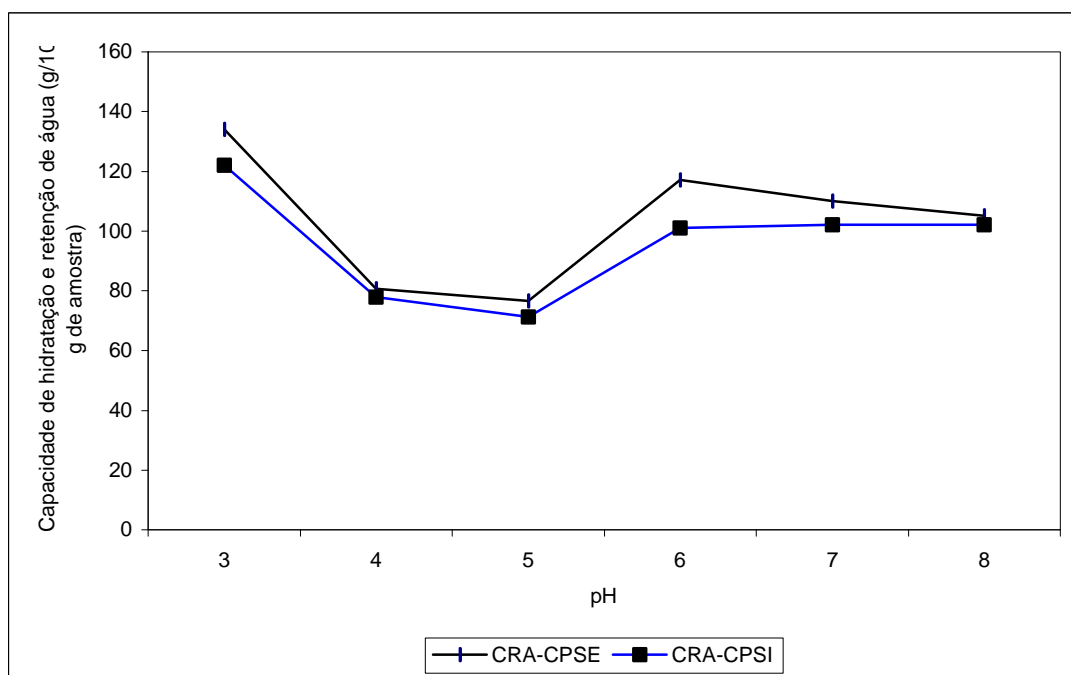


Figura 6. Capacidade de hidratação e retenção de água em função do pH do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)

Índice de solubilidade em água (ISA)

A solubilidade é uma das propriedades funcionais mais importantes na avaliação de ingredientes em alimentos, uma vez que quanto maior o seu valor maior será o campo de aplicação do ingrediente. Portanto, é considerado como um bom índice de avaliação do potencial de uso do ingrediente especialmente no que se refere a produtos protéicos. Considera-se também que os valores de solubilidade são importantes indicadores das condições de processamento, principalmente com relação aos efeitos desnaturantes do tratamento térmico.

A Figura 7 apresenta o índice de solubilidade em água, que representa a porcentagem de sólidos solúveis totais analisados na fração sobrenadante obtida na determinação da CRA (capacidade de hidratação e retenção de água).

Observou-se que os menores valores de índice de solubilidade em água dos produtos estudados ocorreram em valores de pH entre 4,0 e 5,0.

O valor do ponto isoelétrico para a α -lactoalbumina é de 4,2 a 4,5 e de 5,3 para β -lactoglobulina. Aproximadamente na faixa entre 4,2 e 5,5 é que ocorrem os menores valores de solubilidade (VIOTTO e RIZVI, 1998), conforme foi observado neste estudo.

Os valores observados para os índices de solubilidade na faixa de pH entre 6,0 e 8,0 foram acima de 75%. MORR (1985) apresenta valores de solubilidade entre 88,9 e 100% a pH 7,0, para concentrados protéicos de soro produzidos a partir de diferentes matérias-primas, provenientes do soro da fabricação de vários tipos de queijos e sob efeito de pasteurização.

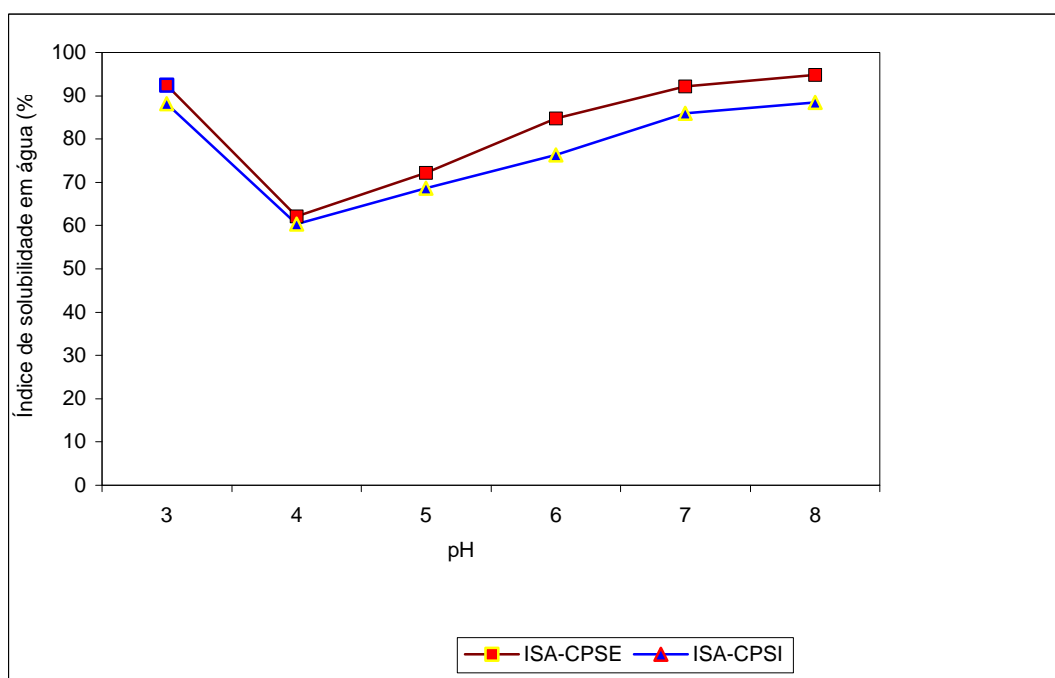


Figura 7 - Índice de solubilidade em água do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico importado da Holanda (CPSI)

Teor de Nitrogênio Solúvel em Concentrados Protéicos de Soro

A solubilidade expressa como % de N solúvel dos concentrados protéicos de soro pode ser observada na Figura 8.

O maior valor para CPSE ocorreu em valor de pH 3,0 a partir do pH 4,0 ocorreu ligeiro aumento da solubilidade até o valor de pH 6,0. Em pH 7,0 ocorreu discreto decréscimo da solubilidade. Para o CPSI observou-se uma tendência de aumento da solubilidade com o aumento do pH, excetuando em pH 7,0 em que houve um decréscimo discreto do teor de nitrogênio solúvel.

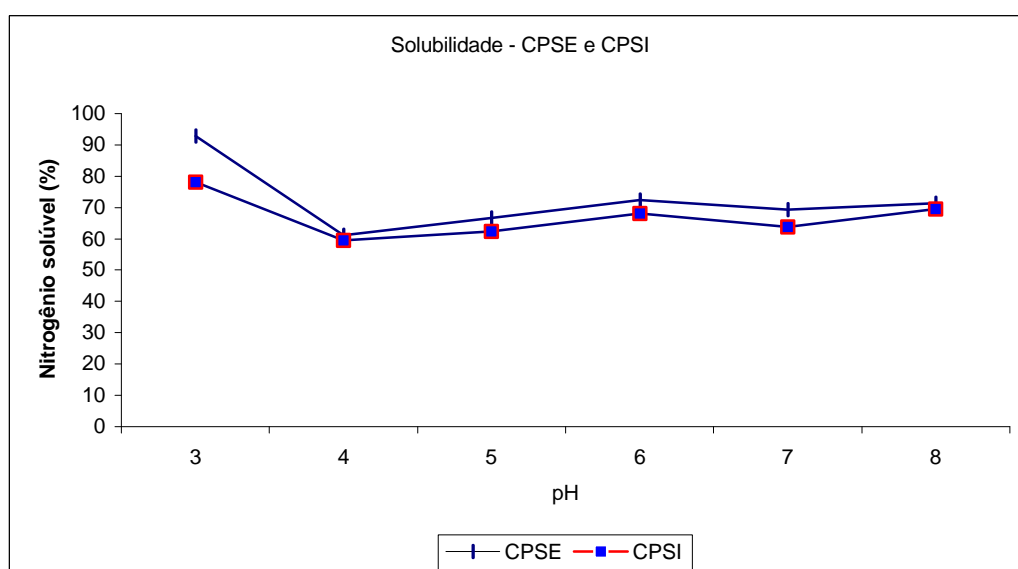


Figura 8 – Teor de nitrogênio solúvel do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)

Capacidade de Formação e Estabilidade da Espuma de Concentrados Protéicos de Soro

Verificou-se a que capacidade de formação de espuma de ambos os produtos foi de 40% e que a estabilidade da espuma formada ao longo do tempo foi ligeiramente superior para o concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) (Quadro 13).

Os dois produtos foram semelhantes quanto ao volume de expansão e o tempo de estabilidade da espuma. Porém, o concentrado protéico produzido na EPAMIG – CPSE apresentou volumes de espuma mais altos ao longo do tempo que do que o concentrado protéico importado – CPSI. Esta variação pode ser justificada em parte pela diferença de conteúdo protéico dos produtos.

Espumas são dispersões de gás (ar) em uma fase contínua líquida. Numerosos fatores influenciam as propriedades espumantes das proteínas. Entre eles a natureza da proteína, método de preparo, solubilidade, concentração, pH, temperatura e duração do aquecimento, além da presença de sais, açúcares e lipídios (GIESE, 1994).

O pH afeta de maneira marcante as propriedades espumantes das proteínas. Máxima capacidade espumante para proteínas não-desnaturadas tem sido observada em pHs ácidos, um pouco acima do ponto isoelétrico (SGARBIERI, 1988).

KINSELLA (1984), cita que os melhores resultados de espumabilidade são obtidos com proteínas com peso molecular maior que 20 KDa. Afirma também que aspectos relacionados ao grau de hidrólise podem influir no desempenho das propriedades de espumabilidade.

Portanto deve-se considerar também que os valores obtidos na formação e estabilidade da espuma são importantes indicadores das condições de processamento, principalmente com relação aos efeitos desnaturantes do tratamento térmico.

Quadro 13. Capacidade de formação e estabilidade da espuma do concentrado protéico de soro produzido na Empresa de Pesquisa Agro-pecuária de Minas Gerais - EPAMIG (CPSE) e do concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI)

CPS	Expansão de espuma (%)	Volume de espuma (%) após:					
		5min	6min	7min	8min	9min	10min
CPSE	40	40	36	34	12	10	00
CPSI	40	36	32	26	10	4,0	00

4.3. Controle do Processo de Produção de Sorvetes

4.3.1. Resultados das análises dos testes físicos e químicos

1. Acidez e pH

Diferenças significativas foram encontradas entre as formulações para os testes de acidez e pH (Quadro 14).

No teste de acidez, pela análise de variância (ANOVA) verificou-se o valor de $F= 435,71$; significativo a 5% de probabilidade. O resultado do teste de médias (Duncan) é apresentado no Quadro 14.

No teste de pH, pela análise de variância (ANOVA) verificou-se o valor de $F= 73,72$; significativo a 5% de probabilidade. O resultado do teste de médias (Duncan) é apresentado no Quadro 14.

Observou-se que os maiores valores para médias de pH (C4, C2, A2 e A4) coincidiram com os menores valores para médias de acidez.

Em função dos baixos valores dos coeficientes de variação (1,47 para acidez e 0,16 para pH) as diferenças entre as demais médias podem ser justificadas pelas variações nos teores de proteínas das formulações C3, B1, C1 e B3; que apresentaram acidez intermediária e menores valores de pH. As formulações B4, A3, B2 e A1; apresentaram menores valores de acidez e valores de pH intermediários.

Quadro 14 – Comparação de médias dos resultados dos testes de acidez (ACD) e pH das doze formulações dos produtos elaborados

Formulações	ACD (\pm S)		pH (\pm S)	
A1=LPD(100%) óleo 28 °C/6%	0,24 \pm 0,0036	c	6,24 \pm 0,0057	d
A2=LPD(100%) óleo 28 °C/10%	0,20 \pm 0,0005	e	6,29 \pm 0,0057	bc
A3=LPD(100%) óleo 34 °C/6%	0,25 \pm 0,0025	b	6,24 \pm 0,0057	d
A4=LPD(100 %) óleo 34 °C/10%	0,20 \pm 0,0020	e	6,29 \pm 0,0057	c
B1=CPSI/LPD(1:1) óleo 28 °C/6%	0,25 \pm 0,0095	bc	6,19 \pm 0,0115	f
B2=CPSI/LPD(1:1) óleo 28 °C/10%	0,23 \pm 0,0011	d	6,24 \pm 0,0115	d
B3=CPSI/LPD(1:1) óleo 34 °C/6%	0,26 \pm 0,00	a	6,19 \pm 0,0173	f
B4=CPSI/LPD(1:1) óleo 34 °C/10%	0,23 \pm 0,0011	d	6,21 \pm 0,0057	e
C1=CPSE/LPD(1:1) óleo 28 °C/6%	0,23 \pm 0,0015	d	6,19 \pm 0,0100	f
C2=CPSE/LPD(1:1) óleo 28 °C/10%	0,19 \pm 0,0015	f	6,31 \pm 0,0115	ab
C3=CPSE/LPD(1:1) óleo 34 °C/6%	0,23 \pm 0,0015	d	6,19 \pm 0,0100	f
C4=CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%	0,19 \pm 0,00	f	6,31 \pm 0,0115	a
CV (%)	1,47		0,16	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

Observação:

ACD = média de acidez (% de ácido láctico m/m) das três repetições de cada formulação;

pH = média de pH das três repetições de cada formulação;

(\pm S) = desvio-padrão

CV = Coeficiente de variação

A acidez e o pH são associados à composição da mistura. O pH normal para uma mistura com 11% de sólidos não gordurosos do leite é próximo a de 6,3. A acidez aparente ou natural da mistura é associada às proteínas do leite, aos sais minerais, citratos e fosfatos e pelo CO₂ dissolvido

2. Viscosidade

Pela análise de variância (ANOVA) verificou-se o valor de $F = 47,83$; significativo a 5% de probabilidade. O resultado do teste de médias (Duncan) é apresentado no Quadro 15.

Os maiores valores de viscosidade foram observados nas formulações A3, B3 e C3 e podem ser justificados, em parte, pelos maiores teores de sólidos não gordurosos de produtos de leite - SNGPL (15,5%) e pelo ponto de fusão do óleo de coco babaçu - PF (34 °C).

Quadro 15. Comparação de médias dos resultados do teste de viscosidade (VISC) das doze formulações dos produtos elaborados

Formulações	VISC (\pm S)	
A1=LPD (100%) óleo 28 °C/6%	117,3 \pm 3,05	de
A2=LPD (100%) óleo 28 °C/10%	123,3 \pm 4,61	c
A3=LPD (100%) óleo 34 °C/6%	140,0 \pm 5,29	b
A4=LPD (100 %) óleo 34 °C/10%	115,3 \pm 1,15	e
B1=CPSI/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%	124,0 \pm 0,00	c
B2=CPSI/LPD (1:1) óleo 28 °C/10%	120,0 \pm 2,00	cde
B3=CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%	146,0 \pm 2,00	a
B4=CPSI / LPD (1:1) óleo 34 °C/10%	105,3 \pm 2,30	f
C1=CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%	122,0 \pm 2,00	cd
C2=CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/10%	121,3 \pm 2,30	cd
C3=CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%	140,0 \pm 0,00	b
C4=CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%	114,6 \pm 5,03	e
CV (%)	2,41	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

Observação:

VISC = média da viscosidade das três repetições de cada formulação;

(\pm S) = desvio-padrão

CV = Coeficiente de variação

A viscosidade da mistura de sorvete pode variar entre 50 e 300 cP. Quanto maior a viscosidade de uma mistura, maior é a potência requerida para congelar esta mistura. Um determinado valor de viscosidade parece ser essencial para o batimento apropriado e para retenção de ar. A viscosidade da mistura é afetada pela qualidade da gordura, pelo teor de sólidos e pela quantidade de estabilizante (MARSHALL e ARBUCKLE, 1996).

4. Incorporação de ar (“overrun”) e Resistência ao derretimento

Diferenças significativas foram encontradas entre as formulações para os testes de incorporação de ar (“overrun”) e resistência ao derretimento (Quadro 16).

Para o teste de incorporação de ar (“overrun”), pela análise de variância (ANOVA) verificou-se o valor de $F= 17,10$; significativo a 5% de probabilidade. O resultado do teste de médias (Duncan) é apresentado no Quadro 16.

Para o teste resistência ao derretimento, pela análise de variância (ANOVA) verificou-se o valor de $F= 32,65$; significativo a 5% de probabilidade. O resultado do teste de médias (Duncan) é apresentado no Quadro 16.

Verificou-se que os maiores valores para incorporação de ar ocorreram nas formulações (C3 e C1), compostas por concentrado protéico – CPSE que possui teores maiores de proteínas do soro (43,29%) seguidas pelas formulações (B1 e B3), compostas por concentrado protéico importado – CPSI que possui menores teores de proteínas do soro (30,5%). Nestes casos os teores de sólidos não gordurosos de produtos do leite (SNGPL) foram de 15,5%.

Os menores valores para incorporação de ar ocorreram nos produtos (A2 e A4) formulados com 11,5% de SNPL e apenas com leite em pó desnatado.

Estes resultados evidenciaram que a incorporação de ar é influenciada pela concentração e tipo de proteína usada.

Quadro 16. Comparação de médias dos resultados dos testes de incorporação de ar (OVER) e de resistência ao derretimento (TDER) das doze formulações dos produtos elaborados

Formulações	OVER (\pm S)		TDER (\pm S)	
A1=LPD(100%) óleo 28 °C/6%	71,66 \pm 2,51	bc	86,6 \pm 5,77	cb
A2=LPD(100%) óleo 28 °C/10%	68,00 \pm 2,00	d	86,6 \pm 5,77	cd
A3=LPD(100%) óleo 34 °C/6%	73,33 \pm 2,30	b	83,3 \pm 5,77	d
A4=LPD(100 %) óleo 34 °C/10%	69,00 \pm 1,73	cd	86,6 \pm 5,77	cd
B1=CPSI/LPD(1:1) óleo 28 °C/6%	78,66 \pm 2,08	a	93,0 \pm 5,77	bc
B2=CPSI/LPD(1:1) óleo 28 °C/10%	71,39 \pm 1,00	bc	100,0 \pm 0,00	b
B3=CPSI/LPD(1:1) óleo 34 °C/6%	78,21 \pm 2,00	a	90,0 \pm 0,00	cd
B4=CPSI/LPD(1:1) óleo 34 °C/10%	71,42 \pm 1,09	bc	100,0 \pm 0,00	b
C1=CPSE/LPD(1:1) óleo 28 °C/6%	80,00 \pm 2,00	a	100,0 \pm 0,00	b
C2=CPSE/LPD(1:1) óleo 28 °C/10%	74,66 \pm 1,15	b	120,0 \pm 0,00	a
C3=CPSE/LPD(1:1) óleo 34 °C/6%	80,66 \pm 2,30	a	100,0 \pm 0,00	b
C4=CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%	74,66 \pm 1,15	b	120,0 \pm 0,00	a
CV (%)	2,40		3,83	

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

Observação:

OVER = média de incorporação de ar das três repetições de cada formulação;
TDER= média da resistência ao derretimento das três repetições de cada formulação;

(\pm S) = desvio-padrão

CV = Coeficiente de variação

Verificou-se que os produtos mais resistentes ao derretimento foram aqueles formulados com concentrados protéicos de soro, especialmente com por concentrado protéico produzido na EPAMIG – CPSE que continha teores maiores de proteínas do soro (43,29%). Observou-se também que o ponto de fusão do óleo não influenciou no tempo de derretimento dos sorvetes.

4.3.2. Qualidade de derretimento dos sorvetes

A velocidade do derretimento possui grande importância para o consumidor quando o produto é comercializado num palito ou numa casquinha. Se o produto derrete muito rapidamente, ocorre uma situação muitas vezes

embaraçosa e indesejável, além de ser um produto facilmente afetado pelo choque térmico.

A variação nas propriedades de derretimento dos sorvetes entre as diferentes formulações é apresentada na forma de gráfico (Figura 9).

A massa de sorvete derretido, em intervalos de 10, minutos foi plotada. Através deste teste verificou-se que cada produto quando derretido formou uma mistura homogênea, com pouca espuma e derretimento definido em aproximadamente, 10 a 15 minutos (Figura 10). Portanto, apresentou uma boa qualidade de derretimento, conforme descrito por Marshall e Arbuckle, (1996).

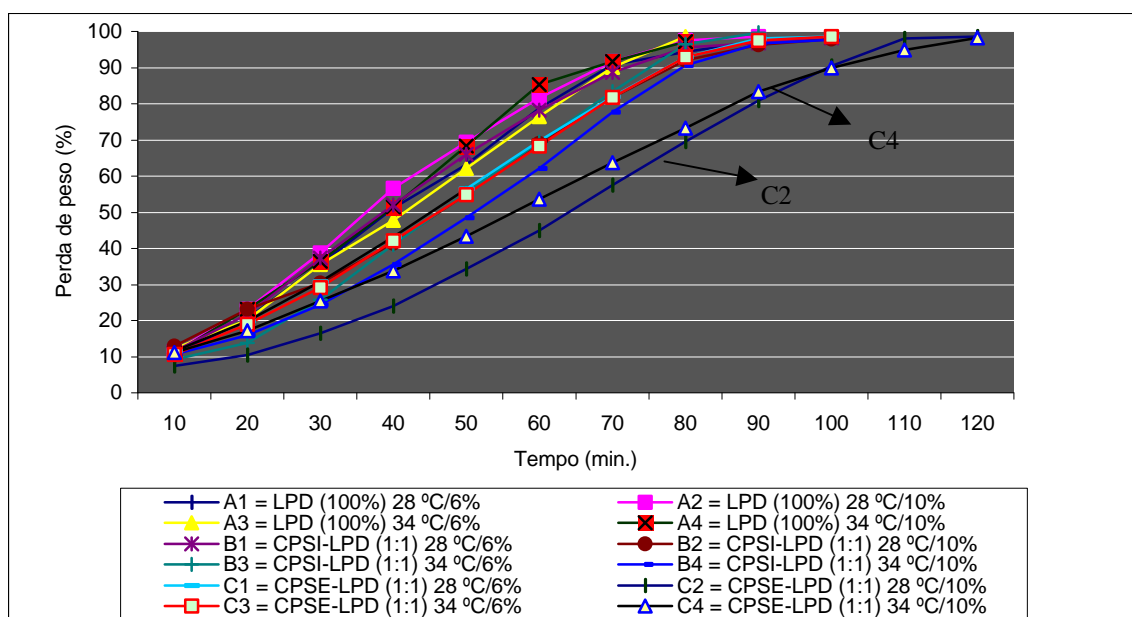


Figura 9 - Comparação da resistência ao derretimento entre as formulações dos sorvetes elaborados

Verificou-se que sorvetes elaborados com ingredientes lácteos idênticos apresentaram as curvas de perda de peso semelhantes ao longo do tempo de derretimento.

As principais diferenças foram observadas com as formulações C2 e C4, que foram mais resistentes ao derretimento. Este resultado pode ser associado à concentração de óleo (10%) e ao concentrado protéico usado EPAMIG – CPSE que possui teores maiores de proteínas do soro (43,29%).

Entretanto, o ponto de fusão do óleo, aparentemente, influenciou na velocidade e no tempo necessário para o derretimento total das amostras avaliadas.

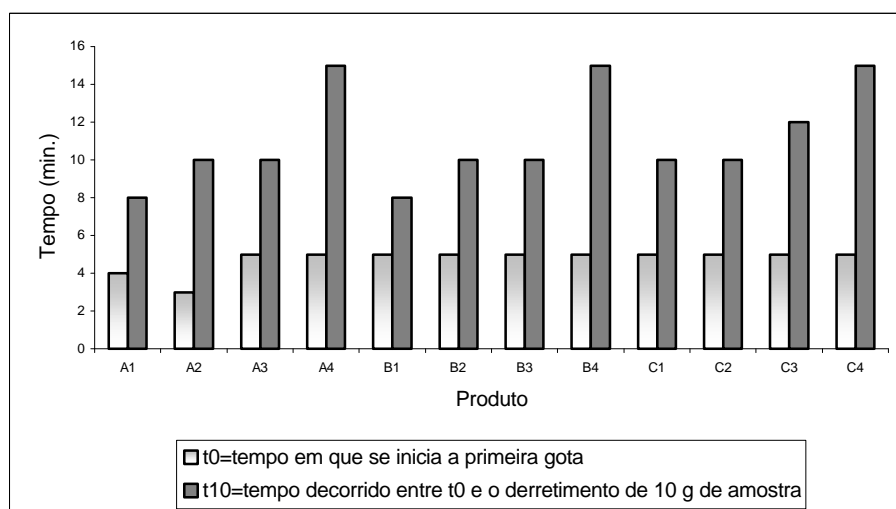


Figura 10 – Resultado da determinação do tempo que inicia a primeira gota (t0) e do tempo decorrido entre t0 e o derretimento de 10 g de amostra

Observação:

A1 = LPD (100%) 28 °C/6%	B3 = CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%
A2 = LPD (100%) 28 °C/10%	B4 = CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%
A3 = LPD (100%) 34 °C/6%	C1 = CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%
A4 = LPD (100%) 34 °C/10%	C2 = CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/10%
B1 = CPSI-LPD (1:1) 28 °C/6%	C3 = CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%
B2 = CPSI-LPD (1:1) 28 °C/10%	C4 = CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%

4.3.3. Análises Químicas e Microbiológicas dos Sorvetes

Os resultados das análises químicas (extrato seco total, gordura, proteínas, lactose e sacarose) e análises microbiológicas em amostras dos sorvetes elaborados são apresentados nos quadros 17 e 18 respectivamente.

Os resultados das análises químicas estão dentro dos limites previstos considerando as análises dos ingredientes e as formulações usadas na fabricação dos sorvetes.

Os resultados microbiológicos encontram-se em conformidade com os padrões da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001), que tolera o máximo de $2,0 \times 10^5$ ufc/mL para contagem total de

mesófilos aeróbicos, $1,0 \times 10^2$ NMP/mL para coliformes totais e $< 0,3$ NMP/mL para *Escherichia coli*.

4.3.3.1. Análises Químicas

Quadro 17 - Composição centesimal em amostras dos produtos elaborados

Produto	E.S.T.	Gord.	Prot.	Lact.	Sacar.
A1=LPD (100%) 28 °C/6%	36,78	6,22	4,75	6,82	14,72
A2=LPD (100%) 28 °C/10%	36,67	10,2	3,74	4,98	14,88
A3=LPD (100%) 34 °C/6%	36,85	6,28	4,72	6,82	14,68
A4=LPD (100%) 34 °C/10%	36,56	10,18	3,72	4,88	14,52
B1=CPSI / LPD (1:1) 28 °C/6%	36,66	6,08	4,82	7,88	14,69
B2=CPSI / LPD (1:1) 28 °C/10%	36,78	10,08	3,48	5,72	14,84
B3=CPSI / LPD (1:1) 34 °C/6%	36,81	6,04	4,52	7,74	14,87
B4=CPSI / LPD (1:1) 34 °C/10%	36,48	9,98	3,51	5,82	14,61
C1=CPSE / LPD (1:1) 28 °C/6%	37,05	6,10	5,62	6,36	14,88
C2=CPSE / LPD (1:1) 28 °C/10%	36,88	10,10	4,28	4,88	14,88
C3=CPSE / LPD (1:1) 34 °C/6%	36,67	5,96	5,61	6,72	14,46
C4=CPSE / LPD (1:1) 34 °C/10%	36,81	10,2	4,36	4,47	14,98

Sendo:

EST = Extrato Seco Total

Gord. = Teor percentual de gordura

Prot. = Teor percentual de proteína

Lact. = Teor percentual de lactose

Sacar. = Teor percentual de sacarose

4.3.3.2. Análises Microbiológicas

Quadro 18 - Pesquisa de microorganismos mesófilos aeróbios, coliformes totais e fecais em amostras dos produtos elaborados

Produto	Cont. Total ufc /mL	Colif.totais NMP/mL	E. coli NMP/mL.
A1=LPD (100%) 28 °C/6%	$1,8 \times 10^4$	2,4	$< 0,3$
A2=LPD (100%) 28 °C/10%	$2,8 \times 10^3$	$< 0,3$	$< 0,3$
A3=LPD (100%) 34 °C/6%	$9,8 \times 10^3$	2,9	$< 0,3$
A4=LPD (100%) 34 °C/10%	$5,8 \times 10^3$	$< 0,3$	$< 0,3$
B1=CPSI-LPD (1:1) 28 °C/6%	$5,6 \times 10^3$	0,73	$< 0,3$
B2=CPSI-LPD (1:1) 28 °C/10%	$5,2 \times 10^3$	$< 0,3$	$< 0,3$
B3=CPSI-LPD (1:1) 34 °C/6%	$4,2 \times 10^3$	$< 0,3$	$< 0,3$
B4=CPSI-LPD (1:1) 34 °C/10%	$7,8 \times 10^3$	$< 0,3$	$< 0,3$
C1=CPSE-LPD (1:1) 28 °C/6%	$9,8 \times 10^3$	$< 0,3$	$< 0,3$
C2=CPSE-LPD (1:1) 28 C/10%	$1,24 \times 10^4$	$< 0,3$	$< 0,3$
C3=CPSE- PD (1:1) 34 °C/6%	$5,0 \times 10^3$	0,62	$< 0,3$.
C4=CPSE-LPD (1:1) 34 C/10%	$1,6 \times 10^4$	$< 0,3$	$< 0,3$

Sendo:

ufc = unidade formadora de colônia

NMP = Número mais provável

4.3.4. Resultados do Teste de Aceitação Sensorial

Pela análise de variância (ANOVA) verificou-se o valor de $F = 12,1$; significativo a 5% de probabilidade. O resultado do teste de médias (Duncan) é apresentado no Quadro 19

Os resultados para os produtos elaborados com leite em pó desnatado (LPD) e óleo de coco babaçu com pontos de fusão 28 °C e 34 °C nas proporções de 6% e 10% sobre o volume da mistura mostram que:

Os produtos A1, A2, A3 e A4 obtiveram médias de 7,4; 7,9; 7,5 e 7,4 pontos respectivamente o que indica que estes produtos estão situados na escala entre as opções gostei moderadamente e gostei muito, o que caracteriza uma boa aceitação pelos provadores. Estes resultados correspondem a 83,0; 88,6 83,3 e 82,4 % do valor máximo de aceitação da escala hedônica de nove pontos.

Os resultados para os produtos elaborados com concentrado protéico de soro importado da Holanda (CPSI) e leite em pó desnatado (LPD) na proporção de 1:1, e óleo de coco babaçu com pontos de fusão de 28 °C e 34 °C nas proporções de 6% e 10% sobre o volume total da mistura mostram que as médias das pontuações obtidas indicam que os quatro produtos analisados ficaram situados na escala entre as opções gostei ligeiramente e gostei moderadamente. Os resultados correspondem a 69,1%; 75,5%; 70,4% e 75,1% do valor máximo de pontuação da escala hedônica de nove pontos para os produtos B1, B2, B3, e B4, respectivamente.

Verificou-se que os produtos B2 e B4 que continham menor concentração de “sólidos não gordurosos de produtos do leite” (11,5%) e maior concentração de óleo de babaçu (10%), obtiveram melhor aceitação que os produtos B1 e B3 com maior teor de “sólidos não gordurosos do leite” (15,5%) e menor teor de óleo de babaçu (6%).

Os produtos compostos de 11,5% de “sólidos não gordurosos de produtos do leite” e 10% de óleo babaçu (C2 e C4) apresentaram valores superiores no teste de aceitação comparados aos produtos com 15,5% de “sólidos não gordurosos do leite” e 6% de óleo de coco babaçu (C1 e C3).

Em termos percentuais os produtos C1, C2, C3 e C4 apresentaram os valores de 68,8%; 77,5%; 69,5% e 74,0%, respectivamente do valor máximo de aceitação da escala hedônica de nove pontos, que correspondem ao intervalo entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente.

A formulação A2 foi a que apresentou a melhor aceitação entre as formulações estudadas. As formulações (A2, A3 e A1) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05\%$) quanto a aceitação, assim como as formulações (A3, A1, A4 e C2); (C2, B2, B4 e C4); (B2, B4, C4 e B3); (C4, B3, B1, C1 e C3).

Quadro 19. Número de respostas (NR) e comparação de médias das notas obtidas pelas doze formulações dos produtos elaborados

Formulações	NR	Médias ($\pm S$)			
A1 = LPD (100%) óleo 28 °C/6%	57	7,4 \pm 1,0	a	b	
A2 = LPD (100%) óleo 28 °C/10%	57	7,9 \pm 1,0	a		
A3 = LPD (100%) óleo 34 °C/6%	54	7,5 \pm 1,2	a	b	
A4 = LPD (100 %) óleo 34 °C/10%	53	7,4 \pm 1,3		b	
B1 = CPSI/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%	54	6,2 \pm 1,4		c	e
B2 = CPSI/LPD (1:1) óleo 28 °C/10%	52	6,8 \pm 1,3			d
B3 = CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%	52	6,3 \pm 1,5			d e
B4 = CPSI/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%	55	6,7 \pm 1,1		c	d
C1 = CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/6%	55	6,2 \pm 0,8			e
C2 = CPSE/LPD (1:1) óleo 28 °C/10%	51	6,9 \pm 1,2	b	c	
C3 = CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/6%	57	6,2 \pm 0,8			e
C4 = CPSE/LPD (1:1) óleo 34 °C/10%	53	6,6 \pm 1,9		c	d e
Total	650				
CV (%)	18,7				

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

Observação:

($\pm S$) = desvio-padrão

CV = Coeficiente de variação

Os resultados do teste de aceitação indicam como de menor aceitação os sorvetes fabricados a partir das formulações (C3, C1, B3, B1) nas quais foram usados os maiores teores (15,5%) de sólidos não gordurosos dos produtos lácteos (SNGPL) e os mais altos teores de proteínas de soro, principalmente proveniente do concentrado protéico de soro produzido na EPAMIG-CPSE (43,29 % de proteína) nas formulações C3 e C1 contra (30,5% de proteína proveniente do concentrado protéico importado-CPSI) nas formulações B3 e B1). Isto se deve em parte ao fato de que as proteínas do soro são mais ricas em aminoácidos sulfurados como cisteína, cistina e metionina, que a caseína.

Estes aminoácidos são termolábeis, e com o aquecimento a 65 °C ocorre formação de sulfatos e sulfetos de hidrogênio. Aminoácidos livres são convertidos em compostos de gosto desagradável e indesejável pelo calor, e por meio de interação química com outros compostos.

CONCLUSÕES

Os estudos realizados para verificar possibilidade da utilização de óleo de coco babaçu e a substituição parcial de leite em pó desnatado por concentrado protéico de soro na fabricação de sorvetes permitiram concluir que:

É tecnicamente viável fabricar sorvetes com os ingredientes testados.

Os ácidos graxos presentes nos óleos de babaçu são de qualidade nutricional superior quando comparados com óleo de soja hidrogenado usado, em grande quantidade, nas formulações de sorvetes no Brasil por apresentarem baixa quantidade de isômeros-trans.

Os sorvetes fabricados diferiram significativamente em função da composição dos ingredientes usados nas formulações, principalmente quanto a concentração de proteínas do soro.

O teste de aceitação sensorial indicou maior preferência pelos consumidores para os sorvetes fabricados sem o uso de concentrado protéico de soro.

Sugere-se o desenvolvimento de outras pesquisas para avaliar o uso de menor proporção de concentrado protéico de soro em relação ao leite em pó desnatado ou para avaliar o uso de menor concentração de sólidos totais nas misturas de sorvetes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIOT, J. **Ciencia y Tecnologia de la Leche**. Traduzido por Rosa Oria Almudí. Ed. Acríbia, Zaragoza, 1991, 547p.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, V.A., 1997 1141p.
- AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. Champaign, 1987.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, 1992, 1219 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETES. Disponível em <<http://www.abis.com.br>>. Acesso em 10 de dezembro de 2005.
- ARAUJO, J.M.A. **Química de Alimentos - Teoria e Prática**. Editora UFV. 1999, 335 p.
- ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream**, 6^a ed. The AVI Publishing Company, New York, 1986, 483p.
- BADUI, S. Propriedades y usos del suero de leche. **Revista Tecnologia Alimentos**., México, 12 (1): p. 5-10, 1977.

- BEZERRA, J.B. Babaçu. As Guerreiras do Mearin. **Revista Globo Rural**. Editora Globo. 61: 38-45; São Paulo, 1999.
- BIRD, J. The Application of membrane systems in the dairy industry. **Journal of the Society of Dairy Technology**. V. 49: p. 1, 1996.
- BRANDÃO, S. C. C. Soro: um desafio para as fábricas de queijo. **Revista Leite e Derivados**, São Paulo, n. 15, p.13-19, mar./abr. 1994.
- BRASIL. Ministério Da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Animal. LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. II – métodos físicos e químicos**. Brasília, 1981.
- BRASIL. Portaria nº 379, de 26 de abril 1999. **Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para preparo e bases para gelados comestíveis**. Diário Oficial da União, Brasília, 29 de abril de 1999.
- BRASIL. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, 10 de janeiro de 2001.
- BRASIL. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. **Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade de óleos e Gorduras Vegetais**. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, 13 de outubro de 1999.
- BRITTEN M.; GIROUX H.J. Emulsifying properties of whey protein and casein composite blends. **Journal of Dairy Science**. v. 74: p. 3318-3325, 1991.
- CAYOT, P.; LORIENT, D. Structure-Function Relationships of Whey Proteins In: DAMODARAN, S.; PARAF, A. **Food proteins and their application**, New York: Marcel Dekker, 1997. Chapter 8, p. 225-256.
- CHAPLIN, L.C.; ANDREW, A.T. Functional properties derived from casein proteolysis. **Journal Dairy Research**. v. 56: p. 655, 1989.
- Codex Alimentarius - **Fats, Oils and related products** - Joint FAO/WHO Food Standards Programme - Codex Alimentarius Commission, Food and Agriculture organization of the United Nations and World Health Organization, Rome, 1993.
- COELHO, D.T.; ROCHA, J.A.A. **Práticas de processamento de produtos de origem animal**. Universidade Federal de Viçosa, imprensa universitária, Viçosa, MG, 1995, 58p.

- DAMODARAN, S. Interfaces protein films and foams. **Advances in Food and Nutrition Research**, 34: 1-79, 1990.
- DELANEY R.A.M. Composition, properties and uses of whey protein concentrates. **Journal of the Society of Dairy Technology**. 29(2): p. 91-101, 1976.
- DeWIT, J.N. Functional properties of whey proteins. In Developments in Dairy Chemistry. Eds. FOX P.F., New York: **Elsevier Applied. Science**. 1989.
- DeWIT J.N.; HONTELEZ-BACKX, E.; ÁDAMSE, M. Evaluation of functional properties of whey protein concentrates and whey protein isolates. 3. Functional properties in aqueous solutions. **Neth. Milk Dairy J.** v.42: p.155, 1988.
- DUNKERLEY, J.A.; ZADOW, J.G. Coagulation characteristics of autoclaved whey protein concentrates. **Journal Dairy Science Technology**. v. 23: p. 11, 1988.
- DZIEZAK, J.D. Membrane separation technology offers processors unlimited potential. **Food Technology**, 44(9); 108-13, 1990.
- FURTADO, M.M.; LOURENÇO NETO, J.P.M. **Tecnologia de queijos**. São Paulo: Dipemar,1994. 118p.
- GIESE, J. Proteins as ingredients: types, functions, applications. **Food Technology**, Chicago, v. 48, p.50-60, 1994.
- HARTMAN, L.; ESTEVES, W. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Série Tecnologia Agroindustrial. São Paulo, 1982. 182p.
- HARTMAN, L.; LAGO, R.C. A Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v.22, p. 475-476, 1986.
- HAUMANN, B.F. Lauric oils have their own niche. **Inform. Champaign**, v.3, n. 10, p.1080-1093, 1992.
- IBANOGLU, E.; KARATAS, S. High pressure effect on foaming behaviour of whey protein isolate. **Journal of Food Engineering**. 47: 31-36, 2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: 1985. 553p.

- IUPAC - INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APLIED CHEMISTRY.
Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives.
Blackwell Sci. Publ. Ltda, 1997.
- JELEN, P. Pressure-driven membrane processes: principles and definitions.
International Dairy Federation Edição Especial 9201. Capítulo 1. Bélgica,
1991.
- KAWASHIMA, L.M.; SOARES, L.M.V. Gorduras em sorvetes nacionais:
conteúdo, composição de ácidos graxos e teor de trans-isômeros. **Ciência e
Tecnologia de Alimentos**, Campinas,13 (2): 194-202, 1993.
- KINSELLA, J. E. Functional properties of food proteins: a survey. **CRC–Critical
Reviews in Food Science and Nutrition**, 7: 219, 1984.
- KOSIKOWSKI, F.V. Membrane separations in food processing. In:
McGREGOR, W. C. **Membrane Separations in Biotechnology**. New York,
Marcel Dekker, 1986. cap. 9, p. 201-54.
- LAWSON, H. Technology, utilization and nutrition, in LAWSON, H. **Processing
Technology**: food oils and fats. New York:Chapman e Hall, 1995 cap 6.
- LEE, F.Y.; WHITE, C.H. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein
concentrates on ice cream quality during storage. **Journal of Dairy Science**
74(4):1170-80, 1991.
- LEWIS, M.J. Concentration of proteins by ultrafiltration. In: HUDSON, B. J. F.
Developments in food proteins. LONDON, Applied science Publishers,
1982. cap 3, p.91-129.
- LINDEN, G.; LORIENT, D. Lactosueros. In: **Bioquímica Agroindustrial.
Revalorização alimentaria de la produção agrícola**. Zaragoza, Espanha:
Ed. Acríbia 1996, p. 215-229.
- MANGINO, M.E. Gelation of whey protein concentrates. **Food Tecnology**,
January, p. 114-117, 1992
- MANGINO, M.E.; LIASO, Y.Y.; HARPER, N.J.; MORR, C.V.; ZADOW, J.G.
Effects of heat processing and functionality of whey proteín concentrates.
Journal Food Science. 52: 1522, 1987.
- MARANHÃO. Secretaria da Indústria, Comércio e Turismo. **Economia do
babaçu**, São Luiz, 1976. 77p.
- MARQUES, F.; GUEDES, G.D.A. Princípios e utilização dos processos de
ultrafiltração e osmose reversa na indústria de alimentos. **Alimentos e
Tecnologia** (6): 54 -5, 1985.

- MARSHALL, R. T.; ARBUCKLE, W. S. **Ice cream** 5^a ed. New York: Chapman & Hall, 1996. 349p.
- MARTIN, G.; GUICHARD, P.H. Sobre cuatro palmas espontáneas de América Latina, **leagineaux**, vol. 34, n.8-9, septembre, 1979.
- MAUBOIS, J.L.; Ultrafiltration of whey. **Journal of the Society of Dairy Technology**, 33(2): 55-8, 1980.
- MAUBOIS, J.L.; BRUCE, G. Utilisation des techniques à membrane pour la séparation, la prurification et la fragmentation des protéins laitières. **Le Lait**, 62: 484-510, 1982.
- MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G. Application of membrane ultrafiltracion to preparation of various types of cheeses. **Journal of Dairy Science** 58, 1975
- MEDINA, E.C. O processo de homogeneização do sorvete. **Sorveteria Brasileira**, São Paulo, 10: 9-10, 1977.
- MELLO, E.M. **Obtenção e caracterização de concentrado protéico de queijo por ultrafiltração**. Campinas: UNICAMP, 1989. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 1989.
- MINAUDO, V. H. Os ingredientes na elaboração do sorvete. **Sorveteria Brasileira**, São Paulo, 10:11–18, 1977.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. Livraria Varela, São Paulo 1998, 150 p.
- MORR, C.V. Whey proteins: Manufacture. In *Developments in Dairy Chemistry*, P.F. Fox (Ed.), vol. 4, p. 245. **Elsevier Applied Science**., New York. 1989.
- MORR, C.V. Composition, physicochemical and functional properties of reference whey protein concentrates. **Journal of Food Science**. 50: 1406-1411, 1421, 1985.
- MORR, C.V. Utilization of milk proteins as starting materials for other foodstuffs. **Journal Dairy Research**. 46: 369, 1979.
- MORR, C.V.; HÁ, E. W. Whey protein concentrates and isolates processing and functional properties critical reviews. **Foods Science and Nutrition**, v. 33, n.6, p. 413-476, 1993.
- MOSQUIM, M.C.A.V. **Fabricando Sorvetes com Qualidade**. Fonte Comunicações e Editora Ltda; São Paulo, 1999, 120p.

- MULVIHILL, D. M. Production, functional properties and utilization of milk products. **Advances dairy Chemistry**, volume 1. Elsevier Science publisher, 1992.
- PARENTE, E.J.S. Alternativas tecnológicas para o processamento do coco babaçu e seus sub-produtos. In: I CONGRESSO WORKSHOP BABAÇU, 1992, São Luiz, **Anais...**São Luiz: Governo do Estado do Maranhão; Secretaria do Meio Ambiente e Turismo; Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária, 1992, P. 56-71.
- PEREIRA, D.B.C.; SILVA, P.H.F.; COSTA JUNIOR, L.C.G.; OLIVEIRA, L.L. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. Juiz de Fora: Templo Gráfica e Editora Ltda, 2001, 234p.
- PINHEIRO, U.B.; FRAZÃO, J.M. Integral processing of Babassu Palm Fruits: Village levels production in Maranhão, Brazil. **Economy Botany**, 49(1): 31-39, 1995.
- RATTRAY, W.; JELEN, P. Protein standardization of milk and products. **Trends in Food Science & Technology**, 7(7): 227-234, 1996.
- RENNER, E.; EL-SALAM, M. H. **Application of ultrafiltration in the dairy industry**. Elsevier Applied Science Publishers, New York USA, 1991, 371p.
- ROBINSON, D.S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos**. Editora Acríbia, Zaragoza, 1991. p.233-278.
- RODRIGUES, J. Processos de membrana en la indústria Láctea. **Alimentacion, Equipos Y Tecnologia**, 16(6): 31-39, 1997.
- ROSA, I.G. Estudo químico, qualitativo e quantitativo, do resíduo amiláceo do coco babaçu. **Revista da Química Industrial**, 1(71):56-62, março de 1986.
- ROSENBERG, M. Current and future applications for membrane in the dairy industry. **Trends in Food Science & Technology** v. 6, p. 12-16, 1995.
- ROSSELL, J.B. Grassas y alimentos grassos. In: RANKEN, M. D. **Manual de indústrias de los alimentos**. 2 ed. Editora Acríbia, Zaragoza, 1993, p. 195-225.
- SANTOS, J.P.V.; FERREIRA, C.L.L.F. Alternativas para o aproveitamento de soro de queijos ns pequenos e médios laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes"**. Anais do XVIII Congresso Nacional de Laticínios, 2001, 389 p.
- SAS Institute, Versão 8. Cary: SAS Institute, 1999.

- SCHLIMME, E.; BUCHEIN, W. **La leche y sus componentes . Propriedades químicas e físicas**. Traduzido por Pascoal Lopes Buesa. Ed. Acríbia S.A., Zaragoza, Espanha, 2002, 121P.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 517p.
- SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de proteínas em alimentos, **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 32:105–126, 1998.
- SILVA, P.H.F. **Curso Básico sobre Sorveteria**. Apostila, EPAMIG/CEPE/ILCT; Juiz de Fora, MG, 1996, 25p.
- SOARES, M.I.V.; FRANCO, M.R.B. Níveis de trans-isômeros e composição de ácidos graxos em margarinas nacionais e produtos hidrogenados semelhantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas,1 (10): 57-71, 1990.
- SOLER, M. P.; VEIGA, P.G. **Sorvetes**. Cento de Informações em Alimentos. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 2001. 68p.
- SWAISGOOD, E. H. Characteristics of Milk. In: FENNEMA, O.R. (Ed.) **Food Chemistry**. 3 ed New York: Marcel: Dekker, 1996. p.841-878.
- TANDY, D. Oilseed Extraction.In:**Introduction to fats and oils technology**. Oilseed extraction. American Oil Chemists society, Champaign Illinois, 1991.
- TIMM, F. **Fabricacion de Helados**. Traduzido por Jaime Esaín Escobar. Editora Acríbia, Zaragoza, 1989, 304p.
- TURGEON, S.L.; GAUTHIER, S.F., PAULIN, P. Interfacial and emulsifying properties of whey pepite fractions obtained with a two-step ultrafiltration process. **Journal of Agricutury Food Chemistry**. 39: 673, 1991.
- USDEC - U. S. DAIRY EXPORT COUNCIL. **Manual de referência para produtos do soro dos EUA**. Arlington, USA, 1997.
- VAN DENDER, A. G. F. Alternativas tecnológicas para fabricação de requeijão cremoso e queijos fundidos. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**,321 (56): 381-389, 2001.
- VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Leche y productos lácteos. Tecnologia química y microbiologia**. Traduzido por Rosa Oria Almudí. Editora Acríbia , Zaragoza, 1994, 459p.

- VERHEUL, M.; ROEFS, S. P.F. Structure of whey protein gels, studied by permeability, scanning electron microscopy and rheology. **Food Hydrocoloids**, v. 12, P. 17-24, 1998.
- VIOTTO, L. A.; RIZVI, S.H. S. Propriedades funcionais de concentrado protéico de soro obtido por processo cascata de fracionamento de proteínas do leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de fora, v.53, n.304, p 12-26, jul/ago, 1998.
- VIOTTO, H.W. Efeitos dos ingredientes é fator mais importante para sorvetes. **Engenharia de Alimentos**, 16:18-21, 1997.
- WAN, P.J. Oilseed Extraction. In: **Introduction to fats and oils technology**. Properties in fats and oils. American Oil Chemists Society (AOCS), Champaign, Illinois, 1991. 112p.
- WANDECK, F.A. **Oleaginosas nativas: aproveitamento**. São Paulo: Estudos Gessy Lever, 1995. p.3-29.
- WANG, S.H., CABALERO-CORDOBA, G.M., SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de misturas de farinhas de trigo e soja desengordurada pré-tratadas por microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 12, p.14-25, 1992.
- WASEN, I. Soro lácteo: lucro para a indústria e proteção ao meio ambiente. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 53, n.304, p.283-300, jul/ago, 1998.
- WEISS, T.J. **Food oils and their uses**. Connecticut: The AVI, 1970. 380 p.
- WHITE, P.J. Fatty acids in oilseeds (vegetable oils) In: **Fatty acids in foods and their health implications**. New York: Marcel Dekker, v.1 1992.
- WHITNEY, R.M.; BRUNNER, J.R.; EBNER, K.E.; FARREL, H.M.J.; JOSEPHON, R.V.; MORR, C.V.; SWAISGOOD, H.E. Nomenclature of the proteins of cow's: fourth revision. **Journal of Dairy Science**, 59 (5): 795-815, 1976.
- YILDIRIM M.; HETTIARACHCHY; N.S.; KALAPATHY, U. Properties of Biopolymers from Cross-linking whey protein isolate and soybean 11S globulin. **Journal of Food Science** 61(6):1129-1131, 1996.