



GUSTAVO DAS GRAÇAS PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL
DE SOJA NA PRODUÇÃO DE SORVETE**

**LAVRAS – MG
2010**

GUSTAVO DAS GRAÇAS PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA NA
PRODUÇÃO DE SORVETE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Jaime Vilela de Resende

Co-orientador

Dr. Luiz Ronaldo de Abreu

**LAVRAS – MG
2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Pereira, Gustavo das Graças.

Utilização de extrato hidrossolúvel de soja na produção de sorvete / Gustavo das Graças Pereira. – Lavras : UFLA, 2010.

166 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Jaime Vilela de Resende.

Bibliografia.

1. Avaliação sensorial. 2. Cristal de gelo. 3. Recristalização. 4. Comportamento de derretimento. 5. Sabor de soja. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 641.862

GUSTAVO DAS GRAÇAS PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA NA
PRODUÇÃO DE SORVETE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de julho de 2010.

Dr. Luiz Ronaldo de Abreu UFLA

Dra. Sandra Maria Pinto UFLA

Dra. Mônica Elisabeth Torres Prado UFLA

Dr. Jaime Vilela de Resende
Orientador

**LAVRAS – MG
2010**

À minha mãe, Fátima, pelo incentivo, amor e exemplo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela proteção em todos os momentos e pelas oportunidades que me concedeu.

Aos meus pais, José Marques e Fátima, que são o alicerce de tudo que sou, especialmente à minha mãe, por todo amor, confiança e dedicação.

A Letícia, Thiago e Lara por sempre estarem ao meu lado, incentivando-me e pelo carinho.

Ao meu avô Geraldo, (*in memoriam*), a quem sempre considerei como um pai, por todo amor, companhia e ensinamentos.

Aos meus primos, Fernando, Marina, Mariana, Marcos e Matheus pela amizade, lealdade e carinho.

Aos meus tios, Antônio, Ângela, e demais familiares pelo apoio e confiança.

Aos amigos, Fausto, Elizandra, Thaís, Adriano, Natália e Leonardo, pela amizade e pelos momentos que passamos juntos, fundamentais para tornar essa caminhada mais prazerosa.

Aos amigos dos Laboratórios de Refrigeração de Alimentos e Laticínios pelo companheirismo e pela ajuda na execução do experimento.

Aos funcionários do DCA Tales, Creuza, Tina, Flávia, Cidinha e Lucilene, pela cooperação, por todos os esclarecimentos e amizade.

Ao meu orientador, Dr. Jaime Vilela de Resende, pelos ensinamentos, pela paciência e confiança que sempre depositou em meu trabalho.

Ao Dr. Luiz Ronaldo de Abreu pela co-orientação e pela disposição em me ajudar.

A Gemacom Tech, Olvebra Industrial e Kerry pelo fornecimento das amostras de aromatizantes e corantes, extrato de soja e Starmix Premium, respectivamente.

Ao Instituto de Laticínios Cândido Tostes/EPAMIG pela disponibilização da estrutura para a elaboração da mistura base de sorvete, em especial ao pesquisador Ítalo Tuler Perrone.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos que me permitiram realizar este trabalho.

RESUMO GERAL

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a viabilidade da utilização de extrato hidrossolúvel de soja (EHS) em substituição parcial ao leite em pó desnatado na produção de sorvete. A fórmula da mistura base constituiu de 10 % de gordura láctea, 11 % de sólidos não gordurosos do leite, 12 % de sacarose, 4 % de xarope de milho e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes. Para o estudo sensorial da mistura base, foram treinados 13 provadores que obtiveram um número de acerto maior ou igual a 60 % nos testes triangulares na fase de recrutamento. O desempenho deste grupo sensorial, após o término das sessões de treinamento, foi avaliado por meio do teste não paramétrico de Friedman e pelo método de Monte Carlo, nos quais se verificou que o painel sensorial apresentava capacidade discriminativa e reprodutibilidade. A mistura base foi caracterizada em relação à concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja mais próxima ao controle (0 % EHS) no atributo sabor e ao aromatizante (abacaxi, chocolate, coco, maçã e morango) que apresentava maior capacidade de atenuar o *flavor* característico da soja. Observou-se que a amostra com 10 % de substituição foi a mais próxima ao controle (0 % EHS) no atributo sabor e que o aromatizante de chocolate demonstrou maior capacidade de mascarar o sabor característico da soja. Considerando esses resultados foram elaborados quatro tratamentos de sorvetes com níveis de substituição de 0, 10, 20 e 30 %, e avaliou-se a influência dessa substituição nas características químicas, físicas, microestruturais, sensoriais e no custo dos sorvetes. O pH e a concentração de proteínas aumentaram com o acréscimo no nível de substituição, enquanto a concentração de carboidratos reduziu. Nas análises reológicas, as misturas base de sorvete mostraram comportamento pseudoplástico e apresentaram os maiores valores de índice de consistência nas formulações que continham extrato de soja. O sorvete com 10 % de EHS apresentou maior *overrun* e menor firmeza. A substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja aumentou a resistência do sorvete ao derretimento, reduziu o tamanho dos cristais de gelo e minimizou os efeitos da recristalização. Em relação aos aspectos sensoriais, os sorvetes com níveis de substituição de até 20 % apresentaram maior aceitação global e a amostra com 0 % de EHS obteve a maior intenção de compra. A adição de extrato de soja na formulação, praticamente, não alterou o custo dos ingredientes envolvidos na produção dos sorvetes.

Palavras-chave: Sorvete. Extrato hidrossolúvel de soja. Reologia. Cristal de gelo. Recristalização. Resistência ao derretimento. Análise sensorial.

GENERAL ABSTRACT

This work was conducted with the objective of evaluating the viability of the use of soy extract in partial replacement to skim milk powder in ice cream making. The formulation of the ice cream mix consisted of 10 % milk fat, 11 % milk solids-not-fat, 12 % sucrose, 4 % corn syrups and 0,6 % mix of stabilizers and emulsifiers. For the sensorial study of the ice cream mix, 13 tasters who obtained a number of guessing greater than or equal to 60 % in the triangular tests in the recruitment phase were trained. The performance of this sensorial group after the finish of the training sessions was evaluated by means of the Friedman's non-parametric test and by Monte Carlo method, in which it was found that the sensory panel presented both discriminative capacity and reproducibility. The ice cream mix was characterized in relation to the concentration of replacement of the skim milk powder by soy extract closer to the control (0 % EHS) in the attribute flavor and to the flavoring (pineapple, chocolate, coconut, apple and strawberry) which presented higher capacity to mitigate the characteristic flavor of soy. It was found that the sample with 10 % of substitution was the closest to the control (0 % EHS) in the attribute flavor and that the chocolate flavoring demonstrated greater capacity of making the characteristic flavor of soy. Taking into account those results, four treatments of ice cream with replacement levels of 0, 10, 20 and 30 % were designed and the influence of that replacement in the chemical, physical, microstructural, sensorial characteristics and in the ice cream coast was evaluated. The pH and protein concentration increased with adding at the level of replacement, while the carbohydrate concentration decreased. In the rheological analysis, the ice cream mixes showed pseudoplastic behavior and presented the greatest values of consistency coefficient in formulations with contained soy extract. The ice cream with 10 % of EHS presented greater overrun and less firmness. The replacement of skim milk powder by soy extract increased the ice cream resistance to melting, reduced the size of the ice crystals and minimized the effects of recrystallization. In relation to the sensorial aspects, the ice cream with levels of replacement of up to 20 % presented greater global acceptance and the sample with 0 % EHS obtained the highest purchasing intention. The addition of soy extract into the formulation, practically, has not altered the coast of the ingredients involved in ice cream making.

Keywords: Ice cream. Soy extract. Rheology. Ice crystal. Recrystallization. Melting resistance. Sensorial analysis.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1	Representação da estrutura da bolha de ar	27
Figura 2	Fluxograma de produção de extrato hidrossolúvel de soja	31
Figura 3	Modelo da primeira máquina de sorvete	35
Figura 4	Representação da microestrutura do sorvete	37
Figura 5	Estrutura da membrana do glóbulo de gordura com e sem adição de emulsificante	39
Figura 6	Desenvolvimento da coalescência parcial na microestrutura do sorvete	40
Figura 7	Micrografia de uma bolha de ar revestida com glóbulos de gordura em sorvete	43

CAPÍTULO 2

Figura 1	Fluxograma de elaboração da mistura base de sorvete	68
Figura 2	Modelo da ficha de avaliação do teste triangular	70
Figura 3	Modelo da ficha de avaliação do teste de ordenação em relação à concentração	71
Figura 4	Modelo da ficha de avaliação do teste de diferença do controle	72
Figura 5	Modelo da ficha de avaliação do teste de ordenação em relação ao sabor	73
Figura 6	Distribuição empírica gerada sob H_0 ao nível de significância de 5 %, percentual de variação amostral explicada = 0,94	77

CAPÍTULO 3

Figura 1	Fluxograma de elaboração do sorvete	93
Figura 2	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da mistura base de sorvete a 5 °C	106
Figura 3	Relação entre a viscosidade e a taxa de deformação da mistura base de sorvete a 5 °C	107
Figura 4	<i>Overrun</i> (%) do sorvete	111
Figura 5	Curvas obtidas para textura instrumental dos sorvetes.....	114
Figura 6	Textura instrumental do sorvete medida como firmeza	115
Figura 7	Termograma representativo da região de derretimento da mistura base de sorvete 0 % EHS	117
Figura 8	Comportamento do sorvete durante o derretimento	119
Figura 9	Fotomicrografia dos cristais de gelo dos sorvetes	121
CAPÍTULO 4		
Figura 1	Fluxograma de elaboração do sorvete	140
Figura 2	Modelo da ficha do teste sensorial de aceitação	142
Figura 3	Modelo da ficha do teste de diferença do controle	143
Figura 4	Intenção de compra do sorvete	148
Figura 5	Mapa de preferência externo dos sorvetes	150
Figura 6	Gráfico representativo de posição das amostras de sorvete	151
Figura 7	Gráfico representativo dos atributos sensoriais	151
Figura 8	Frequência de consumo de sorvete	154
Figura 9	Frequência de consumo de sorvete em função da estação do ano.....	155
Figura 10	Frequência de consumo de sorvete em função do momento do dia	156

Figura 11	Preferência em relação ao sabor de sorvete	157
Figura 12	Critérios determinantes na compra de sorvete	157
Figura 13	Frequência de respostas para o consumo de sorvete que apresenta soja na formulação.....	158
Figura 14	Critérios determinantes na compra de sorvete que apresenta derivados de soja na formulação	159

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Formulação da mistura base de sorvete	67
Tabela 2	Avaliação da equipe sensorial pelo teste de Friedman ...	76
Tabela 3	Grau de diferença do sabor da mistura base em relação ao controle	79
Tabela 4	Total das notas de ordenação para as misturas base de sorvete (10 % substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja) com diferentes aromatizantes	80

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Formulação da mistura base de sorvete	92
Tabela 2	Características físicas e químicas do leite em pó desnatado e do extrato de soja	102
Tabela 3	Características físicas e químicas da mistura base de sorvete	103
Tabela 4	Parâmetros reológicos da mistura base de sorvete	108
Tabela 5	Temperatura de derretimento da mistura base de sorvete.....	117
Tabela 6	Diâmetros equivalentes circulares medianos dos cristais de gelo (X_{50}) antes e após o ciclo de variação de temperatura e suas respectivas percentagens de crescimento	123
Tabela 7	Distribuição dos cristais de gelo (%) em diferentes categoriais de tamanho, antes e após o ciclo de variação de temperatura	125

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Formulação da mistura base de sorvete	139
----------	---	-----

Tabela 2	Características sensoriais do sorvete	145
Tabela 3	Grau de diferença do sabor do sorvete em relação ao controle	153
Tabela 4	Custo dos ingredientes utilizados na produção de 2L de sorvete com 80 % <i>overrun</i>	160

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	19
1	INTRODUÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Soja	23
2.1.1	Aspectos gerais	23
2.1.2	Propriedades funcionais	24
2.1.2.1	Capacidade de absorção de água	24
2.1.2.2	Emulsificação	26
2.1.2.3	Formação de espuma	27
2.1.3	Características sensoriais	28
2.1.4	Extrato hidrossolúvel de soja	30
2.2	Sorvete	33
2.2.1	Definições	33
2.2.2	Histórico	34
2.2.3	Microestrutura e qualidade	36
2.2.3.1	Glóbulo de gordura	37
2.2.3.2	Bolha de ar	41
2.2.3.3	Matriz não congelada	43
2.2.3.4	Cristal de gelo	45
2.2.4	Flutuações de temperatura e recristalização	48
2.2.5	Utilização de derivados de soja em sorvete	50
	REFERÊNCIAS	52
	CAPÍTULO 2 ESTUDO SENSORIAL DA MISTURA BASE DE SORVETE ELABORADA COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA	61
1	INTRODUÇÃO	64

2	MATERIAL E MÉTODOS	66
2.1	Formulação da mistura base	66
2.2	Produção da mistura base	67
2.3	Condições dos testes e preparação das amostras	68
2.4	Recrutamento e seleção dos provadores	69
2.5	Treinamento sensorial	70
2.5.1	Teste de ordenação do sabor de soja em relação à concentração	71
2.5.2	Teste de diferença do controle	72
2.5.3	Teste de ordenação do sabor de soja em relação ao aromatizante	72
2.6	Avaliação do desempenho dos provadores treinados	73
2.7	Caracterização da mistura base de sorvete	74
2.7.1	Determinação da concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja	74
2.7.2	Definição do aromatizante para a mistura base de sorvete	74
2.8	Análise estatística	75
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
3.1	Avaliação do desempenho da equipe treinada	76
3.2	Caracterização da mistura base	78
3.2.1	Determinação da concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja	78
3.2.2	Definição do aromatizante para a mistura base de sorvete	80
4	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	83
	CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS,	

	FÍSICAS E MICROESTRUTURAIS DE SORVETES ELABORADOS COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA	86
1	INTRODUÇÃO	89
2	MATERIAL E MÉTODOS	91
2.1	Formulação da mistura base	91
2.2	Produção do sorvete	92
2.3	Características químicas e físicas do leite em pó desnatado e do extrato hidrossolúvel de soja	94
2.3.1	pH	94
2.3.2	Sólidos totais	94
2.3.3	Gordura	94
2.3.4	Proteína bruta	94
2.3.5	Cinzas	95
2.3.6	Carboidratos	95
2.4	Características físicas e químicas da mistura base	95
2.4.1	pH	95
2.4.2	Sólidos totais	95
2.4.3	Gordura	96
2.4.4	Proteína bruta	96
2.4.5	Cinzas	96
2.4.6	Carboidratos	96
2.5	Características físicas da mistura base e do sorvete	97
2.5.1	Comportamento reológico	97
2.5.2	Overrun	98
2.5.3	Textura	98
2.5.4	Temperatura de derretimento	99
2.5.5	Comportamento de derretimento	99

2.6	Características microestruturais do sorvete	100
2.6.1	Tamanho dos cristais de gelo.....	100
2.6.2	Recristalização.....	100
2.7	Análise estatística	101
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
3.1	Características físicas e químicas do leite em pó desnatado e do extrato hidrossolúvel de soja	102
3.2	Características físicas e químicas da mistura base de sorvete.....	103
3.3	Características físicas da mistura base e do sorvete	105
3.3.1	Comportamento reológico.....	105
3.3.2	<i>Overrun</i>	110
3.3.3	Textura.....	113
3.3.4	Temperatura de derretimento.....	116
3.3.5	Comportamento de derretimento.....	118
3.4	Características microestruturais do sorvete	120
3.4.1	Tamanho dos cristais de gelo e recristalização.....	120
4	CONCLUSÃO	127
	REFERÊNCIAS	128
	CAPÍTULO 4 CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E CUSTO DOS INGREDIENTES DE SORVETES ELABORADOS COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA	133
1	INTRODUÇÃO	136
2	MATERIAL E MÉTODOS	138
2.1	Formulação da mistura base	138
2.2	Produção do sorvete	139
2.3	Características sensoriais do sorvete	141

2.3.1	Teste de aceitação e intenção de compra.....	141
2.3.2	Teste de diferença do controle.....	142
2.3.3	Avaliação dos hábitos de consumo de sorvete.....	143
2.4	Custo dos ingredientes	144
2.5	Análise estatística	144
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	145
3.1	Características sensoriais do sorvete	145
3.1.1	Teste de aceitação e intenção de compra.....	145
3.1.2	Teste de diferença do controle.....	152
3.1.3	Avaliação dos hábitos de consumo de sorvete.....	154
3.2	Custo dos ingredientes do sorvete.....	159
4	CONCLUSÃO	161
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
	REFERÊNCIAS	163
	APÊNDICE A - Modelo do questionário sobre hábitos de consumo de sorvete	166

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o 2º maior produtor mundial de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Dados da safra 2009/2010 apontaram uma produção de, aproximadamente, 69 milhões de toneladas, advindas, principalmente, da região centro-sul do país. Os principais estados produtores foram, em ordem decrescente, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

Esta leguminosa vem ganhando destaque, pois, alguns estudos apontam uma série de potenciais benefícios para a saúde, que podem estar relacionados aos componentes da soja. Entre eles, destacam-se os efeitos preventivos em doenças cardiovasculares, osteoporose e câncer, além de alívio dos sintomas da menopausa.

As proteínas da soja são consideradas tecnologicamente funcionais, já que apresentam propriedades físico-químicas tais como as capacidades de retenção de água, emulsificante e espumante, que contribuem para o desenvolvimento de características desejáveis em diversos alimentos.

Apesar de a soja oferecer os referidos benefícios à saúde, apresentar alto valor nutricional e importantes propriedades funcionais, seus produtos ainda sofrem resistência por parte dos consumidores ocidentais, em função de seu sabor característico.

Dentre os produtos derivados da soja, destaca-se o extrato hidrossolúvel de soja por ser um produto pronto para o consumo, de alto valor nutritivo, de custo relativamente baixo e de fácil obtenção. Este derivado, líquido ou em pó, possui ampla aplicação na indústria alimentícia, podendo ser consumido na forma de bebida ou como constituinte de produtos lácteos tais como iogurtes, formulados infantis, sorvetes e cremes.

Os sorvetes, que são classificados como gelados comestíveis, são colóides complexos formados por bolhas de ar, cristais de gelo e glóbulos de gordura individuais ou parcialmente coalescidos que se encontram dispersos em uma matriz aquosa concentrada pelo congelamento (GOFF; VERESPEJ; SMITH, 1999).

A qualidade do sorvete percebida pelos consumidores está muito além da cremosidade, do sabor e da refrescância conferida. Aspectos relacionados à microestrutura do sorvete como tamanho e distribuição dos cristais de gelo, dispersabilidade das bolhas de ar e grau de coalescência dos glóbulos de gordura, individualmente ou coletivamente, apresentam influência decisiva na qualidade global deste produto.

A utilização de extrato de soja na formulação de sorvetes pode promover melhorias na qualidade microestrutural, em função das propriedades funcionais das proteínas da soja, principalmente a capacidade de retenção de água. Além disso, a oferta desse ingrediente é muito grande, uma vez que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais.

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar a utilização de extrato hidrossolúvel de soja na produção de sorvete.

Os objetivos específicos foram:

- a) Identificar a concentração de substituição de leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja que apresenta menor diferença de sabor em relação à mistura base controle;
- b) Verificar o aromatizante que melhor mascara o sabor característico da soja na mistura base de sorvete;
- c) Elaborar sorvetes com o aromatizante selecionado e diferentes níveis de substituição tomando-se por base o nível mais próximo ao controle no atributo sabor;

- d) Avaliar a influência da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja nas características químicas, físicas, microestruturais e sensoriais dos sorvetes;
- e) Avaliar o custo dos ingredientes envolvidos na produção dos sorvetes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Soja

2.1.1 Aspectos gerais

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é um produto agrícola que tem despertado grande interesse, em âmbito mundial, graças à versatilidade de aplicação de seus produtos na alimentação humana e animal e ao seu valor econômico nos mercados nacional e internacional (ASSUMPCÃO, 2008).

Atualmente o Brasil é o 2º maior produtor mundial de soja, com produção na safra 2009/2010 de, aproximadamente, 69 milhões de toneladas, valor esse 20 % maior que o observado na safra anterior. A região Centro-Sul, principal produtora, obtém 89 % da produção nacional, destacando-se os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás (CONAB, 2010).

Em termos nutricionais, a princípio, o valor da soja foi atribuído ao seu teor de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. Entretanto, verifica-se que os grãos são uma fonte rica de fitoquímicos, a exemplo das isoflavonas. Muitos desses componentes têm importantes efeitos benéficos à saúde humana como fonte preventiva de doenças crônico-degenerativas (HUI et al., 2001; JACKSON et al., 2002).

Essas características fazem com que o uso da soja integral ou de seus derivados, como ingredientes ou aditivos em produtos alimentícios em geral e lácteos em particular, dê a essa *fabaceae* utilizações nobres, elevando sua importância econômica, social e estratégica para o país (ASSUMPCÃO, 2008).

2.1.2 Propriedades funcionais

As propriedades funcionais tecnológicas têm sido definidas como qualquer propriedade dos alimentos ou dos seus componentes, excetuando-se as nutricionais, que influencie a sua aceitação e utilização. Essas dependem das propriedades físicas e químicas das proteínas, que são muito importantes para o preparo de determinados alimentos, afetando sua conservação, estocagem e aceitação pelos consumidores (SGARBIERI, 1996).

Os produtos derivados da soja apresentam propriedades funcionais como solubilidade, absorção de água, emulsificação, formação de espuma e geleificação, características essas relacionadas às suas proteínas (VILLALVA, 2008).

2.1.2.1 Capacidade de absorção de água

As propriedades reológicas e texturais dos alimentos dependem da interação da água com outros constituintes, especialmente com as macromoléculas, tais como proteínas e polissacarídeos (FENNEMA, 1997).

As proteínas interagem com a água, por meio da formação de ligações, como as de hidrogênio, ligações dipolo-dipolo ou cadeias laterais dos aminoácidos (interação com grupos ionizados). Assim, quando há proporção maior de aminoácidos com cadeias laterais hidrofóbicas, a proteína apresenta menor capacidade de hidratação do que quando é composta por aminoácidos com cadeias laterais hidrofílicas, que podem formar mais facilmente ligações de hidrogênio com a água (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Fatores que afetam a capacidade de absorção de água das proteínas incluem: composição; estrutura proteica e conformação; carga superficial e polaridade; presença de carboidratos, lipídeos e sais; pH; força iônica;

temperatura; grau de desnaturação e agregação; e formação de pontes dissulfídicas (DAMODARAN, 1996; GARCIA et al., 1997).

A concentração de proteínas está diretamente relacionada com a quantidade total de água que elas podem absorver. O isolado proteico de soja apresenta maior capacidade de absorção de água (aproximadamente 35 g/100 g), em razão do seu maior conteúdo proteico dentre os produtos derivados da soja (LIU, 1997).

Alterações na conformação proteica podem afetar a termodinâmica de ligação com a água por alterar a disponibilidade de sítios polares ou sítios de hidratação. A transição da conformação globular compacta da molécula de proteína, para a conformação aleatória, resulta no aumento da área superficial disponível e exposição de peptídeos e cadeias laterais de aminoácidos, antes escondidos que, desta forma, podem interagir com a água (KINSELLA, 1982).

Segundo Remondetto, Añon e Gonzáles (2001), isolados proteicos de soja que contêm maior conteúdo de proteínas desnaturadas exibem maior capacidade de absorção de água.

Por outro lado, os diferentes processamentos, como tratamento térmico, extrusão e texturização, podem ocasionar decréscimo na capacidade de absorção de água, em razão da agregação das proteínas desnaturadas (ORDÓÑEZ et al., 2005).

A viscosidade de soluções proteicas diluídas depende da forma e tamanho da partícula, assim como da hidratação e da carga elétrica da proteína. Aumento na hidratação da molécula produz um aumento da viscosidade intrínseca. A viscosidade intrínseca é dependente do volume hidrodinâmico ocupado por unidade de massa da macromolécula, um parâmetro estrutural, interpretada em termos de conformação molecular, hidratação e flexibilidade das cadeias de polímeros em solução. O estudo da viscosidade de proteínas permite

determinar a relação entre as interações entre moléculas proteicas e propriedades funcionais (HARDING, 1997).

Añón, Sorgentini e Wagner (2001) reportaram que as propriedades reológicas como a viscosidade de dispersões aquosas de proteína de soja estão relacionadas à capacidade de hidratação das proteínas que as compõe.

2.1.2.2 Emulsificação

Uma emulsão é uma dispersão de gotas de óleo em uma matriz aquosa contínua ou de água em uma matriz de óleo. A principal característica de um agente emulsificante é a de possuir, na mesma molécula, partes hidrofílicas e hidrofóbicas, ou seja, apresenta característica anfifílica (HILL, 1996).

A solubilidade e hidrofobicidade de uma proteína são as propriedades mais importantes que determinam a sua emulsificação. Alguns mecanismos como redução da tensão superficial, formação de uma película rígida e cargas elétricas, participam na formação de uma emulsão estável (VILLALVA, 2008).

De modo geral, a capacidade de emulsificação das proteínas da soja aumenta com o aumento da solubilidade e diminui com o aumento da concentração de proteína, enquanto a estabilidade da emulsão aumenta com a elevação na concentração proteica. As propriedades de emulsificação são ótimas em condições alcalinas e pobres na faixa de pH entre 5 e 6 (LIU, 1997).

Segundo Mitidieri e Wagner (2002), isolados proteicos de soja comercial, que sofrem tratamento térmico durante a secagem, têm uma fraca propriedade emulsificante, visto que apresentam baixa solubilidade.

2.1.2.3 Formação de espuma

As espumas, geralmente, consistem em bolhas de gás dispersas e envolvidas por um fino filme líquido (lamínulas), contendo um surfactante solúvel (proteína), conforme ilustrado na Figura 1. A capacidade de uma proteína formar espuma refere-se à expansão de volume da dispersão proteica (SILVA, 2007).

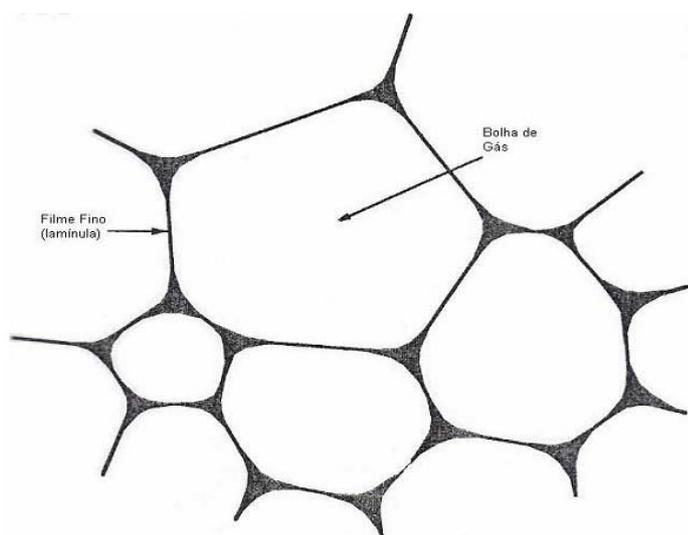


Figura 1 Representação da estrutura da bolha de ar
Fonte: Silva (2007)

Vários estudos têm demonstrado a contribuição da soja na melhoria de certas propriedades funcionais em sistemas alimentares. As proteínas da soja são consideradas bons agentes de aeração, tendo propriedades espumantes adequadas e podendo ser utilizadas, funcionalmente, na manufatura de suflês, suspiro, doces congelados, coberturas de bolos, sorvetes e outros (WANG et al., 2006).

A incorporação de ar é uma propriedade funcional de interface que depende da natureza da proteína, do pH, da solubilidade, da temperatura (desnaturação), da presença de sais, da presença de outros constituintes nos alimentos (lipídios e açúcares) e da concentração de proteína (WILDE; CLARK, 1996).

As espumas são mais estáveis na região do ponto isoelétrico das proteínas, em razão da falta de interações repulsivas (repulsão eletrostática mínima), que promovem uma interação mais favorável entre proteína-proteína, formando um filme viscoso na interface (FENNEMA, 1997; ORDÓÑEZ et al., 2005). Geralmente, a maioria das proteínas forma uma espuma máxima com uma concentração de 2 a 8 %. A desnaturação parcial das proteínas, frequentemente, proporciona melhorias nas propriedades de espumabilidade. Isso é atribuído ao aumento da hidrofobicidade na superfície. Os lipídios, particularmente os fosfolipídios, afetam contrariamente a formação de espuma das proteínas, visto que desestabilizam as bolhas de ar da farinha e do concentrado de soja (DAMODARAN, 1996).

Em estudos há demonstrações de que existem diferenças nas propriedades de espuma em diversos produtos proteicos de soja, devendo ser ressaltado que os isolados proteicos possuem maior espumabilidade quando comparados com farinhas e concentrados de soja (LIU, 1997).

2.1.3 Características sensoriais

Apesar de seu reconhecido potencial nutricional e funcional, a aceitação sensorial da soja é uma barreira para o seu uso na cultura ocidental, em virtude do sabor e aroma desagradáveis ao paladar dos consumidores, oriundos de compostos naturalmente presentes no grão e de outros formados durante o processamento (ASSUMPÇÃO, 2008).

Os compostos responsáveis pelo sabor característico da soja são de origem volátil e não volátil, sendo os voláteis derivados, principalmente, da oxidação enzimática lipídica por meio da ação das lipoxigenases (EC 1.13.11.12) ou da auto-oxidação (LI, 2006; MIN et al., 2005).

As substâncias voláteis, identificadas nos derivados de soja, têm sido caracterizadas como responsáveis pela gênese dos sabores herbáceo (*grassy flavor*) e de feijão cru (*beany flavor*) (CHEMAN; WEY; NELSON, 1989).

O grão de soja íntegro apresenta baixas concentrações de compostos endógenos responsáveis pelos *off-flavors*, porque as enzimas e os substratos se encontram separados pelas membranas celulares. Porém, esses compostos que originam os *off-flavors* são rapidamente formados durante as etapas de maceração e moagem, em consequência do contato entre as enzimas e os ácidos graxos (LI, 2006; MIN et al., 2005).

A lipoxigenase utiliza o oxigênio para catalisar a oxidação de ácidos graxos poliinsaturados que contêm a estrutura cis, cis-1,4-pentadieno para formar hidroperóxidos conjugados. Esses hidroperóxidos são instáveis e facilmente clivados enzimaticamente ou não, resultando em compostos *off-flavors*, como aldeídos, cetonas, álcoois, epóxidos e polímeros (MIZUTANI; HASHIMOTO, 2004; SILVA, 2004). Min et al. (2005) observaram que os principais compostos voláteis encontrados em derivados de soja são: hexanal, hexanol, pentano, propanal, etanol, pentanal, 2-hexenal, 1-pentanol, 2-heptenal e 1-octen-3-ol. O hexanol é considerado a maior fonte de *off-flavors* presente nos produtos de soja (LI, 2006).

Os fenólicos são os principais compostos não voláteis encontrados na soja e são responsáveis pela formação dos sabores amargo (*bitter flavor*) e adstringente (*adstringent flavor*). Dentre os fenólicos da soja incluem os ácidos fenólicos e as isoflavonas (MIN et al., 2005; MORAES et al., 2006). Além dos compostos fenólicos, as saponinas, também, têm sido relatadas como formadoras

do *bitter* e *adstringent flavors* (TSUKAMOTO et al., 1995). Aldin, Reitmeier e Murphy (2006) relataram que a isoflavona malonil- β -glucosídeo e as saponinas conjugadas com DDMP (2,3-diidro-2,5-diidroxi-6-metil-4H-pirano-4-one) apresentaram maior capacidade de contribuir para a formação de *off-flavors* em derivados de soja.

Alguns peptídeos, presentes na soja, podem conferir gosto amargo aos produtos derivados. No grão de soja íntegro esses peptídeos não se encontram expostos. Porém, durante o processamento e sob determinadas condições, como a ação de proteases, microorganismos e ácidos, as proteínas podem ser hidrolisadas e os peptídeos que conferem sabor amargo são liberados (LI, 2006). Cho et al. (2004) observaram que a adição de proteases com o intuito de melhorar a solubilidade da proteína da soja apresenta o inconveniente de incrementar o *bitter flavor*.

2.1.4 Extrato hidrossolúvel de soja

Vários produtos podem ser elaborados considerando a soja, tanto para o uso direto na alimentação humana, quanto indiretamente com a finalidade de aumentar o valor nutricional e a qualidade funcional de outros produtos. Dentre os derivados da soja, destaca-se o extrato hidrossolúvel por ser um produto pronto para o consumo, de alto valor nutritivo, de custo relativamente baixo e de fácil obtenção (FELBERG et al., 2004).

O extrato de soja é o produto obtido a partir da emulsão aquosa resultante da hidratação dos grãos de soja, convenientemente limpos, seguido de processamento tecnológico adequado, adicionado ou não de ingredientes opcionais permitidos, podendo ser submetido à desidratação, total ou parcial (BRASIL, 2005a).

O extrato hidrossolúvel pode ser obtido tanto no estado líquido quanto em pó. O produto na forma desidratada apresenta vantagens quando comparado ao extrato aquoso, principalmente em relação ao manuseio, transporte, conservação e maior valor nutricional. Por outro lado, a solubilidade das proteínas do extrato de soja em pó pode ser reduzida por causa da formação de aglomerados proteicos durante o processamento.

O processo básico de elaboração do extrato de soja está representado no fluxograma da Figura 2, seguido das descrições das etapas conforme métodos propostos por Callou (2009), Campos et al. (2009) e Debruyne (2006).

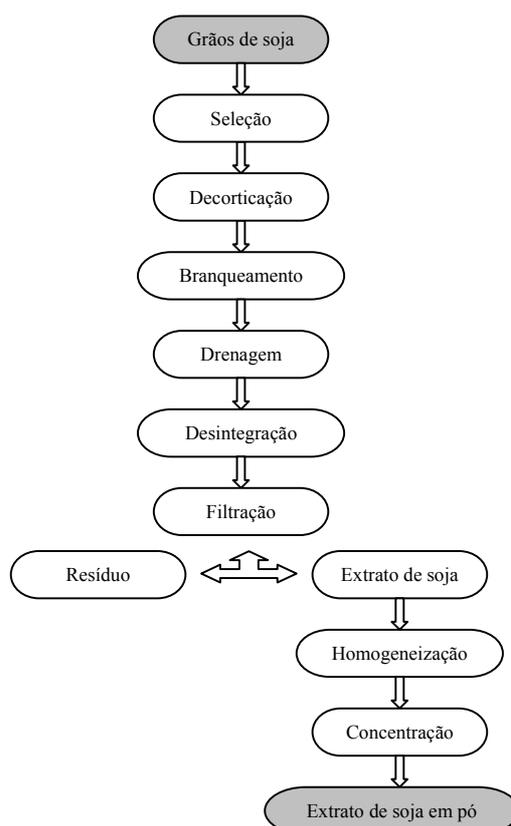


Figura 2 Fluxograma de produção de extrato hidrossolúvel de soja

a) *Seleção dos grãos*: a seleção é um dos passos mais importantes para a produção do extrato de soja com qualidade. Uma unidade de limpeza e preparação dos grãos, geralmente, é composta por uma mesa de gravidade com peneiras e sistemas de polimento com o intuito de se obter grãos de soja de mesmo tamanho e com ausência de impurezas, materiais estranhos e grãos rachados e/ou quebrados. A remoção de grãos danificados e impurezas diversas podem evitar o surgimento de sabores e odores desagradáveis, além de reduzir a contagem microbiana associada;

b) *Decorticação*: essa operação se refere à eliminação da superfície externa ou da casca do grão de soja por meio de um decortificador automático de grãos. A casca contém algumas substâncias indesejáveis, como os polissacarídeos que são responsáveis pelo desenvolvimento de sabores desagradáveis e problemas de processamento causados pela formação de espumas. A decorticação dos grãos, também, contribui para o alargamento da vida de prateleira do produto, uma vez que microorganismos podem estar presentes na casca do grão de soja;

c) *Branqueamento*: os grãos decorticados são branqueados à temperatura de 85-90 °C na proporção de 1 parte de grãos de soja para 3-5 partes de água (p/v), durante 20 minutos. Em alguns processos é acrescentado bicarbonato de sódio à água do branqueamento. Essa operação pode inativar a enzima lipoxigenase e melhorar a solubilidade proteica mediante a indução de um pH mais alcalino. A etapa de branqueamento possui duas funções básicas: hidratação dos cotilédones e a inativação das enzimas lipoxigenases. Além disso, favorece a remoção de oligossacarídeos solúveis em água e contribui para a inativação de inibidores de tripsina;

d) *Drenagem*: os grãos são colocados em um recipiente perfurado com o intuito de remover o excesso de água da etapa anterior;

e) *Moagem ou desintegração*: o principal objetivo dessa etapa é romper as células do grão e liberar lipídeos e proteínas, originando, dessa forma, uma

solução coloidal composta por proteínas e emulsões óleo em água. A desintegração dos grãos é processada com água à temperatura de ebulição ou por meio da injeção de vapor em moinhos. Ao término da moagem não deve se observar a presença de aglomerados, pois, isto pode indicar material celular não rompido, que pode indicar perda de rendimento no processo de extração;

f) *Filtração*: a solução coloidal formada, após a desintegração, é filtrada em uma peneira de malha fina para separar o extrato de soja do resíduo insolúvel (okara);

g) *Homogeneização*: o extrato de soja é submetido a forças cisalhantes em homogeneizador mecânico de dois estágios com pressão total de 4000-5000 psi. Essa etapa objetiva reduzir o tamanho das partículas e melhorar as propriedades funcionais do produto;

h) *Concentração*: o extrato de soja homogeneizado é seco por atomização em *spray dryer* com temperatura de entrada e saída de aproximadamente 200 e 90 °C, respectivamente.

O extrato hidrossolúvel de soja pode ser obtido, também, da farinha ou do isolado proteico, que permite eliminar algumas etapas do processamento, gerando, assim, alterações nas suas composições químicas, sensoriais, nutricionais e nas propriedades reológicas (RODRIGUES; GOZZO; MORETTI, 2003).

2.2 Sorvete

2.2.1 Definições

O sorvete é classificado, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, como um gelado comestível. Gelados comestíveis são os produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma

mistura de água e açúcar (es). Podem ser adicionados outro (s) ingrediente (s) desde que não descaracterize (m) o produto (BRASIL, 2005b).

De acordo com Marshall, Goff e Hartel (2003), os gelados comestíveis são alimentos obtidos pelo congelamento, sob contínua agitação, de uma mistura base pasteurizada e homogeneizada ou preparado de frutas, composta de ingredientes lácteos ou não, açúcares, corantes, aromatizantes, estabilizantes, emulsificantes e outros aditivos.

Do ponto de vista da tecnologia, os gelados comestíveis são uma emulsão óleo em água que, mediante um processo de batimento e congelamento, incorpora ar, gerando um produto cremoso no estado semi-sólido (ABRAHÃO, 2005).

2.2.2 Histórico

Muitas informações disponíveis sobre a origem do sorvete estão, ainda, sob a esfera do folclore, indicando que esse produto não foi inventado ou criado, mas desenvolvido há séculos, até chegar ao produto que se conhece atualmente (MIKILITA, 2002).

Indícios mais antigos sobre o aparecimento do sorvete datam de 250 a.C, sugerindo que os chineses misturavam polpa de frutas e mel à neve para preparar uma iguaria apreciada pelos imperadores (MIKILITA, 2002).

Em meados de 37-68 d.C, o imperador romano Nero enviava escravos às montanhas dos Alpes em busca de neve, que era misturada com sucos, polpas de frutas e mel (CLARKE, 2004).

A grande revolução na história do sorvete, no entanto, deu-se em 1292, quando o mercador italiano Marco Polo levou do oriente para a Itália, em uma de suas famosas viagens, uma receita com o segredo do preparo de sorvetes

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETE - ABIS, 2007; MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

A partir desse momento, o sorvete se difundiu por toda a Itália e restante da Europa. Quando Catarina de Médici se casou com Henrique II, levou para a França, em 1533, receitas de sorvete. Na Inglaterra, em 1640, o rei Carlos I pagou para que o seu chefe de cozinha, De Mirco, vindo da corte francesa, criasse um “creme gelado” e esta receita deveria ser mantida em segredo (CLARKE, 2004).

O sorvete chegou aos Estados Unidos pelas receitas levadas pelos colonizadores ingleses e ganhou um destaque ainda maior. A primeira máquina de fabricar sorvetes surgiu em Nova Jersey, quando Nancy Johnson, em 1843, inventou um congelador manual, revestido de gelo adicionado de sal, no qual a mistura era agitada até o congelamento (ABRAHÃO, 2005). A Figura 3 ilustra o modelo desse equipamento.



Figura 3 Modelo da primeira máquina de sorvete
Fonte: Mikilita (2002)

Em 1851, um comerciante de leite, Jacob Fussel, abriu em Baltimore a primeira fábrica de sorvetes, tornando-se o primeiro a produzir o produto em larga escala. Com isso, o sorvete ganhou uma popularidade ainda maior e os

Estados Unidos se consolidaram como os maiores produtores do mundo (INTERNATIONAL DAIRY FOODS ASSOCIATION - IDFA, 2010).

No Brasil, os primeiros relatos datam de 1834, quando os comerciantes Derche e Fallas importaram de Boston 217 toneladas de gelo, que seria utilizado na produção de sorvetes e bebidas à base de frutas tropicais. Esse gelo foi armazenado em covas e envolto por serragem durante cinco meses. Na época, não havia como manter o sorvete congelado, por isso as confeitarias anunciavam, por meio de panfletos, o momento exato em que o sorvete seria servido (ABIS, 2007). Em 1941 foi inaugurada, no Rio de Janeiro, a primeira indústria de sorvetes do país, a US Harkson do Brasil, que mais tarde passou a ser chamada Kibon.

2.2.3 Microestrutura e qualidade

O sorvete é um coloide complexo, formado por glóbulos de gordura, bolhas de ar e cristais de gelo que estão dispersos em uma concentrada solução/dispersão de proteínas, sais, polissacarídeos e açúcares (GOFF; VESPEREJ; SMITH, 1999), conforme representado na Figura 4.

Um típico sorvete consiste em, aproximadamente, 30 % de gelo, 50 % de ar, 5 % de gordura e 15 % de uma matriz não congelada (solução concentrada), por unidade de volume. Esse produto, portanto, contém todos os três estados da matéria: cristais de gelo e gordura (sólido), solução concentrada não congelada (líquido) e bolhas de ar (gasoso) (CLARKE, 2004).

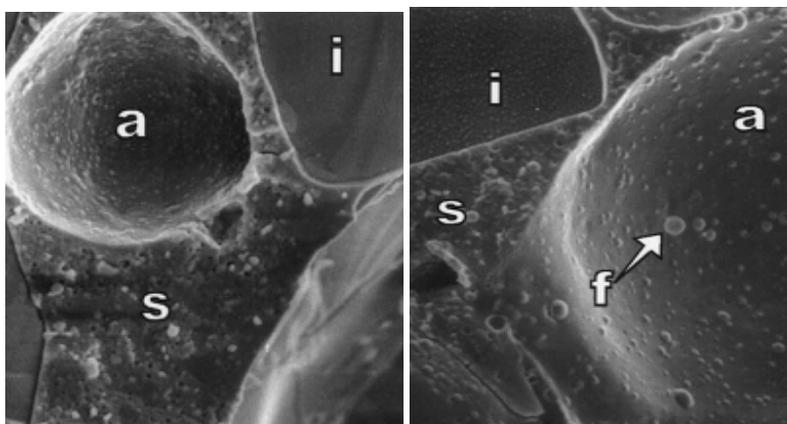


Figura 4 Representação da microestrutura do sorvete (a = bolha de ar, f = glóbulo de gordura, i = cristal de gelo, s = matriz não congelada)
Fonte: Goff et al. (1999)

Além dos ingredientes utilizados e da forma de processamento, a microestrutura desses constituintes tem um impacto significativo sobre as características de qualidade do sorvete e sua manipulação específica é de grande interesse (EISNER; WILDMOSER; WINDHAB, 2005).

2.2.3.1 Glóbulo de gordura

O adequado desenvolvimento da estrutura dos glóbulos de gordura no sorvete é responsável por muitas propriedades desejáveis, incluindo a formação de *flavor* característico, desenvolvimento de uma textura suave, melhoria no corpo do produto e resistência ao derretimento (GOFF, 2002; GOFF, 2006).

O glóbulo de gordura sofre duas modificações durante o processamento do sorvete: a formação da emulsão ou estabilização e a coalescência parcial ou desestabilização.

A homogeneização inicia o processo de formação da estrutura da gordura, pois, promove a ruptura dos glóbulos íntegros originando um grande

número de pequenos glóbulos de gordura (aproximadamente 1 µm de diâmetro). Com o aumento da área superficial, o material de membrana nativo não é suficiente para recobrir todos os glóbulos recém formados, e por esse motivo, ocorre a adsorção de certas moléculas com características anfífilas, tais como as caseínas, as proteínas do soro e os emulsificantes (RUGER; BAER; KASPERSON, 2002; WALSTRA; WOUTERS; GEUTERS, 2006).

Na ausência dos emulsificantes, as caseínas demonstram maior afinidade de adsorção sobre os glóbulos de gordura do que as proteínas do soro. Esse comportamento é derivado da teoria de Kolmogorov, que relaciona a taxa de adsorção de material (T) e a concentração de proteína (c_p), conforme a Equação 1:

$$\frac{dT}{dt} \propto c_p \times r \left(\frac{1+r_p}{r} \right)^3 \quad (1)$$

em que r_p é o raio da partícula e r é o raio do glóbulo de gordura.

Como as caseínas perfazem cerca de 80 % das proteínas do leite e apresentam maior raio (20 a 150 nm), quando comparadas às proteínas do soro (2 nm), elas são preferencialmente adsorvidas sobre os glóbulos de gordura formados após a homogeneização (WALSTRA; WOUTERS; GEUTERS, 2006).

A adição de agentes emulsificantes como os polisorbatos e/ou os mono e diglicerídeos, no entanto, contribuem para a formação de uma membrana muito diferente. Esses aditivos têm uma maior capacidade de reduzir a tensão superficial entre os glóbulos de gordura e a fase aquosa do que as proteínas do leite. Dessa forma, os emulsificantes apresentam maior afinidade de adsorção aos glóbulos de gordura (BOLLIGER; GOFF; THARP, 2000; CLARKE, 2004).

Em função dessa afinidade, as proteínas tendem a ser desorvidas do glóbulo, durante e após a formação da emulsão, em detrimento da adsorção dos

emulsificantes. Essa mudança acarreta em alterações na estrutura da membrana, cujas camadas menos espessas são formadas pelos emulsificantes em comparação com as proteínas (GOFF, 1997). Uma representação da estrutura da membrana do glóbulo de gordura com e sem adição de emulsificante pode ser observada na Figura 5.

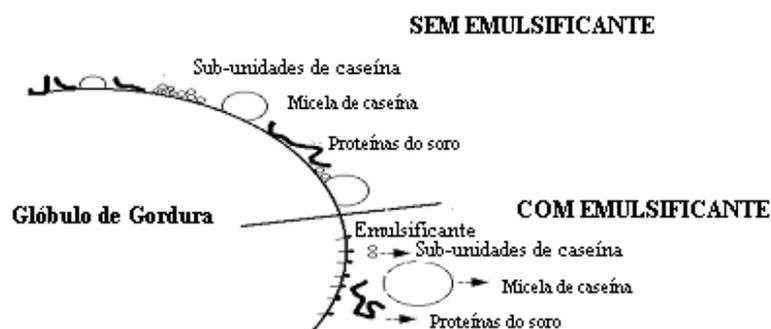


Figura 5 Estrutura da membrana do glóbulo de gordura com e sem adição de emulsificante

Fonte: UNIVERSITY OF GUELPH - UOG (2010)

Os glóbulos de gordura são estáveis em condições estáticas, porém, quando se inicia a fase de batimento, com a ação de forças cisalhantes sobre a mistura base, os glóbulos de gorduras se colidem e ocorre o fenômeno conhecido como coalescência parcial (CLARKE, 2004).

A membrana formada pelos emulsificantes, por ser mais fina, facilita o contato entre os glóbulos de gordura durante o processo de batimento do sorvete (BOLLIGER; GOFF; THARP, 2000).

Para o desenvolvimento da coalescência parcial, parte da gordura presente no glóbulo deve estar necessariamente no estado sólido, pois, somente os cristais de gordura solidificados podem penetrar na membrana do glóbulo vizinho e promover a ligação entre ambos. Por sua vez, a gordura que se

encontra no estado líquido atua fortalecendo a ligação entre os glóbulos e promove, assim, a coalescência (VANAPALLI; COUPLAND, 2001).

Os glóbulos de gordura parcialmente coalescidos constroem uma rede semicontínua que estabiliza as bolhas de ar, resultando em propriedades benéficas de formação de corpo, textura mais suave e resistência ao derretimento (GOFF, 1997). Um esquema do desenvolvimento da coalescência parcial está ilustrado na Figura 6.

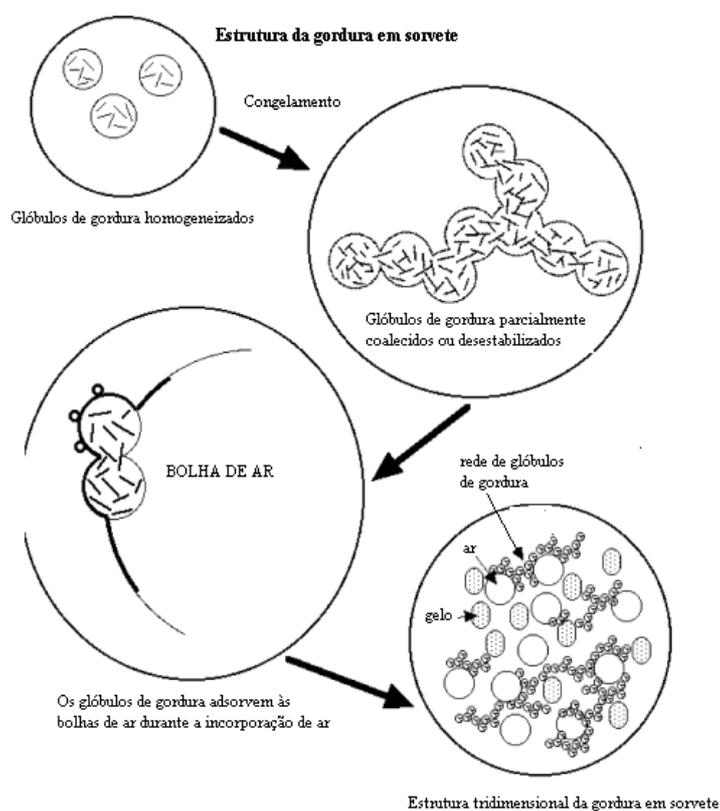


Figura 6 Desenvolvimento da coalescência parcial na microestrutura do sorvete
Fonte: UOG (2010)

2.2.3.2 Bolha de ar

Espuma láctea pode ser definida como uma estrutura na qual a fase gasosa é estabilizada numa matriz em que uma proporção significativa dos componentes principais são originários do leite. Tais espumas incluem um número importante de produtos alimentícios como o creme batido, o mousse e o sorvete (OHATA et al., 2005).

O volume da fase gasosa em sorvetes, também chamado de *overrun*, varia muito de produto para produto e está, principalmente, relacionado aos ingredientes utilizados na formulação e à forma de processamento. No Brasil, os gelados comestíveis devem apresentar densidade aparente mínima de 475 g/L (BRASIL, 2005b).

A incorporação de ar à mistura base ocorre no interior de equipamentos denominados produtoras, que podem ser contínuas ou descontínuas. Nas produtoras contínuas, o ar é injetado por um sistema de filtros e compressores, enquanto que na descontínua o sistema de incorporação se processa, exclusivamente, pela agitação constante a que a mistura é submetida.

A geração da espuma pode ser considerada um processo dinâmico entre as forças de dispersão e aglomeração. Em outras palavras, a tensão de cisalhamento do fluxo de fluido age no sentido de romper as bolhas em tamanhos menores, enquanto que os mecanismos responsáveis pela aglomeração originam bolhas de ar de maior tamanho (CHANG; HARTEL, 2002a).

Geralmente as espumas estão sujeitas a dois tipos de instabilidade: desproporcionamento (*Ostwald ripening*) e coalescência (GEORGIEVA; CAGNA; LANGEVIN, 2009).

O desproporcionamento é baseado na diferença termodinâmica em termos de estabilidade entre duas bolhas de ar de tamanhos diferentes. Cada bolha tem uma pressão de Laplace relacionada ao seu respectivo tamanho,

portanto, duas bolhas de dimensões distintas terão uma diferença na pressão de Laplace, ΔP . Essa diferença de pressão, também, é proporcional à tensão superficial, σ , conforme a Equação 2:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{r} \quad (2)$$

em que r é o raio da célula de ar. A diferença de pressão causa um gradiente de concentração na camada líquida ao redor das bolhas de ar, conhecido como efeito Marangoni, que causa a difusão de gás de uma bolha com menor raio para outra com raio maior. Consequentemente, as bolhas menores desaparecem em detrimento das maiores (ETTELAIE et al., 2003).

Já a coalescência ocorre quando duas bolhas menores que estão próximas se juntam para formar uma única bolha de maior tamanho. Os mecanismos que causam a coalescência estão relacionados à diferença de pressão de Laplace entre duas bolhas vizinhas ou à presença de partículas (hidrofóbicas) que interagem na superfície das células de ar, promovendo a sua ruptura e a consequente formação de bolhas de maiores dimensões (CHANG; HARTEL, 2002b; CLARKE, 2004).

A instabilidade das bolhas de ar pode ser minimizada em decorrência de alguns fatores. Em primeiro lugar, a adição de componentes com superfície ativa, como as proteínas, diminuem a tensão superficial (DICKINSON et al., 2002). Em segundo lugar, o aumento da viscosidade diminui a taxa de difusão de gás entre as bolhas e retarda o desproporcionamento. E por fim, a adsorção de glóbulos de gordura individuais ou parcialmente coalescidos estabilizam as células de ar (CHANG; HARTEL, 2002b). Esse efeito pode ser visualizado na Figura 7.

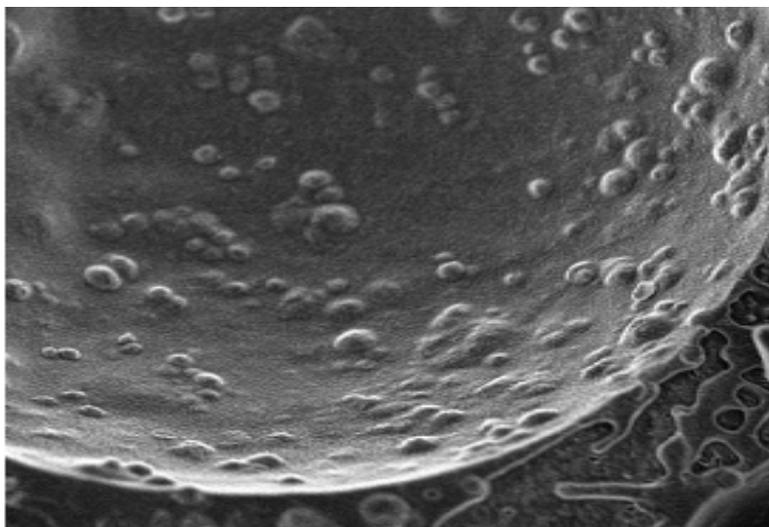


Figura 7 Micrografia de uma bolha de ar revestida com glóbulos de gordura em sorvete

Fonte: Eisner, Wildmoser e Windhab (2005)

As principais funções do ar na estrutura do sorvete são: a) tornar a textura do sorvete mais leve e suave. Um sorvete sem ar incorporado teria uma textura semelhante à de um picolé a base de água. b) as bolhas de ar dispersam a luz e, portanto, afetam a aparência do produto. Por esse motivo os sorvetes são mais brancos que a mistura base que os originou. c) auxiliam no controle do tamanho dos cristais de gelo por oferecem uma barreira ao crescimento dos cristais. d) aumentam a resistência do sorvete ao derretimento (CLARKE, 2004; KOXHOLT; EISENMANN; HINRICHS, 2001; SOFJAN; HARTEL, 2004).

2.2.3.3 Matriz não congelada

A matriz do sorvete é uma fase constituída de açúcares, estabilizantes, sais minerais e proteínas que estão dissolvidos ou dispersos na água remanescente, ou seja, na fração de água que não foi congelada. É de se esperar, portanto, que estes componentes, à medida que a temperatura decresce, tornem-

se cada vez mais concentrados (GOFF, 2002). Essa concentração pelo congelamento pode provocar inúmeras mudanças físicas e químicas nos componentes presentes na matriz não congelada (CLARKE, 2004).

Os açúcares da mistura base do sorvete apresentam uma relação direta com o ponto de início de congelamento e com a temperatura de transição vítrea, T_g (WHELAN et al., 2008). Abaixo da T_g , a matriz se torna tão viscosa que as moléculas do soluto perdem sua mobilidade. Assim, sorvetes armazenados em temperaturas abaixo da T_g são estáveis à recristalização e a reações deteriorativas. A T_g para sorvetes é dependente da formulação e, geralmente, está entre -30 e -40 °C (ABLETT et al., 2002).

É possível elevar a temperatura de transição vítrea de sorvetes utilizando açúcares de alto peso molecular, como o xarope de milho. No entanto, a adição de açúcares de alto peso molecular promove uma menor depressão do ponto de início de congelamento, afetando a textura do produto (BORSZCZ, 2002).

Outra consequência da concentração pelo congelamento é a cristalização da lactose. Esse carboidrato é pouco solúvel e, quando em excesso, pode se cristalizar, originando grandes cristais que conferem uma textura arenosa ao sorvete (BORSZCZ, 2002).

Um dos principais componentes da fração de água não congelada são os estabilizantes. Os estabilizantes podem ser de origem polissacarídea ou proteica (DAMODARAN, 2007) e estão relacionados com o aumento da viscosidade da mistura base e, conseqüentemente, da matriz não congelada, redução da taxa de derretimento, estabilização da espuma, redução do crescimento dos cristais de gelo (recristalização) e de lactose (BOLLIGER; GOFF; THARP, 2000; RINCÓN; LEÓN DE PINTO; BELTRÁN, 2006).

2.2.3.4 Cristal de gelo

A cristalização é a organização das moléculas em uma fase sólida no interior de um fluido. Isso pode ocorrer de várias maneiras diferentes. O vapor pode se cristalizar diretamente da fase gasosa para sólida, tendo como principal exemplo a neve. Um soluto pode ser cristalizado a partir de uma solução, como na cristalização da lactose em produtos lácteos. Alternativamente, o solvente pode se cristalizar como acontece com a formação de cristais de gelo em sorvetes (COOK; HARTEL, 2010).

Na prática, a cristalização da água envolve dois fenômenos: (1) nucleação ou a formação de uma minúscula rede cristalina, considerando a solução e (2) crescimento do cristal (PETZOLD; AGUILERA, 2009).

Antes do processo de cristalização, que ocorre no ponto de congelamento, uma significativa barreira energética deve ser superada por meio da geração de uma força motriz de grande porte. A existência de uma barreira de energia é demonstrada com a retirada de calor sensível abaixo de 0 °C sem a ocorrência de uma mudança de fase. Esse processo, chamado subresfriamento, resulta em um estado termodinâmico instável até a formação de micrométricos aglomerados de água, levando a uma interface apropriada e necessária para a transformação maciça de líquido para sólido. O grau de subresfriamento é ditado pelo início da nucleação do gelo. Sem um núcleo estável, a mudança de fase não é possível, pois, as moléculas do líquido não se alinham facilmente na configuração de um cristal. Portanto, a nucleação serve como o processo inicial de congelamento e pode ser considerada a etapa crítica que precede a solidificação completa (MCCABE; SMITH; HARRIOTT, 2005; PETZOLD; AGUILERA, 2009).

A nucleação pode ocorrer de diversas maneiras. A nucleação primária descreve a formação espontânea de um núcleo, baseando-se na solução sem a

participação de qualquer interferente, enquanto que a nucleação secundária descreve a formação de um núcleo tomando-se por base um cristal ou fragmento de cristal pré-existente. A nucleação primária pode ser dividida em homogênea e heterogênea. No processo homogêneo o núcleo é formado no interior do fluido por aglomeração molecular (MCCABLE; SMITH; HARRIOTT, 2005). Na nucleação heterogênea, por outro lado, o núcleo se forma sobre uma partícula ou objeto estranho, que pode ser um grão de poeira ou a parede da produtora de sorvete.

Matsutomo, Saito e Ohmine (2002), utilizando simulação dinâmica molecular, relataram como um núcleo se forma e cresce em água pura subresfriada. Na escala do microsegundo, a nucleação do gelo ocorre quando um número suficiente de ligações de hidrogênio se desenvolve de forma espontânea no mesmo local para formar um núcleo bastante compacto.

Uma vez que os núcleos de gelo estáveis foram formados, o crescimento do cristal se torna possível por meio do deslocamento de moléculas de água em direção à interface. O crescimento do cristal é controlado pela taxa de calor latente, liberado durante a mudança de fase, bem como pela taxa de transferência de massa (difusão de moléculas de água da solução para a estrutura cristalina e difusão dos solutos para longe da superfície de crescimento do cristal). A taxa de crescimento do cristal (G), também, é uma função do subresfriamento (ΔT_s) alcançado pela amostra de acordo com a Equação 3:

$$G = \beta \times (\Delta T_s)^n \quad (3)$$

em que β e n são constantes experimentais (ZARITZKY, 2006).

Apesar da estrutura interna do gelo ser geralmente uniforme, as condições de crescimento têm um profundo efeito sobre a forma e tamanho – morfologia – dos cristais. De acordo com Zaritzky (2006), o tamanho do cristal

de gelo varia inversamente com o número de núcleos formados. Em altas taxas de congelamento, um grande número de núcleos é formado e a massa de gelo é distribuída em um grande número de pequenos cristais. Sob baixas taxas de congelamento poucos núcleos são formados, levando ao desenvolvimento de grandes cristais de gelo.

Na produtora de sorvete, as condições de cristalização podem ser divididas em duas regiões. Próximo a superfície do cilindro, que é resfriado pelo líquido refrigerante, a temperatura é muito baixa e, portanto, a nucleação se desenvolve. Os núcleos de gelo formados na superfície são raspados para o interior da mistura (região mais distante da superfície), onde a temperatura está próxima a de início de congelamento, prevalecendo, assim, o crescimento dos cristais (ADAPA et al., 2000).

O ponto de início de congelamento de uma sobremesa congelada é fundamental na fabricação de um produto aceitável. Produtos como o sorvete devem apresentar um ponto de congelamento que permita a formação de cristais de gelo adequados e pequenos. Se o ponto de congelamento for muito baixo, um menor percentual de água é congelado, o que aumenta os efeitos do choque térmico durante as flutuações de temperatura (ADAPA et al., 2000).

Para o sorvete, o congelamento envolve a cristalização de uma porção da água presente na mistura e a incorporação de ar. A temperatura da mistura base, dentro da produtora, decresce rapidamente conforme o calor sensível vai sendo removido. Quando o ponto de congelamento é alcançado, os cristais de gelo se formam. Isso aumenta a concentração de açúcares e de outros solutos presentes na mistura base. O aumento na concentração diminui ainda mais o ponto de congelamento, e, portanto a temperatura deve diminuir para se formar mais cristais de gelo. Quando a concentração se torna muito alta, cessa-se o processo de cristalização, deixando uma fração de água não congelada (10 – 15 %) mesmo após longos períodos de armazenamento (ADAPA et al., 2000).

Durante o processamento do sorvete, a formação de núcleos deve ser promovida e o crescimento dos cristais de gelo minimizado para se originar uma grande quantidade de pequenos cristais de gelo. Um pequeno tamanho médio do cristal de gelo, entre 10 e 20 μm , é desejado a fim de se promover uma sensação cremosa e suave durante o consumo. Quando os cristais de gelo são maiores que 50 μm podem ser detectados na boca e um excesso desses cristais pode resultar em um produto com textura arenosa (DREWETT; HARTEL, 2007).

O curso da cristalização é determinado por vários fatores que interagem e dependem um dos outros. A formulação do sorvete pode afetar a cristalização do gelo pela influência no ponto de início de congelamento e/ou no mecanismo de cristalização. Os açúcares e sais da mistura base de sorvete afetam o ponto de congelamento da mistura, que interfere no grau de subresfriamento para uma dada temperatura do líquido refrigerante (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003). As proteínas, com um alto peso molecular, difundem mais lentamente que os outros solutos, que poderia levá-las a interferir na etapa de incorporação de água na rede cristalina (COOK; HARTEL, 2010). As bolhas de ar podem reduzir o crescimento do cristal por impedimento físico ou atuando como isolante (SOFJAN; HARTEL, 2004). E, por fim, os glóbulos de gordura íntegros e parcialmente coalescidos, também, podem ter um papel em manter os cristais de gelo pequenos (COOK; HARTEL, 2010).

2.2.4 Flutuações de temperatura e recristalização

Na armazenagem ou no transporte do sorvete deve-se evitar as oscilações de temperatura, durante as quais o produto recebe pequenas taxas de calor, que são suficientes para promover o crescimento do cristal de gelo, fenômeno conhecido como recristalização (COSTA, 2006).

Segundo Goff (2006), recristalização é a modificação na forma, tamanho e número de cristais de gelo do sorvete. A recristalização é, provavelmente, o principal fator relacionado com a perda de qualidade dos gelados comestíveis em virtude da formação de uma textura grosseira, granulosa e arenosa.

A recristalização ocorre, basicamente, por meio de dois mecanismos: aglomeração e migração. A aglomeração é a união de dois cristais de gelo que se encontram próximos para formar um único cristal de maior tamanho. Esse tipo de recristalização ocorre naturalmente em temperaturas constantes. Já o mecanismo da migração, que acontece em consequência de variações de temperatura, envolve o derretimento de pequenos cristais de gelo e a difusão do líquido derretido para a superfície de um cristal maior. Este mecanismo é influenciado pela temperatura no interior do produto. Em altas temperaturas, os menores cristais de gelo derretem parcial ou completamente e, quando a temperatura é reduzida novamente, o líquido se recongela sobre os cristais maiores (ADAPA et al., 2000; GOFF; HARTEL, 2006).

Dentre os parâmetros que afetam a recristalização, as condições de armazenamento e fatores ligados à formulação são os principais (GOFF; HARTEL, 2006).

Em geral, baixa temperatura de armazenamento resulta em uma taxa de crescimento do cristal mais lenta e um longo período de vida útil. Essa relação é atribuída a uma redução na energia cinética das moléculas de água em combinação com o aumento na viscosidade da fase não congelada conforme a temperatura é reduzida (MILLER-LIVNEY; HARTEL, 1997).

Alguns ingredientes presentes na formulação de sorvetes, como os hidrocoloides e as proteínas, também, influenciam a taxa de recristalização dos cristais de gelo. O mecanismo de atuação desses compostos está relacionado com sua capacidade de aumentar a microviscosidade da fase não congelada ou pela adsorção sobre a superfície do cristal. No primeiro caso, o aumento da

viscosidade promove uma redução da mobilidade molecular das moléculas de água e, conseqüentemente, redução da taxa de recristalização. Já no segundo, as estruturas se adsorvem sobre a superfície do cristal e, assim, oferecem uma barreira para o crescimento do cristal (REGAND; GOFF, 2006; SUTTON; WILCOX, 1998; WANG; DAMODARAM, 2009).

De acordo com Adapa et al. (2000), a migração sofre grande influência da taxa em que as moléculas de água se difundem para a superfície dos maiores cristais, que é conhecida como difusão cinética. O movimento ou difusão das moléculas é extremamente dependente da viscosidade da matriz não congelada. Se a viscosidade é alta, a taxa de difusão é lenta.

2.2.5 Utilização de derivados de soja em sorvete

Os derivados da soja, em função das propriedades funcionais de suas proteínas, a exemplo da capacidade de absorção de água, emulsificação, formação de espuma e geleificação, podem ser utilizados na formulação de diversos produtos alimentícios com o intuito de se promover melhorias às suas características estruturais.

De acordo com Sutar, Sutar e Singh (2010), a soja é uma fonte excelente e barata de calorias, proteínas e gorduras e, portanto, promissora como substituto para os sólidos no leite na fabricação de sorvetes.

A característica de retenção de água dos produtos à base de soja depende da estrutura e das características de aglomeração das proteínas (principalmente as frações 7S e 11S). Há estudos nos quais foram demonstrados que soluções de isolado proteico de soja que contêm um balanço adequado entre solubilidade e grau de agregação apresentam boa capacidade de retenção de água, com conseqüente aumento da viscosidade aparente (AÑÓN; SORGENTINI; WAGNER, 2001).

O acréscimo da viscosidade da matriz não congelada pode promover o decréscimo no tamanho dos cristais de gelo, minimizar os efeitos das flutuações de temperatura na recristalização, reduzir a taxa de derretimento e aumentar a incorporação e dispersabilidade das bolhas de ar em sorvetes (MUSE; HARTEL, 2004; SOFJAN; HARTEL, 2004). Esses efeitos estão relacionados à redução da mobilidade molecular das partículas que compõem a microestrutura do sorvete.

Patel, Baer e Acharya (2006) observaram que um aumento na concentração de proteínas de origem láctea em sorvete originou cristais de gelo com menor diâmetro médio.

Chang e Hartel (2002b) verificaram que o aumento na viscosidade da matriz é um dos fatores que contribui para a estabilização das bolhas de ar em sorvetes.

Apesar dos derivados de soja possibilitarem melhorias nos aspectos reológicos e microestruturais, a baixa aceitação sensorial pode limitar a utilização desse ingrediente na produção de sorvete.

Friedeck (2003) e Magdoub et al. (1992) encontraram efeitos indesejáveis atribuídos ao sabor, quando a proteína de soja desengordurada e o isolado proteico de soja, respectivamente, foram adicionados à formulação de sorvete em substituição à fração de sólidos desengordurados do leite.

REFERÊNCIAS

ABLETT, S. et al. Relationship between ice recrystallization rates and the glass transition in frozen sugar solutions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 82, n. 15, p. 1855-1859, Dec. 2002.

ABRAHÃO, P. R. S. **Ocorrência de *listeria monocytogenes* e de outros microorganismos em gelados comestíveis fabricados e comercializados na região metropolitana de Curitiba, Paraná**. 2005. 106 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia, Parasitologia e Patologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ADAPA, S. et al. Rheological properties of ice cream mix and ice creams containing fat and fat replacers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 10, p. 2224-2229, Oct. 2000.

ALDIN, E.; REITMEIER, C. A.; MURPHY, P. Bitterness of soy extracts containing isoflavonas and saponins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 3, p. 211-215, Apr. 2006.

AÑÓN, M. C.; SORGENTINI, D. A.; WAGNER, J. R. Relationship between different hydration properties of commercial and laboratory soybean isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 10, p. 4852-4858, Oct. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETE. **História do sorvete**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://abis-sorvetes.blogspot.com/2007/12/histria-do-sorvete.html>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

ASSUMPÇÃO, G. M. P. **Viabilidade tecnológica do uso de extrato hidrossolúvel de soja na fabricação de iogurte**. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

BOLLIGER, S.; GOFF, H. D.; THARP, B. W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 10, n. 4, p. 303-309, Apr. 2000.

BORSZCZ, V. **Implantação do sistema APPCC para sorvetes**: aplicação na empresa Kimyto. 2002. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 268, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos protéicos de origem vegetal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 266, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005b.

CALLOU, K. R. A. **Teor de isoflavonas e capacidade antioxidante de bebidas à base de soja**. 2009. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CAMPOS, D. C. P. et al. Molho cremoso à base de extrato de soja: estabilidade, propriedades reológicas, valor nutricional e aceitabilidade do consumidor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 919-926, out./dez. 2009.

CHANG, Y.; HARTEL, R. W. Development of air cells in a batch ice cream freezer. **Journal of Food Engineering**, London, v. 55, n. 1, p. 71-78, Nov. 2002a.

CHANG, Y.; HARTEL, R. W. Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. **Journal of Food Engineering**, London, v. 55, n. 1, p. 59-70, Nov. 2002b.

CHEMAN, Y. B.; WEY, L. S.; NELSON, A. I. Acid inactivation of soybean lipoxigenase with retention of protein solubility. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 4, p. 963-967, June 1989.

CHO, M. J. et al. Hydrophobicity of bitter peptides from soy protein hydrolysates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 19, p. 5895-5901, Sept. 2004.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira 2009/2010**. Brasília, 2010. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

COOK, K. L. K.; HARTEL, R. W. Mechanisms of ice crystallization in ice cream production. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 9, n. 2, p. 213-222, Mar. 2010.

COSTA, F. F. **Efeitos de aditivos na cristalização de sorvetes**. 2006. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

DAMODARAN, S. Functional properties. In: NAKAI, S.; MODLER, H. W. **Food proteins: properties and characterization**. New York: VCH, 1996. p. 167-234.

DAMODARAN, S. Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 26, p. 10918-10923, Dec. 2007.

DEBRUYNE, I. Soy base extract: soymilk and dairy alternatives. In: RIAZ, M. N. **Soy applications in food**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 111-134.

DICKINSON, E. et al. Kinetics of disproportionation of air bubble beneath a planar air-water interface stabilized by food proteins. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, v. 252, n. 1, p. 202-213, Aug. 2002

DREWETT, E. M.; HARTEL, R. W. Ice crystallization in a scraped surface freezer. **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, n. 3, p. 1060-1066, Feb. 2007.

EISNER, M. D.; WILDMOSER, H.; WINDHAB, E. J. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. **Colloids and Surfaces A: physicochemical and engineering aspects**, Amsterdam, v. 263, n. 1/3, p. 390-399, Aug. 2005.

ETTELAIE, R. et al. Disproportionation of clustered protein-stabilized bubbles at planar air-water interfaces. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, v. 263, n. 1, p. 47-58, July 2003.

FELBERG, I. et al. Bebida mista de extrato de soja integral e castanha-do-Brasil: caracterização físico-química, nutricional e aceitabilidade do consumidor. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 163-174, Abr./June 2004.

FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**. 3 ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 1069 p.

FRIEDECK, K. G. **Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream**. 2003. 89 p. Thesis (Master Science in Food Science) - North Carolina State University, Raleigh, 2003.

GARCIA, M. C. et al. Composition and characterization of soybean and related products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 37, n. 4, p. 361-391, jun. 1997.

GEORGIEVA, D.; CAGNA, A.; LANGEVIN, D. Link between surface elasticity and foam stability. **Soft Matter**, Cambridge, v. 5, n. 10, p. 2063-2071, May 2009.

GOFF, H. D. Colloidal aspects of ice cream: a review. **International Dairy Journal**, Barking, v. 7, n. 6/7, p. 363-373, June/July 1997.

GOFF, H. D. Formation and stabilization of structure in ice cream and related products. **Current Opinion in Colloid and Interfacial Science**. Huelva, v. 7, n. 5/6, p. 432-437, Nov. 2002.

GOFF, H. D. Quality and safety of frozen dairy products. In: SUN, D. A. **Handbook of frozen food processing and packaging**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 441-457.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Ice cream and frozen desserts. In: HUI, Y. H. **Handbook of food science, technology and engineering**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 1-47.

GOFF, H. D.; VERESPEJ, E.; SMITH, A. K. A study of fat and air structure in ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 9, n. 11, p. 817-829, Nov. 1999.

HARDING, S. E. The intrinsic viscosity of biological macromolecules. Progress in measurement, interpretation and application to structure in dilute solution. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, Elmsford, v. 68, n. 2-3, p. 207-262, Sept. 1997.

HILL, S. E. Emulsions. In: HALL, G. M. **Methods of testing protein functionality**. London: Chapman e Hall, 1996. p. 153-185.

HUI, E. et al. Genistein and daidzein/glycitein content in tofu. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, n. 2, p. 199-206, Apr. 2001.

INTERNATIONAL DAIRY FOODS ASSOCIATION. **The history of ice cream**. Washington, 2010. Disponível em: <<http://www.idfa.org/news-views/media-kits/ice-cream/the-history-of-ice-cream/>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

JACKSON, C. J. C. et al. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacture of soy beverage and tofu. **Process Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 10, p. 1117-1123, may 2002.

KINSELLA, J. E. Relationships between structure and functional properties of food proteins. In: FOX, P. F.; CONDON, J. J. **Food proteins**. New York: Applied Science, 1982. p. 51-103.

KOXHOLT, M. M. R.; EISENMANN, B.; HINRICHS, J. Effect of fat globule sizes on the meltdown of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 31-37, Jan. 2001.

LI, R. Soy product off-flavor generating, masking and flavor creating. In: RIAZ, M. N. **Soy applications in food**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 227-248.

LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman and Hall, 1997. 532 p.

MAGDOUB, M. N. et al. Use of soy protein in ice cream making. **Egyptian Journal of Food Science**, Cairo, v. 20, p. 245-251, 1992.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice cream**. 6 ed. New York: Plenum, 2003. 371 p.

MATSUTOMO, M.; SAITO, S.; OHMINE, I. Molecular dynamics simulation of ice nucleation. **Nature**, London, v. 416, n. 4, p. 409-413, Mar. 2002.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 7 ed. Boston: McGraw-Hill, 2005. 1140 p.

MIKILITA, I. S. **Avaliação do estágio de adoção de boas práticas de fabricação pelas indústrias de sorvete da região metropolitana de Curitiba (PR)**: proposição de um plano de análise de perigos e pontos críticos de controle. 2002. 172 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MILLER-LIVNEY, T.; HARTEL, R. W. Ice recrystallization in ice cream: interactions between sweeteners and stabilizers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 447-456, Mar. 1997.

MIN, S. et al. Effect of soybean varieties and growing locations on the flavor of soymilk. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 1, p. 1-11, Jan. 2005.

MITIDIERI, F. E.; WAGNER, J. R. Coalescence of o/w emulsions stabilized by whey and isolate soybean proteins. Influence of thermal denaturation, salt addition and competitive interfacial adsorption. **Food Research International**, Essex, v. 35, n. 6, p. 547-557, July 2002.

MIZUTANI, T.; HASHIMOTO, H. Effect of grinding temperature on hydroperoxide and off-flavor contents during soymilk manufacturing process. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 69, n. 3, p. 112-116, Apr. 2004.

MORAES, R. M. et al. Efeito da desodorização nas características sensoriais de extratos hidrossolúveis de soja obtidos por diferentes processos tecnológicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 46-51, jan./mar. 2006.

MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 1-10, Jan. 2004.

OHATA, S. M. et al. Adição de concentrado protéico de soro (CPS) em musse de maracujá. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 53-66, jan./jun. 2005.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnología de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

PATEL, M. R.; BAER, R. J.; ACHARYA, M. R. Increasing the protein content of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 5, p. 1400-1406, May 2006.

PETZOLD, G.; AGUILERA, J. M. Ice morphology: fundamentals and technological applications in foods. **Food Biophysics**, New York, n. 4. v. 4, p. 378-396, Dez. 2009.

REGAND, A.; GOFF, H. D. Ice recrystallization inhibition in ice cream as affected by ice structuring proteins from winter wheat grass. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 1, p. 49-57, Jan. 2006.

REMONDETTO, G.; AÑON, M. C.; GONZÁLES, R. J. Hydration properties of soybean protein isolates. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 4, p. 425-431, Dec. 2001.

RINCÓN, F.; LEÓN DE PINTO, G.; BELTRÁN, O. Behaviour of a mixture of *Acacia glomerosa*, *Enterolobium cyclocarpum* and *Hymenaea courbaryl* gums in ice cream preparation. **Food Science and Technology International**, London, v. 12, n. 1, p. 13-17, Feb. 2006.

RODRIGUES, R. S.; GOZZO, A. M.; MORETTI, R. H. Comportamento reológico de extrato de grãos, farinha integral e isolado protéico de soja. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 367-368, jul./dez. 2003.

RUGER, P. R.; BAER, R. J.; KASPERSON, K. M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on texture of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1684-1692, July 2002.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.

SILVA, L. B. C. **Identificação de lipoxigenases em sementes de soja [*Glycine Max (L.) Merrill*] de diferentes linhagens**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, M. H. L. **Desenvolvimento e caracterização de um isolado protéico de soja modificado com perfil de solubilidade da caseína do leite humano**. 2007. 107 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 14, n. 3, p. 255-262, Mar. 2004.

SUTAR, N.; SUTAR, P.; SINGH, G. Evaluation of different soybeans varieties for manufacture of soy ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 63, n. 1, p. 136-142, Feb. 2010.

SUTTON, R. L.; WILCOX, J. Recrystallization in model ice cream solutions as affected by stabilizer concentration. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 1, p. 9-11, Jan. 1998.

TSUKAMOTO, C. et al. Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 43, n. 5, p.1184-1192, May 1995.

UNIVERSITY OF GUELPH. **Structure of ice cream**. Guelph, 2010.
Disponível em: < <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icstructure.html> >.
Acesso em: 28 jun. 2010.

VANAPALLI, S. A.; COUPLAND, J. N. Emulsions under shear – the formation and properties of partially coalesced lipids structure. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 15, n. 4/6, p. 507-512, July 2001.

VILLALVA, M. M. H. **Modificação química para obtenção de um isolado protéico de soja com solubilidade semelhante à da caseína humana**. 2008. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2 ed. Boca Raton: CRC, 2006. 763 p.

WANG, S. H. Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 475-481, abr./jun. 2006.

WANG, S. Y.; DAMODARAN, S. Ice-structuring peptides derived from bovine collagen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 12, p. 5501-5509, June 2009.

WHELAN, A. P. et al. Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1520-1527, Sept. 2008.

WILDE, P. J.; CLARK, D. C. Foam formation and stability. In: HALL, G. M. **Methods of testing protein functionality**. London: Chapman e Hall, 1996. p. 110-152.

ZARITZKY, N. Physical-chemical principles in freezing. In: SUN, D. W. **Handbook of frozen food processing and packaging**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 3-31.

CAPÍTULO 2

ESTUDO SENSORIAL DA MISTURA BASE DE SORVETE ELABORADA COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA

RESUMO

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar a influência da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja (EHS) na percepção de sabor na mistura base de sorvete. A formulação proposta, para a mistura base, continha 10 % de gordura láctea, 11 % de sólidos não gordurosos do leite, 12 % de sacarose, 4 % de xarope de milho e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes. Para a realização dos testes sensoriais, foram recrutados 25 provadores e 13 foram selecionados para a etapa de treinamento, mediante índice de acerto igual ou superior a 60 % em testes triangulares. Ao fim da etapa de treinamento, foi avaliado o desempenho do grupo sensorial considerando o teste não paramétrico de Friedman e o método de Monte Carlo, nos quais se observou que o painel sensorial apresentava capacidade em detectar diferença entre os níveis de substituição e reproduzir as respostas de forma uniforme, que indica que os provadores se encontravam bem treinados e aptos a fornecerem respostas confiáveis. A mistura base foi caracterizada em relação à concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja mais próxima ao controle (0 % EHS) no atributo sabor e ao aromatizante (abacaxi, chocolate, coco, maçã e morango) que apresentava maior capacidade de atenuar o *flavor* característico da soja. Observou-se que o aumento no nível de substituição proporcionou maiores diferenças em relação ao tratamento controle e que a amostra com 10 % de EHS foi a mais próxima do controle no atributo sabor. O aromatizante de chocolate foi o que melhor mascarou o sabor característico da soja na mistura base.

Palavras-chave: Mistura base de sorvete. Extrato hidrossolúvel de soja. Sabor de soja. Avaliação sensorial.

ABSTRACT

By means of the present work, evaluating the influence of partial replacement of skim milk powder by soy extract (EHS) in the perception of flavor in the ice cream mix was intended. The formulation proposed to the mix, contained 10 % milk fat, 11 % milk solids-not-fat, 12 % sucrose, 4 % corn syrup e 0,6 % mix of stabilizers and emulsifiers. For the accomplishment of the sensorial tests, 25 tasters were recruited and 13 were selected for the training step by means of guessing index equal or superior to 60 % in triangular tests. At the end of the training step, the performance of the sensorial group was evaluated considering Friedman's non-parametric test and the Monte Carlo method in which it was found that the sensorial panel presented capacity to detect difference among the levels of replacement and reproducing the responses in an uniform way, which points out that the tasters were well trained and fit to give reliable answers. The ice cream mix was characterized in relation to the replacement of the skim milk powder by soybean extract closer to the control (0 % EHS) in the attribute flavor and to the flavoring (pineapple, chocolate, coconut, apple and strawberry) which presented greater capacity to attenuate the characteristic flavor of soy. It was found that the increase in the level of replacement provided greater differences in relation to the control treatment and the sample with 10 % of EHS was the closest to the control in the attribute flavor. The chocolate flavoring was the one which best masked the flavor of soy in the ice cream mix.

Keywords: Ice cream mix. Soy extract. Soy flavor. Sensorial evaluation.

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma leguminosa que apresenta grande capacidade de ser explorada pelas indústrias de alimentos e bebidas em decorrência de suas características nutricionais, à presença de constituintes que estão relacionados com a diminuição de algumas doenças crônico-degenerativas e por apresentar propriedades funcionais como capacidade de retenção de água, propriedades emulsificantes e formação de espuma.

Vários produtos podem ser elaborados com a soja, tanto para uso direto na alimentação humana, quanto indiretamente com a finalidade de aumentar o valor nutricional e a qualidade funcional de outros produtos. Dentre os derivados da soja, destaca-se o extrato hidrossolúvel por ser um produto pronto para consumo, de alto valor nutritivo, de custo relativamente baixo e de fácil obtenção.

A adição de proteínas de soja aos alimentos industrializados apresenta diversas vantagens tecnológicas como o aumento de retenção de umidade, melhoria da textura, ligamento, coesão e rendimento final, retenção dos atributos de qualidade em geral, maior teor proteico, cor agradável, maior vida de prateleira, melhor aparência e valor nutricional.

Entretanto, apesar de seu grande potencial, o extrato de soja, ainda, sofre restrições de aceitação por parte dos consumidores, em função do seu sabor e aroma característicos, oriundos de compostos naturalmente presentes no grão ou formados durante o processamento.

Os componentes fenólicos, as saponinas e alguns peptídeos fazem parte da constituição natural do grão e estão relacionados com a origem dos sabores amargo (*bitter flavor*) e adstringente (*adstringent flavor*).

Os compostos voláteis, que são os maiores responsáveis pelos *off-flavors* dos produtos à base de soja, são formados por oxidação lipídica considerando a

lipoxigenase. Essa enzima é ativada, quando a soja crua é umedecida e triturada, exercendo ação específica sobre a estrutura cis, cis-1,4-pentadieno de ácidos graxos poliinsaturados para formar hidroperóxidos que, posteriormente, são degradados e originam compostos como os aldeídos, cetonas, álcoois, dentre outros. Esses componentes voláteis têm sido caracterizados como responsáveis pela gênese dos sabores herbáceo (*grassy flavor*) e de feijão cru (*beany flavor*).

Em função disso, com o presente capítulo objetivou-se pesquisar a influência de diferentes níveis de substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja na percepção de sabor da mistura base de sorvete.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Formulação da mistura base

Foram preparadas misturas base de sorvete, contendo 10 % de gordura láctea (creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil); 11 % de sólidos não gordurosos (leite em pó desnatado, 95 % de sólidos, Cosulati, Pelotas, Brasil; creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil); 12 % de sacarose (Companhia União, São Paulo, Brasil), 4 % de xarope de milho (38 DE, Corn Products, São Paulo, Brasil) e 0,6 % de mix de estabilizantes e emulsificantes (Starmix Premium®, Kerry Brasil, Campinas, Brasil).

O extrato hidrossolúvel de soja (Provesol ES 60®, Olvebra, Eldorado do Sul, Brasil) foi adicionado à formulação em substituição parcial ao leite em pó desnatado em níveis de substituição de 0, 10, 20, 30 e 40 %.

Foram acrescentados 0,2 % de aromatizante de abacaxi, chocolate, coco, maçã e morango (Gemacom Tech, Juiz de Fora, Brasil) à mistura base de sorvete.

A Tabela 1 representa a formulação básica utilizada para cada tratamento de mistura base de sorvete.

Tabela 1 Formulação da mistura base de sorvete.

Ingredientes (Kg)	Tratamento ⁽¹⁾				
	0 % EHS	10 % EHS	20 % EHS	30 % EHS	40 % EHS
Sacarose	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Xarope de milho	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
E/M ⁽²⁾	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Creme de leite	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
LP ⁽³⁾	2,24	2,02	1,79	1,57	1,34
Extrato de soja	–	0,22	0,45	0,67	0,90
Água	11,29	11,29	11,29	11,29	11,29
Total	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

⁽¹⁾ 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição, 40 % EHS – 40 % de substituição.

⁽²⁾ E/M – *Mix* de estabilizantes e emulsificantes.

⁽³⁾ LP – Leite em pó desnatado.

2.2 Produção da mistura base

A produção da mistura base de sorvete foi realizada na Planta Piloto de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, de acordo com o método proposto por Clarke (2004), conforme ilustração da Figura 1.

Os ingredientes foram dispersos, sob agitação (3500 rpm), na água previamente aquecida a 50 °C com o auxílio de um liquidificador industrial (Refrigas, Bauru, Brasil). O extrato hidrossolúvel de soja foi anteriormente misturado à sacarose e ao *mix* de estabilizantes e emulsificantes para facilitar a solubilização. A mistura foi, então, pasteurizada a 72 °C/15 minutos, resfriada a 4 °C e mantida nesta temperatura por 24 horas para ser maturada. O aromatizante foi adicionado ao produto após o período de maturação.

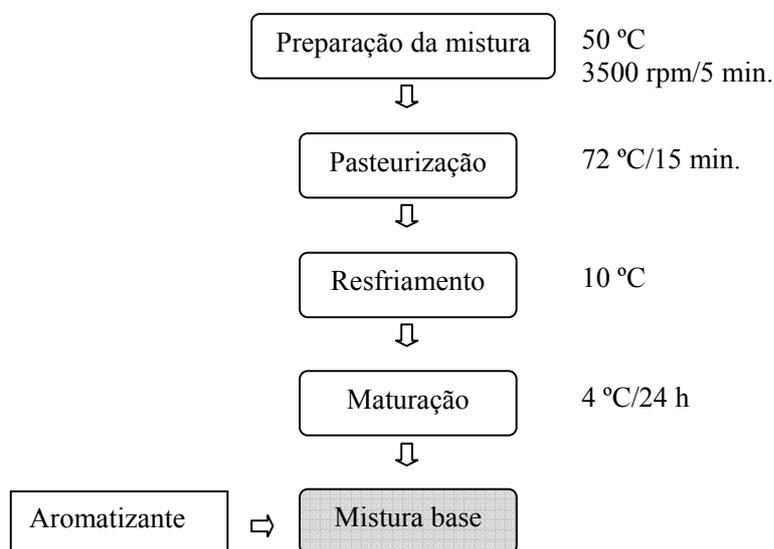


Figura 1 Fluxograma de elaboração da mistura base de sorvete

A eficiência do tratamento térmico foi avaliada por meio da pesquisa da enzima fosfatase alcalina (BRASIL, 2006).

2.3 Condições dos testes e preparação das amostras

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

As amostras foram apresentadas aos provadores em copos plásticos descartáveis de 50 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos, sendo cada amostra constituída por, aproximadamente, 30 g. Padronizou-se uma faixa de temperatura adequada para a bebida à base de soja e para a mistura base de sorvete entre 4 e 8 °C (KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009; STONE;

SIDEL, 2004). Os provadores foram instruídos a avaliar as amostras da esquerda para a direita com o intuito de se respeitar o balanceamento realizado. Os procedimentos foram conduzidos em cabines individualizadas, sob luz branca equivalente à do dia.

2.4 Recrutamento e seleção dos provadores

Para o recrutamento de voluntários para a análise sensorial da mistura base de sorvete foi encaminhado, via correio eletrônico, um convite aos estudantes de graduação e pós-graduação, técnicos e professores do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras que apresentavam alguma experiência em análise sensorial. Dentre estes, os que se pronunciaram de forma positiva receberam uma ficha de recrutamento com o intuito de se identificar possíveis problemas de saúde que limitariam a percepção do provador, alergia a determinados alimentos e/ou ingredientes, interesse em participar do treinamento e incompatibilidade de horário.

Foram recrutados 25 voluntários, sendo 11 do gênero masculino e 14 do feminino, com faixa etária entre 18 e 45 anos. Segundo AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM (1981) deve-se recrutar duas a três vezes o número de provadores que se deseja no painel sensorial.

Os candidatos a provadores receberam, antes de se iniciar os testes, um termo de consentimento livre e esclarecido e somente fizeram parte do grupo a ser avaliado àqueles que se mostraram em conformidade com o referido termo.

Nessa etapa, os candidatos recrutados foram avaliados quanto à capacidade em discriminar amostras de bebida à base de soja, por meio da aplicação de testes triangulares, realizados em oito sessões ou repetições por julgador (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007). Foram utilizadas duas amostras da bebida à base de soja que apresentavam reconhecida diferença

significativa entre si ($P < 0,01$). Para determinar as concentrações das amostras, a serem utilizadas na etapa de recrutamento, foi realizado um teste triangular com 50 provadores. As concentrações utilizadas e que apresentaram comprovada diferença ($P < 0,01$) foram 80 e 86 % de solução da bebida derivada da soja. O modelo da ficha utilizada nesta etapa está ilustrado na Figura 2.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL	
TESTE TRIANGULAR	
Nome:	Data:
Você está recebendo três amostras codificadas de bebida a base de soja, sendo duas iguais e uma diferente. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita e identifique com um círculo a amostra diferente.	

Comentários: _____	

Figura 2 Modelo da ficha de avaliação do teste triangular

Os provadores que obtiveram um número de acerto maior ou igual a 60 % foram selecionados para a etapa de treinamento (ASTM, 1981; BOTTA, 1995; FARIA; YOTSUYANAGI, 2002; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007).

2.5 Treinamento Sensorial

O treinamento dos candidatos a provadores foi realizado para familiarizar os indivíduos com os procedimentos dos testes, aperfeiçoar suas habilidades em reconhecer e identificar atributos sensoriais, melhorar sua capacidade sensitiva e de memória, a fim de que eles pudessem providenciar, de forma precisa e consistente, medidas sensoriais padronizadas a serem

reproduzidas (DUTCOSKY, 1996).

De acordo com os criterios de seleção estabelecidos na etapa anterior, foram selecionados 13 provadores para compor a equipe a ser treinada, sendo 4 do gênero masculino e 9 do feminino, com faixa etária entre 18 e 45 anos.

O treinamento foi dividido em três fases: teste de ordenação do sabor de soja em relação à concentração, teste de diferença do controle e teste de ordenação do sabor de soja em relação ao aromatizante.

2.5.1 Teste de ordenação do sabor de soja em relação à concentração

Na primeira fase, os provadores participaram de sessões de teste de ordenação (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007), utilizando amostras de mistura base de sorvete com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja (0, 15, 30 e 45 % nas primeiras sessões e 0, 10, 20 e 30 % nas sessões subsequentes), em que estes ordenaram as amostras de acordo com a intensidade do sabor de soja. Nessa etapa objetivou-se treinar as habilidades sensoriais dos provadores em detectar diferenças para o atributo sabor entre os diferentes níveis de substituição na formulação. O modelo da ficha sensorial de ordenação está representado na Figura 3.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL TESTE DE ORDENAÇÃO	
Nome:	Data:
Você está recebendo 4 amostras de mistura base de sorvete. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e ordene-as em ordem crescente de sabor de soja .	
_____	_____
menos sabor de soja	mais sabor de soja
Comentários: _____	

Figura 3 Modelo da ficha de avaliação do teste de ordenação em relação à concentração

2.5.2 Teste de diferença do controle

Na segunda fase, os provadores realizaram sessões do teste de diferença do controle (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007), utilizando amostras de mistura base de sorvete com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja: 0, 10, 20, 30 e 40 %. Objetivou-se nesta etapa: treinar as habilidades sensoriais dos provadores em detectar diferenças em relação ao sabor entre as amostras e familiarizá-los à metodologia de avaliação. O modelo da ficha sensorial utilizada nesta fase está ilustrada na Figura 4.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL TESTE DE DIFERENÇA DO CONTROLE		
Nome:	Data:	
Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 5 amostras codificadas. Prove a amostra padrão e em seguida, prove cada uma das amostras codificadas e avalie, na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere da amostra padrão em <u>relação ao sabor</u> .		
	Amostra n°	Nota Sabor
0 Nenhuma diferença do Padrão		
1 Diferença muito ligeira		
2 Diferença ligeira/moderada	_____	_____
3 Diferença moderada		
4 Diferença moderada/grande	_____	_____
5 Diferença grande		
6 Diferença muito grande	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
Comentários:	_____	

Figura 4 Modelo da ficha de avaliação do teste de diferença do controle

2.5.3 Teste de ordenação do sabor de soja em relação ao aromatizante

Na terceira fase, os provadores executaram novamente testes de ordenação (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007), em que foram utilizadas

amostras de mistura base de sorvete com uma concentração fixa de substituição e diferentes aromatizantes (abacaxi, chocolate, coco, maçã e morango). Os provadores ordenaram as amostras de acordo com a intensidade do sabor de soja. Nesta fase objetivou-se familiarizar os provadores às diferentes amostras de mistura base de sorvete adicionadas de aromatizantes e ao método de avaliação sensorial. O modelo da ficha sensorial de ordenação pode ser observado na Figura 5.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL TESTE DE ORDENAÇÃO	
Nome: _____	Data: _____
Você está recebendo 5 amostras de mistura base de sorvete. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e ordene-as em ordem crescente de sabor de soja .	
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
Comentários: _____	

Figura 5 Modelo da ficha de avaliação do teste de ordenação em relação ao sabor

2.6 Avaliação do desempenho dos provadores treinados

Após o término das sessões de treinamento, foi avaliado o desempenho da equipe em discriminar o sabor entre os tratamentos e o grau de reprodutibilidade por meio da aplicação de sessões do teste de ordenação, em três repetições. As amostras de mistura base utilizadas apresentavam níveis de substituição de 0, 10, 20 e 30 %.

Existem diversos métodos aplicados para a avaliação da performance de painéis sensoriais, sendo a análise de variância um dos mais utilizados em função da sua versatilidade (BROCKHOFF, 2003; CARBONELL;

IZQUIERDO; COSTELL, 2002; LIMA et al., 2006). No entanto, os dados experimentais do teste de ordenação não atenderam ao pressuposto de normalidade. Em função disso, o desempenho da equipe foi avaliado mediante o teste não paramétrico de Friedman, com duas fontes de variação (tratamento e provador) e pelo método de Monte Carlo, que verifica a unidimensionalidade da equipe sensorial (AMORIM et al., 2010).

2.7 Caracterização da mistura base de sorvete

2.7.1 Determinação da concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja

Os provadores avaliaram, por meio do teste de diferença do controle (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007), em três repetições, amostras de mistura base de sorvete com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja: 0, 10, 20, 30 e 40 %. Esta avaliação foi feita com os objetivos de verificar o grau de diferença entre a amostra controle (0 % EHS) e as demais e selecionar, dentre as misturas base de sorvete adicionadas de extrato hidrossolúvel de soja, aquela (s) que não diferiu (ram) ou que apresentou (aram) o menor grau de diferença em relação ao controle, na característica sabor. O modelo da ficha utilizada nesta etapa está representado na Figura 4.

2.7.2 Definição do aromatizante para a mistura base de sorvete

Após a determinação do nível de substituição que se mostrou mais próximo à mistura base controle, foi executado um teste sensorial de ordenação (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007) em três repetições. Todas as amostras foram fabricadas com uma concentração fixa de extrato hidrossolúvel de soja em

substituição ao leite em pó desnatado (concentração definida no teste de diferença do controle) e diferente aromatizantes (abacaxi, chocolate, coco, maçã e morango). Com esta avaliação objetivou-se definir qual (ais) aromatizante (es) apresenta (am) maior capacidade de reduzir o sabor característico da soja na mistura base de sorvete.

A escala de ordenação variou de “amostra com menos sabor de soja” para “amostra com mais sabor de soja”. O modelo da ficha sensorial utilizada está demonstrado na Figura 5.

2.8 Análise estatística

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados, em que cada provador representou um bloco.

Os resultados do teste de diferença do controle foram avaliados por meio de análise de variância (ANAVA) e teste de médias Dunnet ($P < 0,05$), comparando-se o controle (0 % EHS) com todas outras amostras.

Os dados gerados pelo teste de ordenação foram analisados pelo teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newell e MacFarlane (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1994), sendo os totais de ordenação de cada amostra comparados com o valor tabelado ($P < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do desempenho da equipe treinada

A Tabela 2 indica os resultados de p-valor para as fontes de variação tratamento e provador, obtidos no teste não paramétrico de Friedman.

Tabela 2 Avaliação da equipe sensorial pelo teste de Friedman.

Fonte de variação	p-valor	Resultado
Tratamento	< 0,01	Significativo
Provador	1,00	Não significativo

Pode-se observar que houve diferença significativa, para a fonte de variação tratamento, ou seja, os provadores, de uma forma geral, detectaram diferença em relação ao sabor entre os diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja na mistura base de sorvete.

Para a fonte de variação provador não se verificou diferença significativa. Isso indica que os provadores demonstraram capacidade de reprodutibilidade nas avaliações para as diferentes amostras. Rossi (2001) definiu reprodutibilidade como a habilidade de promover as mesmas avaliações, para um determinado produto, assim como os outros membros do painel sensorial.

Na Figura 6 está ilustrado o resultado do teste de unidimensionalidade da equipe sensorial pelo método de Monte Carlo.

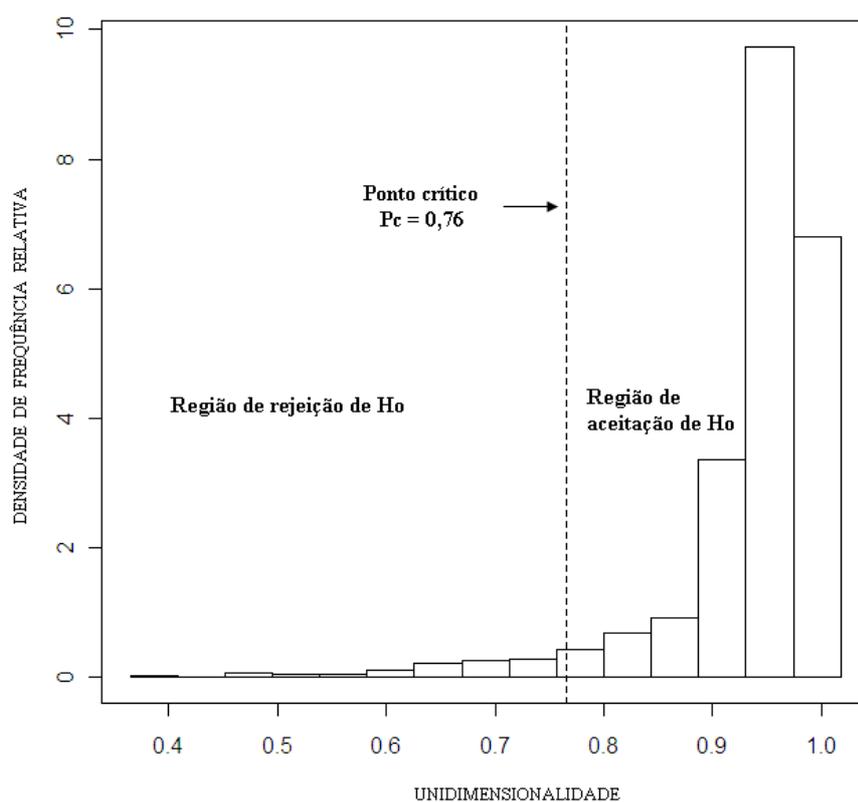


Figura 6 Distribuição empírica gerada sob H_0 ao nível de significância de 5 %, percentual de variação amostral explicada = 0,94

Para que um painel sensorial seja considerado unidimensional, para um determinado atributo, o percentual de variação amostral obtido deve ser superior ao ponto crítico que separa a região de rejeição e de aceitação da hipótese H_0 (o painel é unidimensional).

Amorim (2009) ressaltou que um painel é dito unidimensional, para uma variável, quando todos os provadores pontuam tal variável ao longo de todos os produtos da mesma forma.

Pode-se observar na Figura 6 que o percentual de variação amostral explicado (0,94) foi superior ao ponto crítico (0,76), que indica que a equipe sensorial é unidimensional.

Em decorrência dos resultados obtidos na Tabela 2 e na Figura 6 pode se notar que os provadores se encontravam bem treinados em detectar diferença no sabor entre as misturas base de sorvete com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja e em reproduzir resultados semelhantes.

De acordo com Castura, Findlay e Lesschaeve (2005), quando os produtos são avaliados por um painel bem treinado e utilizando metodologias sensoriais estabelecidas, esperam-se informações confiáveis sobre os produtos submetidos ao estudo.

3.2 Caracterização da mistura base

3.2.1 Determinação da concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja

Os dados do teste de diferença do controle, conforme apresentado na Tabela 3, demonstraram que os tratamentos de mistura base de sorvete com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja diferiram significativamente da mistura base controle (0 % EHS) em relação ao atributo sabor ($P < 0,05$). Observou-se, também, que à medida que se eleva o nível de substituição na formulação, aumenta-se o grau de diferença em relação ao controle.

Tabela 3 Grau de diferença do sabor da mistura base em relação ao controle ¹.

Tratamento ²	Diferença em relação ao controle
0 % EHS	0,26±0,34 ^a
10 % EHS	1,47±0,74 ^b
20 % EHS	3,26±1,07 ^b
30 % EHS	4,64±0,60 ^b
40 % EHS	5,18±0,76 ^b

^a Valores médios com letras distintas em relação ao tratamento controle na mesma coluna diferem deste ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição, 40 % EHS – 40 % de substituição.

A diferença no sabor entre a mistura base controle e as que continham extrato de soja na formulação pode ser atribuída à presença de alguns compostos voláteis e não voláteis no extrato de soja. Segundo Li (2006) e Min et al. (2005), os componentes voláteis são responsáveis pelos sabores “herbáceos” (*grassy flavor*) e de “feijão cru” (*beany flavor*), enquanto que os não voláteis originam a adstringência (*adstringent flavor*) e o gosto amargo (*bitter flavor*).

Assumpção (2008) obteve resultado semelhante, ao avaliar a diferença entre os tratamentos de iogurte controle e com diferentes proporções de proteína do extrato de soja/proteína do leite. Segundo o autor, as concentrações mais elevadas de extrato de soja no iogurte propiciaram maiores diferenças em relação ao controle.

Friedeck (2003), ao avaliar o perfil sensorial descritivo de mistura base de sorvete com adição de 0, 2 e 4 % de isolado proteico de soja em substituição à fração de sólidos desengordurados totais da formulação, observou que os atributos sabor de feijão cru (*beany flavor*), sabor herbáceo (*grassy flavor*) e adstringência (*adstringent flavor*) foram detectados em altas intensidades nas formulações com 2 e 4 % de isolado proteico de soja. Por outro lado, os

atributos sabor doce e sabor cozido decresceram com adição de isolado proteico de soja.

O tratamento que apresentou menor grau de diferença de sabor em relação ao controle foi a mistura base com nível de substituição de 10 %, e, portanto, essa concentração foi fixada para a próxima etapa da caracterização sensorial.

3.2.2 Definição do aromatizante para a mistura base de sorvete

Os resultados referentes ao teste de ordenação dos tratamentos de mistura base de sorvete com diferentes aromatizantes estão representados na Tabela 4. Valores totais de ordenação inferiores indicam menor percepção do sabor característico da soja na mistura base.

Tabela 4 Total das notas de ordenação para as misturas base de sorvete (10 % substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja) com diferentes aromatizantes¹.

Aromatizante	Total de ordenação
Chocolate	71±1,26 ^a
Morango	113±0,84 ^b
Coco	123±1,23 ^b
Abacaxi	135±1,16 ^b
Maçã	143±1,53 ^b

^a Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

Pode se observar, por meio da Tabela 4, que a mistura base de sorvete de chocolate apresentou diferença significativa em relação às demais para a característica sabor ($P < 0,05$). Porém, os tratamentos com aromatizantes de morango, abacaxi, coco e maçã não demonstraram diferença entre si ($P > 0,05$).

Esses resultados indicam que o aromatizante de chocolate apresentou maior capacidade de mascarar o sabor característico da soja na mistura base de sorvete.

Resultado semelhante foi encontrado por Friedeck (2003), ao investigar os efeitos da adição de isolado proteico de soja em sorvetes, em que se verificou que o sabor chocolate apresentou maior aceitabilidade para o atributo sabor quando comparado ao de baunilha.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes – ABIS (2010), o sabor de sorvete mais consumido em nível mundial e no Brasil é o de chocolate, que representa 21 e 28,8 % do total consumido, respectivamente. Esse dado indica que o resultado, obtido no presente trabalho, é interessante, pois, o sabor que apresentou melhor capacidade de atenuar o gosto característico de produtos à base de soja corresponde àquele mais aceito e consumido pela população.

A pequena participação da soja e seus derivados na alimentação humana, principalmente frente aos ocidentais, deve-se à sua baixa aceitabilidade sensorial. Uma alternativa de aumentar o consumo e aceitação dos produtos à base de soja é mediante sua combinação com polpas de frutas (BRANCO et al., 2007) e/ou agentes aromatizantes.

Branco et al. (2007) verificaram que o aumento na concentração de polpa de morango e açúcar em uma bebida à base de extrato de soja promoveu uma maior aceitação em relação ao atributo sabor.

Segundo Behrens e Silva (2004), novos produtos comerciais à base de extrato hidrossolúvel de soja em combinação com sucos de frutas têm obtido êxito no mercado brasileiro, uma vez que, consumidos dessa forma, lembram pouco o *flavor* característico da soja.

4 CONCLUSÃO

O painel sensorial responsável pela caracterização da mistura base de sorvete se mostrou bem treinado, que é um fato relevante, pois, implica que os dados obtidos no presente trabalho são confiáveis.

Não se observou semelhança, em relação ao sabor, entre a mistura base controle (0 % EHS) e às demais que continham extrato de soja na formulação. O tratamento que mostrou menor diferença em relação ao controle foi o constituído de 10 % de extrato de soja.

O aromatizante de chocolate foi o que melhor mascarou o sabor característico da soja na mistura base de sorvete.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Guidelines for the selection and training of sensory panel members**. Philadelphia: ASTM, 1981. 33 p.

AMORIM, I. S. **Teste de Monte Carlo na avaliação unidimensional de painéis sensoriais para uma variável**. 2009. 62 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

AMORIM, I. S. et al. Monte Carlo based test for inferring about the unidimensionality of a Brazilian coffee sensory panel. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 21, n. 3, p. 319-323, Apr. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETES. **Aumento na produção e no consumo per capita**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 13170**: Teste de ordenação em análise sensorial: NBR 13170. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 7 p.

ASSUMPCÃO, G. M. P. **Viabilidade tecnológica do uso de extrato hidrossolúvel de soja na fabricação de iogurte**. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 431-439, jul./set. 2004.

BOTTA, J. R. **Evaluation of seafood freshness quality**. New York: VCH, 1995. 180 p.

BRANCO, I. G. et al. Avaliação da aceitabilidades de uma bebida à base de extrato hidrossolúvel de soja, polpa de morango e sacarose. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 9, n. 1, p. 129-141, jan./jun. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 dez. 2006.

BROCKHOFF, P. B. Statistical testing of individual difference in sensory profiling. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 14, n. 5/6, p. 424-434, July/Sept. 2003.

CARBONELL, I.; IZQUIERDO, L.; COSTELL, E. Sensory profiling of cooked gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Sensory evaluation procedures and panel training. **Food Science and Technology International**, London, v. 8, n. 3, p. 169-177, June 2002.

CASTURA, J. C.; FINDLAY, C. J.; LESSCHAEVE, I. Monitoring calibration of descriptive sensory panels using distance from target measurements. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 16, n. 8, p. 682-690, Dec. 2005.

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

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123 p.

FARIA, E. V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas: ITAL, 2002. 116 p.

FRIEDECK, K. G. **Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream**. 2003. 89 p. Thesis (Master in Food Science) - North Carolina State University, Raleigh, 2003.

KEMP, S. E.; HOLLOWOOD, T.; HORT, J. **Sensory evaluation: practical handbook**. Oxford: Willey-Blackwell, 2009. 196 p.

LI, R. Soy product off-flavor generating, masking and flavor creating. In: RIAZ, M. N. **Soy applications in food**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 227-248.

LIMA, C. H. A. M. et al. **Seleção e treinamento de uma equipe de provadores para avaliação sensorial de diferentes cultivares de arroz**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. 24 p.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed. Boca Raton: CRC, 2007. 448 p.

MIN, S. et al. Effect of soybean varieties and growing locations on the flavor of soymilk. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 1, p. 1-11, Jan. 2005.

ROSSI, F. Assessing sensory panelist performance using repeatability and reproducibility measures. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n. 5-7, p. 467-479, July/Sept. 2001.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. London: Elsevier, 2004. 377 p.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MICROESTRUTURAIS DE SORVETES ELABORADOS COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA

RESUMO

As proteínas dos derivados de soja apresentam propriedades funcionais tais como capacidade de reter água, atividade emulsificante e capacidade de formação de espuma, que podem promover melhorias à estrutura de diversos produtos, a exemplo dos sorvetes. Em função disso, no presente capítulo objetivou-se avaliar a influência de diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado, por extrato hidrossolúvel de soja (EHS), nas características químicas, físicas e microestruturais dos sorvetes. As misturas base foram constituídas de 10 % de gordura láctea, 11 % de sólidos não gordurosos do leite, 12 % de sacarose, 4 % de xarope de milho e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes. O extrato hidrossolúvel de soja foi adicionado à formulação, para substituir o leite em pó desnatado em níveis de 0, 10, 20 e 30 %. As amostras foram caracterizadas quimicamente quanto ao teor de sólidos totais, gordura, proteína, cinzas e carboidratos e, fisicamente, em relação ao pH, comportamento reológico, *overrun*, textura, temperatura e comportamento de derretimento. Os parâmetros reológicos foram obtidos pelo modelo da Lei da Potência. Em termos microestruturais, foi quantificado o tamanho dos cristais de gelo, antes e após o choque térmico, por microscopia ótica acoplada ao *cold stage*. Pelos resultados demonstrou-se que a substituição dos ingredientes na formulação aumentou a concentração de proteínas e o pH, e reduziu o teor de carboidratos da mistura base. As proteínas da soja, em função de sua capacidade de absorção de água, alteraram as propriedades reológicas da mistura base, sendo que o índice de consistência aumentou à medida que se elevou o nível de substituição. O tratamento com 10 % de EHS apresentou o maior *overrun* e menor firmeza. A adição de extrato de soja, em substituição ao leite em pó desnatado, aumentou a resistência do sorvete ao derretimento, diminuiu o diâmetro mediano dos cristais de gelo após o congelamento e reduziu a taxa de crescimento quando o mesmo foi submetido a variações de temperatura.

Palavras-chave: Extrato hidrossolúvel de soja. Sorvete. Cristal de gelo. Parâmetros reológicos. Comportamento de derretimento.

ABSTRACT

The proteins of soy products present functional properties such as water-holding capacity, emulsifying capacity and foam-forming capacity, which can promote improvements to the structure of several products, as in the case of ice cream. Owing to that, in the present work, it was aimed to evaluate the influence of different levels of replacement of skim milk powder by soy extract (EHS) on the chemical, physical and microstructural characteristics of the ice cream. The ice cream mix were made up of 10 % milk fat, 11 % milk solids-not-fat, 12 % sucrose, 4 % corn syrup and 0,6 % mix of stabilizers and emulsifiers. The soy extract was added to the formulation to replace the skim milk powder at levels of 0, 10, 20 e 30 %. The samples were chemically characterized as to the content of total solids, fat, protein, ash and carbohydrates and physically in relation to pH, rheological behavior, overrun, texture, temperature and melting behavior. The rheological parameters were obtained by the Power Law model. In microstructural terms, the size of ice crystals, both before and after heat shock was quantified by cold stage-coupled light microscopy. From the results, it was shown that the replacement of the ingredients in the formulation increased the protein concentration and pH and reduced the carbohydrate content in the mix. Soy proteins owing to their water-holding capacity altered the rheological properties of the ice cream mix, seeing that, consistency coefficient increased as the replacement level as raised. The treatment with 10 % EHS presented the highest overrun and least firmness. The addition of soy extract in the place of skim milk powder increased the resistance of ice cream melting, decreased the median diameter of the ice crystals after freezing and reduced the growth rate when the same one was submitted to variations of temperature.

Keywords: Soy extract. Ice cream. Ice crystal. Rheological parameters. Melting behavior.

1 INTRODUÇÃO

Muitas informações indicam que o sorvete foi criado pelos chineses há cerca de três mil anos. Na sua forma primitiva, o sorvete era produzido por meio da mistura de frutas, mel e neve (CLARKE, 2004). Com o passar do tempo, sofreu diversas modificações até chegar ao sabor e consistência conhecidos atualmente. Antes era um alimento exclusivo dos nobres, nos dias atuais é consumido em todo mundo, sendo acessível a diversas camadas sociais.

O sorvete pode ser considerado um sistema coloidal complexo, formado por glóbulos de gordura, bolhas de ar e cristais de gelo que se encontram dispersos em uma concentrada solução/dispersão de proteínas, sais, polissacarídeos e açúcares (GOFF; VERESPEJ; SMITH, 1999).

Além de suas apreciadas características sensoriais e capacidade refrescante, o sorvete pode ser considerado uma importante fonte de alimentação, uma vez que agrega, em sua constituição, proteínas de alto valor biológico, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais.

A qualidade do sorvete, percebida pelo consumidor, está diretamente relacionada à formulação proposta, ingredientes utilizados, processo de manufatura e aos aspectos microestruturais como tamanho e dispersão dos glóbulos de gordura, bolhas de ar e cristais de gelo e viscosidade da fração de água não congelada.

O tamanho dos cristais de gelo é um dos principais atributos de qualidade dos sorvetes. Quando o produto é submetido a variações de temperatura, o que é muito comum em países de clima tropical como o Brasil, os cristais têm sua forma, quantidade e tamanho alterados, fenômeno esse conhecido como recristalização. Esse, talvez, seja o principal defeito encontrado em gelados comestíveis.

De uma forma geral, cristais de gelo com diâmetro circular mediano superior a 50 μm originam uma textura granulosa ou arenosa que deprecia a qualidade final do sorvete (DREWETT; HARTEL, 2007).

Por outro lado, alguns ingredientes proteicos originados da soja vêm sendo bastante utilizados na formulação de diversos alimentos com o intuito de promover melhorias nutricionais e estruturais. As principais aplicações de derivados da soja se constituem em produtos cárneos, de panificação e lácteos como o sorvete.

O extrato hidrossolúvel de soja se apresenta como um produto em potencial para ser utilizado na formulação de sorvetes, em virtude de suas propriedades funcionais como capacidade de reter água, propriedades emulsificantes e propriedades de formar e estabilizar espumas. Juntando-se a esses fatos, é uma fonte de proteínas relativamente barata e de fácil obtenção.

Em função disso, com o presente capítulo objetivou-se avaliar a influência da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja nas propriedades químicas, físicas e microestruturais de sorvetes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Formulação da mistura base

Foram preparadas misturas base de sorvete contendo 10 % de gordura láctea (creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 11 % de sólidos não gordurosos (leite em pó desnatado, 95 % de sólidos, Cosulati, Pelotas, Brasil; creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 12 % de sacarose (Companhia União, São Paulo, Brasil), 4 % de xarope de milho (38 DE, Corn Products, São Paulo, Brasil) e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes (Starmix Premium®, Kerry Brasil, Campinas, Brasil).

O extrato hidrossolúvel de soja (Provesol ES 60®, Olvebra, Eldorado do Sul, Brasil) foi adicionado à formulação em substituição parcial ao leite em pó desnatado em níveis de substituição de 0, 10, 20 e 30 %.

A Tabela 1 representa a formulação básica utilizada para cada tratamento de mistura base de sorvete.

Tabela 1 Formulação da mistura base de sorvete.

Ingredientes (Kg)	Tratamento ⁽¹⁾			
	0 % EHS	10 % EHS	20 % EHS	30 % EHS
Sacarose	2,4	2,4	2,4	2,4
Xarope de milho	0,8	0,8	0,8	0,8
E/M ⁽²⁾	0,12	0,12	0,12	0,12
Creme de leite	3,15	3,15	3,15	3,15
Leite em pó desnatado	2,24	2,02	1,79	1,57
Extrato de soja	–	0,22	0,45	0,67
Água	11,29	11,29	11,29	11,29
Total	20	20	20	20

⁽¹⁾ Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

⁽²⁾ E/M – *Mix* de estabilizantes e emulsificantes.

2.2 Produção do sorvete

A produção da mistura base de sorvete foi realizada no Instituto de Laticínios Cândido Tostes – EPAMIG, Juiz de Fora, MG, enquanto que a produção do sorvete foi conduzida na Planta Piloto de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, de acordo com o método proposto por Clarke (2004), conforme ilustração da Figura 1.

Os ingredientes foram dispersos, sob agitação (3500 rpm), na água previamente aquecida a 50 °C com o auxílio de um liquidificador industrial (Refrigas, Bauru, Brasil). O extrato hidrossolúvel de soja foi anteriormente misturado à sacarose e ao *mix* de estabilizantes e emulsificantes para facilitar a solubilização. A mistura foi, então, pasteurizada a 72 °C/15 minutos e depois homogeneizada em um processo de dois estágios (Manton-Gaulin DJ4, Manton-

Gaulin Manufacturing Company, Everett, USA) a 17,5 e 3,5 MPa para o primeiro e segundo estágios, respectivamente. A temperatura da mistura foi ajustada a 4 °C e mantida nesta temperatura por 24 horas para ser maturada. Todas as amostras de mistura base foram submetidas às mesmas condições de congelamento, que ocorreu em uma produtora descontínua horizontal (Refrigás, Bauru, Brasil), com tempo de batimento de 10 minutos. O sorvete foi acondicionado em embalagens adequadas e imediatamente enviado a uma câmara de congelamento a -25 °C em que permaneceu nessa temperatura por 48 horas para completar a fase de endurecimento.

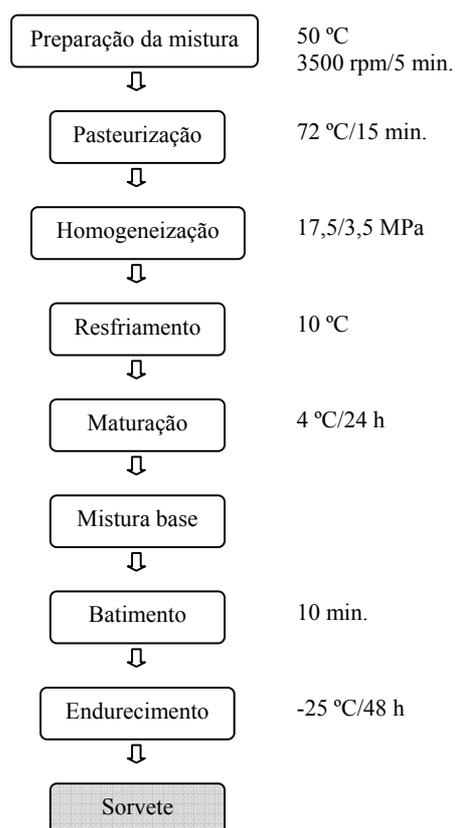


Figura 1 Fluxograma de elaboração do sorvete

2.3 Características físicas e químicas do leite em pó desnatado e do extrato hidrossolúvel de soja

2.3.1 pH

A determinação do pH foi feita por meio do método eletrométrico, utilizando-se um pHmetro digital (INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL, 2008).

2.3.2 Sólidos totais

Os sólidos totais do leite em pó desnatado e do extrato de soja foram quantificados por método gravimétrico em decorrência da perda de umidade em estufa a 100 °C e 105 °C, respectivamente, até peso constante, segundo técnica descrita por BRASIL (2006) e ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (2005).

2.3.3 Gordura

O teor de gordura do leite em pó desnatado foi determinado pelo método butirométrico (BRASIL, 2006), enquanto que os lipídios e compostos lipossolúveis do extrato de soja foram extraídos utilizando-se o aparelho extrator *Soxlet* (AOAC, 2005).

2.3.4 Proteína bruta

A proteína bruta foi obtida pela determinação do teor de nitrogênio total por destilação em aparelho *MicroKjedahl* (AOAC, 2005), usando os fatores 6,38 (leite em pó desnatado) e 5,71 (extrato de soja) para cálculo da concentração de proteína.

2.3.5 Cinzas

A fração de cinzas foi obtida, gravimetricamente, avaliando-se a perda de peso do material submetido ao aquecimento a 550 °C em mufla (AOAC, 2005).

2.3.6 Carboidratos

Os carboidratos foram quantificados por diferença, ou seja, subtraindo-se a concentração de sólidos totais do somatório dos teores de gordura, proteína bruta e cinzas.

2.4 Características físicas e químicas da mistura base

2.4.1 pH

A determinação do pH foi feita mediante o método eletrométrico, utilizando-se um pHmetro digital (IAL, 2008).

2.4.2 Sólidos totais

Os sólidos totais foram quantificados por método gravimétrico em consequência da perda de umidade em banho-maria e, posteriormente, em estufa a 100 °C até peso constante, segundo técnica descrita pela AOAC (2005).

2.4.3 Gordura

A gordura foi determinada pelo método de extração de *Rose-Gottlieb*, segundo metodologia da AOAC (2005).

2.4.4 Proteína bruta

A proteína bruta foi obtida pela determinação do teor de nitrogênio total por destilação em aparelho *MicroKjedahl* (AOAC, 2005), usando o fator 6,25 para cálculo da concentração de proteína.

2.4.5 Cinzas

A fração de cinzas foi obtida, gravimetricamente, avaliando-se a perda de peso do material submetido ao aquecimento a 550 °C em mufla (AOAC, 2005).

2.4.6 Carboidratos

Os carboidratos foram quantificados por diferença, ou seja, subtraindo-se a concentração de sólidos totais do somatório dos teores de gordura, proteína bruta e cinzas.

2.5 Características físicas da mistura base e do sorvete

2.5.1 Comportamento reológico

As medidas reológicas foram realizadas por meio de um reômetro rotacional de cilindros concêntricos Brookfield DVIII Ultra (Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA), usando-se o adaptador para pequenas amostras 13R/RP (19,05 mm de diâmetro e profundidade de 64,77 mm; Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA) e o sensor de cisalhamento coaxial SC4-34 (9,39 mm de diâmetro e 24,23 mm de comprimento; Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA). Um banho ultratermostato (Nova Ética, Vargem Grande Paulista, Brasil) foi acoplado ao reômetro, para controlar a temperatura da amostra (5 °C) que foi analisada após o período de maturação. As amostras foram submetidas a uma rampa crescente de taxa de deformação que variou linearmente de 2,52 a 15,96 s⁻¹, durante 14 minutos de ensaio, sendo tomados 17 pontos.

Com os valores de tensão de cisalhamento (τ) e taxa de deformação ($\dot{\gamma}$), foram calculados os parâmetros reológicos pelo modelo da Lei da Potência (Equação 1), utilizando o *software* Reocalc (versão V.3.1, Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA) para a captura dos dados.

$$\tau = k \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

k = índice de consistência (Pa s)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s⁻¹)

n = índice de fluxo

2.5.2 Overrun

O *overrun* foi determinado de acordo com o método descrito por Whelan et al. (2008). Volumes iguais (50 mL) de mistura base e de sorvete foram pesados e o *overrun* foi calculado conforme a Equação 2:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{peso da mistura base} - \text{peso do sorvete}}{\text{peso do sorvete}} \times 100 \quad (2)$$

2.5.3 Textura

A análise de firmeza foi conduzida em um texturômetro (TA-XT2i, Texture Tech. Corp., Scarsdale, USA), usando-se o acessório *Knife Edge* (HDP/BS0). As dimensões da *probe* foram: 0,3 cm de espessura (extremidade sem corte); 7 cm de comprimento e 10 cm de altura. Antes da realização dos testes, as amostras de sorvete foram transferidas para um freezer a -18 °C e mantidas nesta temperatura durante 24 horas. As condições de análise foram as seguintes: distância de penetração de 35 mm; velocidade da *probe* durante a penetração de 3 mm s⁻¹, velocidade da *probe* antes da penetração de 2 mm s⁻¹ e velocidade da *probe* após a penetração de 10 mm s⁻¹. Todos os dados obtidos foram analisados com o auxílio do *software* Exponent Lite Express (Stable Micro Systems, Godalming, UK). A firmeza foi medida como a força de compressão máxima (N), durante a penetração da *probe*, na amostra (AIME et al., 2001).

2.5.4 Temperatura de derretimento

A temperatura de derretimento foi determinada, usando-se um calorímetro diferencial de varredura (DSC-60A, Shimadzu, Tokyo, Japan) conectado a um computador para o tratamento simultâneo dos dados. O controle de temperatura do sistema foi realizado com nitrogênio líquido. O instrumento foi calibrado para temperatura e fluxo de calor com índio ($T = 156,6 \pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$ e $\Delta H = -30,25 \text{ J/g}$) e zinco ($T = 28,5 \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $\Delta H = 104,71 \text{ J/g}$). Aproximadamente 3 mg de amostra foram transferidas para um cadinho que, em seguida, foi hermeticamente fechado. O protocolo de temperatura utilizado foi o seguinte: as amostras foram equilibradas a $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ e aquecidas de $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a uma taxa de $2 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$.

2.5.5 Comportamento de derretimento

Um dia antes da realização dos testes, as amostras foram transferidas para um freezer a $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, onde permaneceram por um período de 12 horas. As amostras de sorvete (51 g) foram removidas dos potes em que estavam contidas e colocadas em uma peneira de aço (abertura de $0,3 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm}$), no topo de um funil, que foi anexado a uma proveta. Os testes foram realizados em uma sala com temperatura controlada ($20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$). O peso do material que passou por meio da peneira foi anotado a cada 5 minutos durante um intervalo de 70 minutos e o peso de material derretido foi plotado em função do tempo (SOUKOULIS; CHANDRINOS; TZIA, 2008; TOSAKI et al., 2009).

2.6 Características microestruturais do sorvete

2.6.1 Tamanho dos cristais de gelo

Para avaliar o tamanho dos cristais de gelo, amostras de sorvete a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram coletadas (cubos de, aproximadamente, 1 cm^3) e espalhadas em lâminas para microscopia. Após o espalhamento da amostra, gotas de álcool isoamílico foram usadas para dispersar os cristais de gelo presentes na amostra de sorvete. As lâminas foram cobertas com lamínulas, introduzidas em um recipiente contendo nitrogênio líquido e, assim, encaminhadas ao *cold stage* (Physitemp TS-4 controller, Physitemp Instruments Inc., Clifton, USA) a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ (COSTA et al., 2008; REGAND; GOFF, 2006). Todos os utensílios e reagentes, utilizados na preparação da amostra, foram pré-resfriados a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. As imagens dos cristais de gelo foram obtidas, usando uma câmera de vídeo (Cole-Palmer 49901-35, Cole-Palmer, Vernon Hills, USA), acoplada a um microscópio fotônico (Meiji ML 5000, Meiji Techno América, Santa Clara, USA). Diferentes campos em cada lâmina foram fotomicrografados para a obtenção de 300 cristais de gelo por amostra. A posterior quantificação dos diâmetros dos cristais de gelo foi realizada por meio do *software* de análise de imagens Sigma Scan Pró 5.0 (Systat Software Inc., San Jose, USA). Os valores de diâmetro dos cristais de gelo foram distribuídos em uma curva de frequência para se obter a mediana (X_{50}), conforme modelo apresentado por Flores e Goff (1999).

2.6.2 Recristalização

Com o intuito de simular a recristalização, embalagens de sorvete foram transferidas da armazenagem ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) para um freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, programado para simular variações de temperatura em que as amostras eram mantidas à

temperatura de -20 °C/12 horas, aquecidas a -10 °C/12 horas, resfriadas para -20 °C/12 horas e novamente aquecidas a -10 °C/12 horas, totalizando um ciclo de variação de temperatura a cada 48 horas. Esse ciclo de temperatura foi repetido sete vezes em todas as amostras (COSTA et al., 2008; REGAND; GOFF, 2006). A captura e análise das imagens foram realizadas da mesma forma que na avaliação do tamanho dos cristais de gelo.

A taxa de crescimento dos cristais de gelo foi calculada conforme Regand e Goff (2002) e está representada na Equação 3:

$$\text{Taxa de crescimento (\%)} = \frac{(X_{50} \text{ após o ciclo} - X_{50} \text{ antes do ciclo}) \times 100}{X_{50} \text{ antes do ciclo}} \quad (3)$$

em que X_{50} equivale ao diâmetro circular mediano dos cristais de gelo.

2.7 Análise estatística

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições.

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as diferenças de médias comparadas com o auxílio do teste de Tukey a 5 % de significância utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características físicas e químicas do leite em pó desnatado e do extrato hidrossolúvel de soja

Para facilitar a comparação dos resultados da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato de soja nas amostras de mistura base de sorvete, esses ingredientes foram caracterizados física e quimicamente, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 Características físicas e químicas do leite em pó desnatado e do extrato de soja¹.

Características físicas e químicas ²	Ingredientes	
	Leite em pó desnatado	Extrato de soja
pH	6,67±0,01	6,83±0,01
Sólidos totais	95,45±0,19	95,22±0,25
Gordura	2,00±0,00	1,42±0,05
Proteína	30,58±0,62	51,58±0,45
Cinzas	7,84±0,02	7,50±0,09
Carboidratos	55,03±0,52	34,72±0,56

¹Média±desvio padrão.

²Resultado, com exceção do pH, expresso em g/100 g.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o valor de pH e a concentração de proteínas do extrato de soja são superiores aos do leite em pó desnatado. Situação inversa pode ser verificada para o teor de carboidratos, que se apresenta em maior concentração no leite em pó desnatado. As concentrações de sólidos totais, gordura e cinzas foram semelhantes para os dois ingredientes.

3.2 Características físicas e químicas da mistura base de sorvete

As características físicas e químicas das misturas base de sorvete estão representadas na Tabela 3.

Tabela 3 Características físicas e químicas da mistura base de sorvete ¹.

Características físicas e químicas ³	Tratamento ²			
	0 % EHS	10 % EHS	20 % EHS	30 % EHS
pH	6,65±0,01 ^a	6,76±0,01 ^b	6,82±0,01 ^c	6,86±0,01 ^d
Sólidos totais	37,49±0,16 ^a	37,43±0,06 ^a	37,38±0,13 ^a	37,24±0,04 ^a
Gordura	10,15±0,02 ^a	10,13±0,06 ^a	10,11±0,04 ^a	10,12±0,03 ^a
Proteína	3,99±0,04 ^a	4,24±0,15 ^b	4,48±0,01 ^c	4,70±0,05 ^d
Cinzas	0,94±0,01 ^a	0,93±0,01 ^a	0,93±0,02 ^a	0,92±0,02 ^a
Carboidratos	22,41±0,15 ^d	22,13±0,06 ^c	21,86±0,10 ^b	21,50±0,08 ^a

^a Valores médios com letras distintas na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

³ Resultado, com exceção do pH, expresso em g/100 g.

O pH das misturas base variou de 6,65 a 6,86 e apresentou diferenças entre todos os tratamentos ($P < 0,05$). Pode-se observar na Tabela 3 uma tendência de elevação do pH conforme se aumenta o nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja. O incremento no pH se deve ao maior valor desse atributo obtido para o extrato de soja em comparação com o leite em pó. Esses resultados corroboram com os de Sutar, Sutar e Singh (2010), que verificaram que sorvetes produzidos com extrato de soja apresentaram pH superior ao sorvete à base de leite.

Os teores de sólidos totais, gordura e cinzas das amostras de mistura base de sorvete não demonstraram diferenças significativas em função do nível de substituição na formulação ($P > 0,05$). Tal fato pode ser justificado em virtude da semelhança na concentração destes constituintes tanto no extrato de soja quanto no leite em pó desnatado. Assumpção (2008) encontrou resultados distintos em relação aos teores de gordura e cinzas em iogurtes com diferentes proporções de extrato de soja. Segundo essa autora, as concentrações destes constituintes aumentaram com o acréscimo de extrato de soja. Porém, na fabricação do iogurte, foi utilizado extrato de soja integral desidratado, que apresentava alto valor de gordura e leite fluido, que apresentava baixo teor de sólidos quando comparado ao leite em pó. Sutar, Sutar e Singh (2010), ao avaliar o teor de sólidos totais de sorvetes elaborados com extrato de soja, obtidos de diferentes variedades e com leite, observaram uma variação em função da variedade de soja e para um determinado tratamento, a concentração de sólidos foi igual ao do sorvete produzido com leite.

Pela Tabela 3. pode-se observar uma elevação na concentração de proteína à medida que se aumenta o nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja, sendo as diferenças significativas em todos os tratamentos ($P < 0,05$). Esse acréscimo no nível protéico da mistura base, deve-se à maior concentração deste componente químico no extrato de soja. Comportamento semelhante foi verificado por Ciabotti et al. (2009) e Assumpção (2008), cujas maiores proporções de extrato de soja proporcionaram um aumento no teor proteico em produto similar ao tofu e em iogurte, respectivamente.

Os carboidratos apresentaram comportamento inverso ao da proteína, ou seja, quanto maior o nível de substituição menor a sua concentração ($P < 0,05$). Este fato está relacionado ao maior teor de carboidratos no leite em pó desnatado em comparação ao extrato de soja. Resultado similar foi descrito por Sutar, Sutar

e Singh (2010), que observaram que a concentração de carboidratos em sorvete à base de leite foi superior a do sorvete elaborado com distintas variedades de extrato de soja. A redução na concentração de carboidratos de origem láctea, cujo componente é a lactose, pode minimizar os efeitos da cristalização desse açúcar, que está relacionada à perda de qualidade em sorvetes em decorrência do desenvolvimento de uma textura granulosa (GOFF; HARTEL, 2006).

3.3 Características físicas da mistura base e do sorvete

3.3.1 Comportamento reológico

Os efeitos da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja, sobre as características de escoamento das misturas base de sorvete, foram analisadas mediante parâmetros que caracterizam o comportamento reológico.

Na Figura 2, está representado o reograma que relaciona a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação dos diferentes tratamentos.

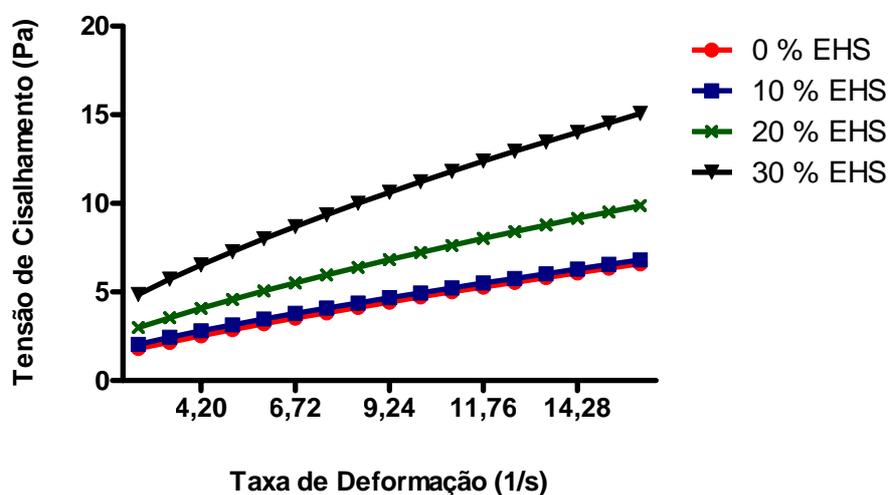


Figura 2 Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da mistura base de sorvete a 5 °C

Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

Fica evidente uma relação de não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. De acordo com Chhabra e Richardson (2008), esta característica é típica de um comportamento não-Newtoniano pseudoplástico.

Pela Figura 3, pode-se verificar que a viscosidade da mistura base aumenta conforme se eleva o nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja. Os tratamentos 0 % EHS e 10 % EHS apresentaram valores de viscosidade próximos.

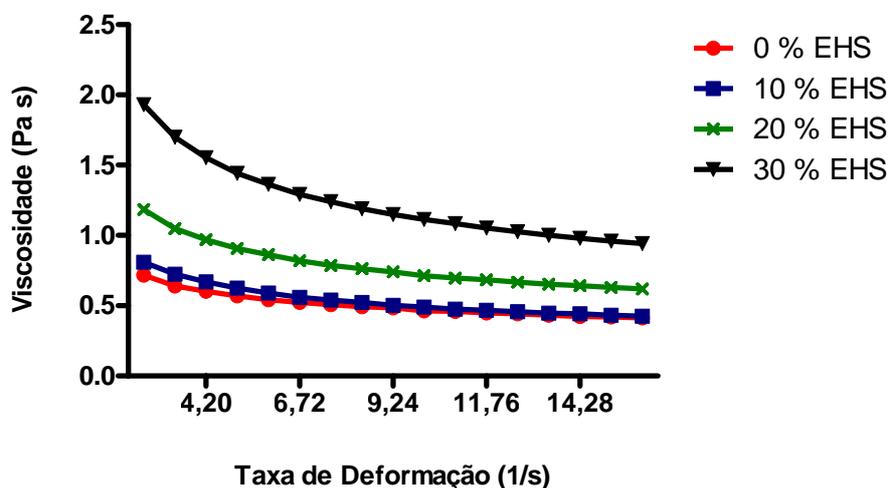


Figura 3 Relação entre a viscosidade e a taxa de deformação da mistura base de sorvete a 5 °C

Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

Outro fator que se observa na Figura 3 é o decréscimo da viscosidade aparente à medida que se aumenta a taxa de deformação para todos os tratamentos. De acordo com Vidal-Bezerra (2000), esse comportamento pode ser explicado pela modificação da estrutura das moléculas com o aumento do gradiente de velocidade. Essas cadeias tendem a se alinhar, paralelamente, às linhas de corrente, diminuindo a resistência ao escoamento.

A descrição do comportamento reológico é feita mediante modelos que relacionam a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, sendo o modelo da Lei da Potência o mais utilizado para mistura base de sorvete (BAHRAMPARVAR; RAZAVI; KHODAPARAST, 2010; KAYA; TEKIN, 2001; KUS; ALTAN; KAYA, 2005; LIM et al., 2008; MUSE; HARTEL, 2004).

Os parâmetros reológicos, obtidos considerando o modelo da Lei da Potência estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 Parâmetros reológicos da mistura base de sorvete ¹.

Tratamento ²	Parâmetros reológicos	
	Índice de consistência, <i>K</i> (Pa s)	Índice de comportamento de fluxo, <i>n</i>
0 % EHS	0,91±14,25 ^a	0,71±0,01 ^c
10 % EHS	1,09±33,86 ^b	0,66±0,01 ^b
20 % EHS	1,60±25,32 ^c	0,66±0,01 ^b
30 % EHS	2,69±80,72 ^d	0,62±0,01 ^a

^a Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

O nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja na mistura base de sorvete influenciou o índice de consistência ($P < 0,05$). Os maiores valores foram obtidos à medida que se aumentou a concentração de extrato de soja na formulação (Tabela 4). O índice de consistência (*K*) é um parâmetro informativo sobre as propriedades viscosas da mistura, cujos maiores valores de *K* reportam a misturas base mais viscosas (KARACA et al., 2009).

Uma das principais propriedades funcionais da soja e de seus derivados é a capacidade de interação com a água presente na formulação (ROCCIA et al., 2009). Essa propriedade se deve a alguns constituintes químicos presentes nesse grão, como as proteínas e as fibras (ASSUMPÇÃO, 2008).

A capacidade de absorção de água das proteínas está relacionada com a sua composição aminoácida; estrutura conformacional; grau de desnaturação e/ou agregação e a concentração no produto (AÑÓN; SORGENTINI; WAGNER, 2001).

Añón, Sorgentini e Wagner (2001) observaram que as propriedades reológicas de dispersões proteicas de soja estão associadas à capacidade de absorção de água das proteínas que as compõem. Esses mesmos autores

verificaram que isolados proteicos de soja com maior capacidade de reter água (mL de água/g de isolado proteico) apresentavam viscosidade aparente mais elevada.

Apesar de ser atribuída às fibras capacidade de absorver água, Dervisoglu e Yazici (2006) verificaram que a adição de fibra cítrica, na formulação de sorvetes, promoveu uma redução na viscosidade da mistura base em relação à mistura padrão (adicionada apenas de estabilizantes comerciais) em diferentes temperaturas. Isto sugere que o principal fator que influenciou o comportamento reológico das misturas base de sorvete foi a capacidade de reter água das proteínas da soja.

Friedeck (2003) pesquisou a influência da substituição parcial da fração de extrato seco desengordurado do leite por isolado proteico de soja na viscosidade de misturas base de sorvete. Notou-se um acréscimo na viscosidade da mistura base conforme se aumentava o nível de substituição, sendo que na mistura base com 0 % de substituição, a viscosidade foi de 0,67 Pa s, enquanto que na mistura base com 4 % de substituição, a viscosidade foi de 16,55 Pa s.

Resultado semelhante foi encontrado por Sutar, Sutar e Singh (2010), ao avaliar a substituição de leite fluido por diferentes variedades de extrato de soja na formulação de sorvete, cujas amostras que continham extrato de soja apresentaram maiores valores de viscosidade. Esses mesmos autores explicaram que o aumento da viscosidade foi em consequência das propriedades de formação de gel das proteínas da soja.

Oliveira (2005) encontrou índice de consistência de 0,99 Pa s para sorvete comercial de creme. Este resultado corrobora com o obtido no presente trabalho para o tratamento sem adição de extrato de soja (0 % EHS), que foi de 0,918 Pa s.

Pela Tabela 4, pode-se observar que os índices de comportamento de fluxo (n), para todos os tratamentos, foram menores que 1 (entre 0,62 e 0,71),

indicando, portanto, comportamento pseudoplástico. O nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja influenciou o valor de n ($P < 0,05$), com exceção dos tratamentos 10 % EHS e 20 % EHS que foram idênticos ($P > 0,05$).

O aumento da concentração de extrato de soja na formulação levou as misturas base de sorvete a apresentarem um comportamento mais pseudoplástico e, portanto, mais afastado de 1 (Tabela 4).

O comportamento reológico das misturas base de sorvete tem sido caracterizado como pseudoplástico. Aime et al. (2001), ao avaliarem a influência de diferentes concentrações de gordura láctea na textura de sorvetes, obtiveram valores de n entre 0,37 e 0,66. Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) estudaram as propriedades reológicas de sorvetes com redução no teor de gordura que continham proteína isolada de soja e inulina na formulação e encontraram valores de índice de comportamento de fluxo variando de 0,187 a 0,740. Soukoulis, Chandrinos e Tzia (2008) verificaram valor de n entre 0,448 e 0,954 para misturas base de sorvete com diferentes *blends* de hidrocolóides.

O índice de consistência (K) e o índice de comportamento de fluxo (n), de acordo com a Tabela 3, apresentaram variações opostas em relação ao nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja. Com o aumento na concentração de soja na formulação (de 0 % EHS para 30 % EHS), observou-se um acréscimo no valor de K , enquanto que o valor de n reduziu. Segundo Lim et al. (2008), altos valores de K e baixos valores de n predizem uma mistura base de sorvete mais viscosa.

3.3.2 Overrun

O ar em sorvetes fornece uma textura mais suave e influencia as propriedades físicas de derretimento e textura (SOFJAN; HARTEL, 2004).

Diversos fatores são determinantes para o desenvolvimento de bolhas de ar em sorvete como a força de cisalhamento, aplicada durante o congelamento, a viscosidade da matriz não congelada, o tamanho e o grau de coalescência parcial dos glóbulos de gordura (CHANG; HARTEL, 2002a; CHANG; HARTEL, 2002b).

Pode-se observar na Figura 4 que o tratamento 10 % EHS apresentou maior *overrun* (89,06 %) e foi, significativamente, diferente dos demais ($P < 0,05$), enquanto que as amostras de sorvete 0 % EHS e 20 % EHS não diferiram entre si ($P > 0,05$). A amostra de sorvete 30 % EHS ($P < 0,05$) demonstrou o menor *overrun* (64,60 %).

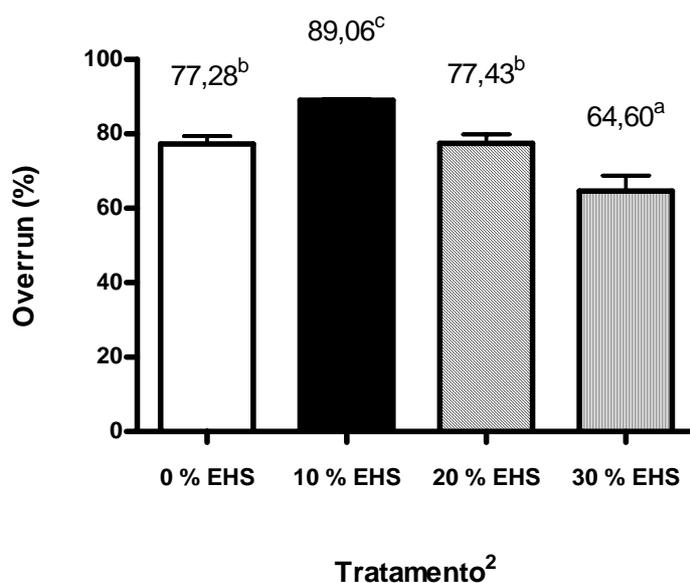


Figura 4 *Overrun* (%) do sorvete¹

^a Valores médios com letras distintas diferem entre si ($P < 0,05$)

¹ Média±desvio padrão

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

Os produtos da soja possuem propriedades espumantes adequadas e são considerados agentes de aeração, podendo ser utilizados na produção de doces, coberturas de bolos e sorvetes (WANG et al., 2000). Entretanto, não foi observado um aumento no *overrun* do sorvete à medida que se aumentou o nível de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja, com exceção da amostra 10 % EHS, que obteve a maior taxa de incorporação de ar (89,06 %). Isso pode ser explicado em função do aumento da viscosidade da matriz não congelada e do processo produtivo.

A substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja promove uma elevação na viscosidade da mistura base do sorvete e, conseqüentemente, da matriz não congelada após o abaixamento da temperatura. Esse aumento da viscosidade possibilita uma maior incorporação de ar. Eisner, Wildmoser e Windhab (2005); Chang e Hartel (2002a) mostraram que o aumento da viscosidade da matriz não congelada permite, além de um maior *overrun*, uma maior microdispersão e estabilização das bolhas de ar. Porém, o tempo de batimento da mistura base na produtora foi o mesmo para todos os tratamentos (10 minutos) e, como as amostras com maior concentração de extrato de soja tendem a reter ar mais rapidamente, as bolhas de ar se coalesceram e dissiparam da microestrutura do sorvete, em função das forças cisalhantes, durante o batimento. De acordo com Chang e Hartel (2002b), o *overrun* em produtoras descontínuas aumenta até um valor máximo e depois tende a decrescer, durante os últimos estágios do congelamento, em função do excesso de batimento.

Lim et al. (2008), ao pesquisar a capacidade de incorporação de ar em misturas base de sorvete com baixo teor de gordura, contendo concentrado de soro de leite tratado sob alta pressão hidrostática, verificaram um acréscimo no *overrun* até o tempo de batimento de 10 minutos. A partir daí, o *overrun* sofreu um ligeiro declínio. Adapa et al. (2000a) encontraram resultado semelhante, quando avaliaram o *overrun* de misturas base de sorvete que continha gordura e

substitutos de gordura na formulação. Observou-se que, para todas as amostras com gordura na formulação (6, 8 e 12 %), ocorreu um aumento no *overrun* até o tempo de 8 minutos de batimento, enquanto que depois de decorridos 12 minutos o *overrun* reduziu. Esses resultados reforçam o fato de que a incorporação de ar alcança um valor máximo e, após esse momento, tende a decrescer se o batimento ou ação de forças cisalhantes permanecerem.

O sorvete 10 % EHS apresentou maior *overrun* e, portanto, este nível de substituição não foi influenciado pelas propriedades de batimento apesar do acréscimo na viscosidade da mistura base.

3.3.3 Textura

A textura do sorvete está relacionada à sua estrutura (AIME et al., 2001) e depende de alguns fatores, tais como o estado de agregação dos glóbulos de gordura, a quantidade de ar incorporado (*overrun*), o tamanho das bolhas de ar e o tamanho dos cristais de gelo (KAYA; TEKIN, 2001).

A Figura 5 mostra algumas curvas obtidas nas análises texturométricas, sendo o pico máximo da força de compressão determinado como valor da firmeza instrumental.

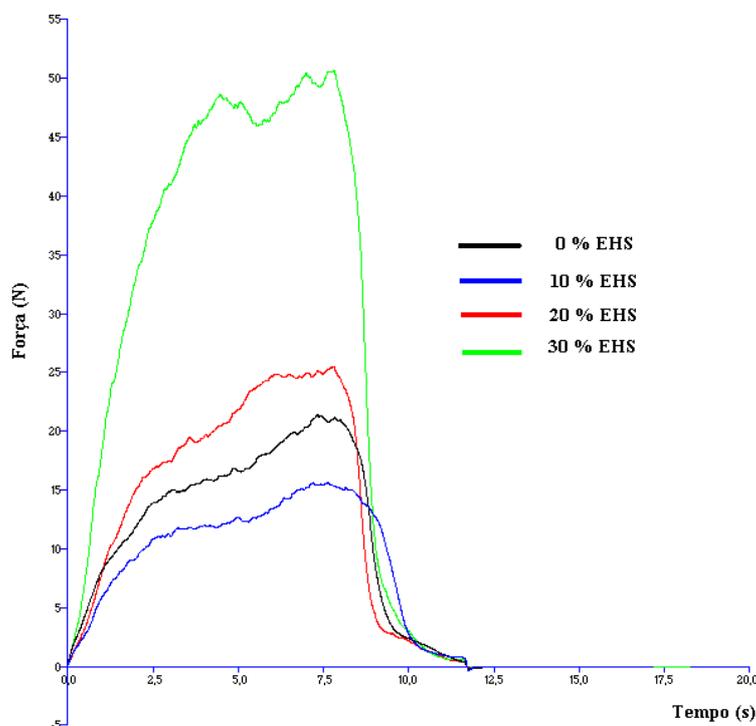


Figura 5 Curvas obtidas para textura instrumental dos sorvetes
 Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

Os resultados obtidos pela média de quatro repetições referentes à firmeza instrumental dos sorvetes podem ser observados na Figura 6.

As amostras de sorvete demonstraram diferença entre si ($P < 0,05$) em relação à firmeza, com exceção das amostras 0 % EHS e 20 % EHS, que apresentaram resultados similares ($P > 0,05$). O sorvete com 10 % de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja obteve menor firmeza (16,37 N), enquanto que o sorvete com 30 % de substituição apresentou o maior valor para este atributo (49,40 N). Este resultado está relacionado, principalmente, à incorporação de ar no sorvete. Um maior *overrun* no produto final confere uma menor firmeza (MUSE; HARTEL, 2004; SOFJAN; HARTEL,

2004). Pôde-se verificar que o sorvete 10 % EHS apresentou maior *overrun*, seguido pelas amostras com 0 % EHS e 20 % EHS, que não diferiram entre si ($P > 0,05$) e, por fim, pelo sorvete 30 % EHS, que apresentou menor *overrun*.

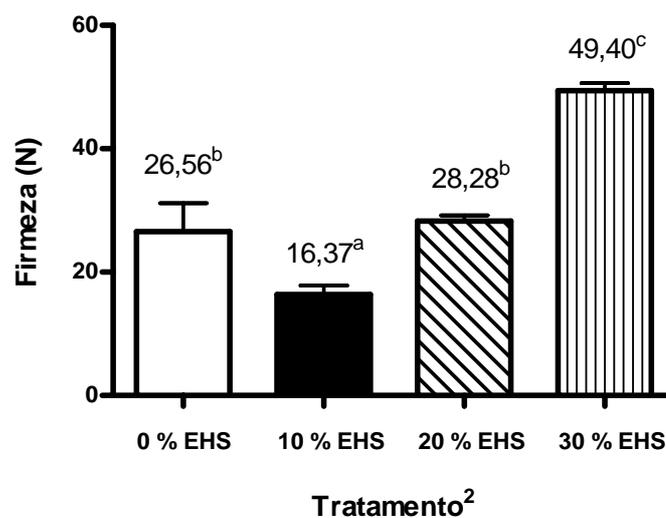


Figura 6 Textura instrumental do sorvete medida como firmeza¹

^a Valores médios com letras distintas diferem entre si ($P < 0,05$)

¹ Média±desvio padrão

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

Silva (2004) encontrou resultado semelhante para sorvetes formulados com soro de leite bovino, em que as amostras de sorvete com maior *overrun* apresentaram menores valores para firmeza.

A firmeza do sorvete, também, é influenciada pelo tamanho dos cristais de gelo. Os cristais com maior diâmetro conferem uma textura mais firme ao sorvete (INOUE et al., 2009). Todavia, no presente trabalho, o tamanho dos cristais de gelo, provavelmente, não influenciou diretamente a firmeza dos sorvetes, porque estes não ficaram armazenados por um longo período e não

foram submetidos a variações de temperatura. Conforme Damodaran (2007), a distribuição de tamanho dos cristais de gelo formados, em decorrência da recristalização, tem uma forte influência na textura do sorvete, diminuindo, assim, a suavidade e promovendo uma maior arenosidade.

A firmeza obtida para os diferentes tratamentos com substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato de soja variou de 16,37 a 49,40 N. Aime et al. (2001) e Whelan et al. (2008) encontraram valores superiores de firmeza para sorvetes de base leite com teor regular de gordura; 86,30 e 57,30 N, respectivamente. Oliveira (2005) verificou, para sorvete comercial de creme, firmeza instrumental de 24,04 N, resultado este que corrobora com a faixa de firmeza observada no presente trabalho.

A textura instrumental é uma técnica de grande importância, pois, fornece o grau de resistência do sorvete à ação de uma força externa (INOUE et al., 2009) e pode inferir sobre parâmetros relacionados ao consumo e à mastigação. Sorvetes com menor valor de firmeza são, geralmente, mais suaves e apresentam uma maior facilidade de derretimento na boca e menor resistência frente ao processo de raspagem por parte da colher do consumidor.

3.3.4 Temperatura de derretimento

Um termograma obtido na análise térmica da mistura base de sorvete 0 % EHS está ilustrado na Figura 7, em que se pode verificar o pico endotérmico de fusão.

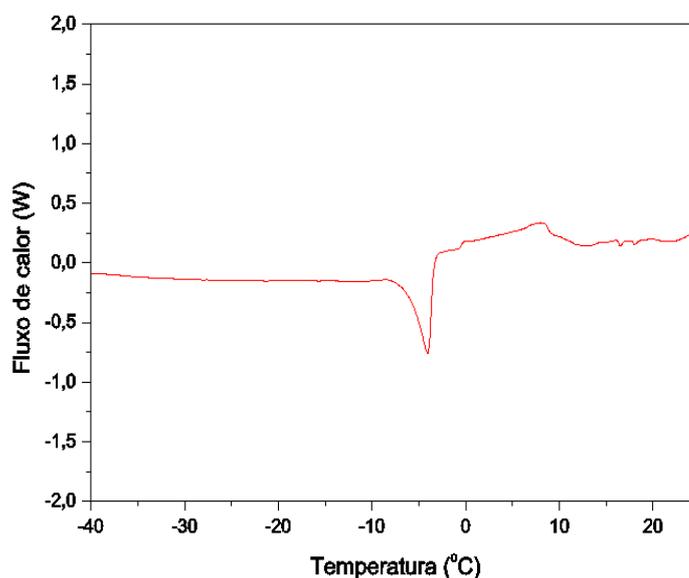


Figura 7 Termograma representativo da região de derretimento da mistura base de sorvete 0 % EHS

Na Tabela 5 estão representadas as temperaturas médias de derretimento determinadas a partir dos termogramas para todos os tratamentos testados. Pode-se observar que a substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato de soja não influenciou a temperatura de derretimento ($P > 0,05$).

Tabela 5 Temperatura de derretimento da mistura base de sorvete ¹.

Tratamento ²	Temperatura de derretimento (°C)
0 % EHS	-4,09±0,01 ^a
10 % EHS	-4,03±0,01 ^a
20 % EHS	-4,00±0,04 ^a
30 % EHS	-3,98±0,02 ^a

^a Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

Isso demonstra que a substituição parcial dos carboidratos de origem láctea (lactose) pelos carboidratos da soja não alteraram a temperatura de derretimento da mistura base de sorvete nas concentrações avaliadas, ou seja, a adição de extrato de soja não reduziu a temperatura de derretimento, que seria um fenômeno indesejável para sorvetes.

3.3.5 Comportamento de derretimento

O derretimento do sorvete envolve os fenômenos de transferência de calor e de massa. O calor penetra, gradualmente, do exterior para o interior do sorvete causando o derretimento dos cristais de gelo. A água produzida é difundida na matriz não congelada, em que flui por meio da complexa microestrutura e, finalmente, ocorre o gotejamento (MUSE; HARTEL, 2004; SOUKOULIS; CHANDRINOS; TZIA, 2008).

O comportamento dos sorvetes produzidos com substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato de soja, durante o derretimento, está representado na Figura 8.

Observa-se que até, aproximadamente os primeiros 16 minutos, os tratamentos de sorvete apresentaram comportamento similar. A partir desse ponto, pode-se verificar que o sorvete 0 % EHS derreteu mais rapidamente que os demais. Os tratamentos com 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS apresentaram comportamento de derretimento similar ($P > 0,05$).

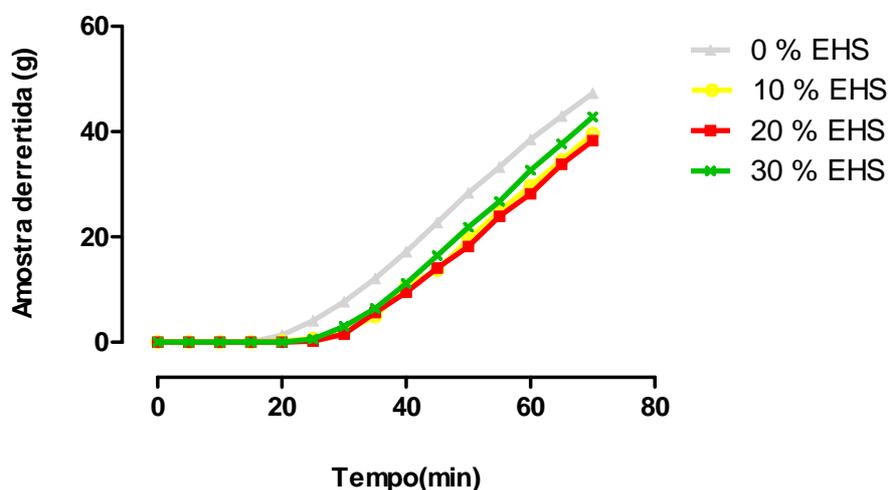


Figura 8 Comportamento do sorvete durante o derretimento
 Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

A maior resistência ao derretimento encontrada para os sorvetes 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS pode estar relacionada ao aumento da viscosidade da mistura base e, conseqüentemente, da matriz não congelada e ao decréscimo do diâmetro mediano dos cristais de gelo (ver seção 3.4).

O aumento da viscosidade da matriz aumenta a resistência ao fluxo e, portanto, mais tempo é necessário para a água ser difundida mediante a microestrutura do sorvete (MUSE; HARTEL, 2004).

O tamanho dos cristais de gelo está associado ao caminho do fluxo do sorvete derretido. Uma grande quantidade de pequenos cristais torna o caminho do fluxo na matriz não congelada mais tortuoso, que significa que o fluido deve se difundir ao redor de muitos obstáculos (HARTEL; MUSE; SOFJAN, 2003; MUSE; HARTEL, 2004), retardando, assim, a taxa de derretimento.

O fato dos tratamentos 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS terem apresentado comportamento similar, durante o derretimento, apesar de a

viscosidade aumentar e o tamanho dos cristais diminuir, conforme se eleva o nível de extrato de soja, pode estar relacionado ao *overrun* e alguns componentes da microestrutura como a distribuição das bolhas de ar, o tamanho e grau de desestabilização do glóbulo de gordura (SOFJAN; HARTEL, 2004).

O *overrun* pode ter afetado este comportamento já que os tratamentos 20 % EHS e 30 % EHS apresentaram menor incorporação de ar que o tratamento 10 % EHS. Sofjan e Hartel (2004) observaram que sorvetes com 100 e 120 % de *overrun* apresentaram maior resistência ao derretimento do que o sorvete com 80 % de *overrun*. Segundo esses autores, o ar é um bom isolante térmico e, portanto, retarda a taxa de transferência de calor.

Como verificado anteriormente, a temperatura de derretimento foi estatisticamente igual ($P > 0,05$) para todos os tratamentos, que indica que esse fator não influenciou o comportamento de derretimento dos sorvetes.

A taxa de derretimento do sorvete é extremamente importante na percepção global do consumidor quanto à qualidade do produto. Se o sorvete derrete rapidamente, por melhor que sejam seus outros atributos sensoriais, sua qualidade acaba sendo prejudicada. Vale ressaltar que esse processo é mais intenso em países de clima tropical como o Brasil, em função das altas temperaturas anuais.

3.4 Características microestruturais do sorvete

3.4.1 Tamanho dos cristais de gelo e recristalização

A distribuição de tamanhos dos cristais antes e após o ciclo de variação de temperatura pode ser observada na Figura 9, em que estão ilustradas fotomicrografias da microestrutura dos sorvetes. Verifica-se uma maior

quantidade de cristais com menor diâmetro nos tratamentos que apresentam soja na formulação, tanto antes quanto após o processo de variação de temperatura.

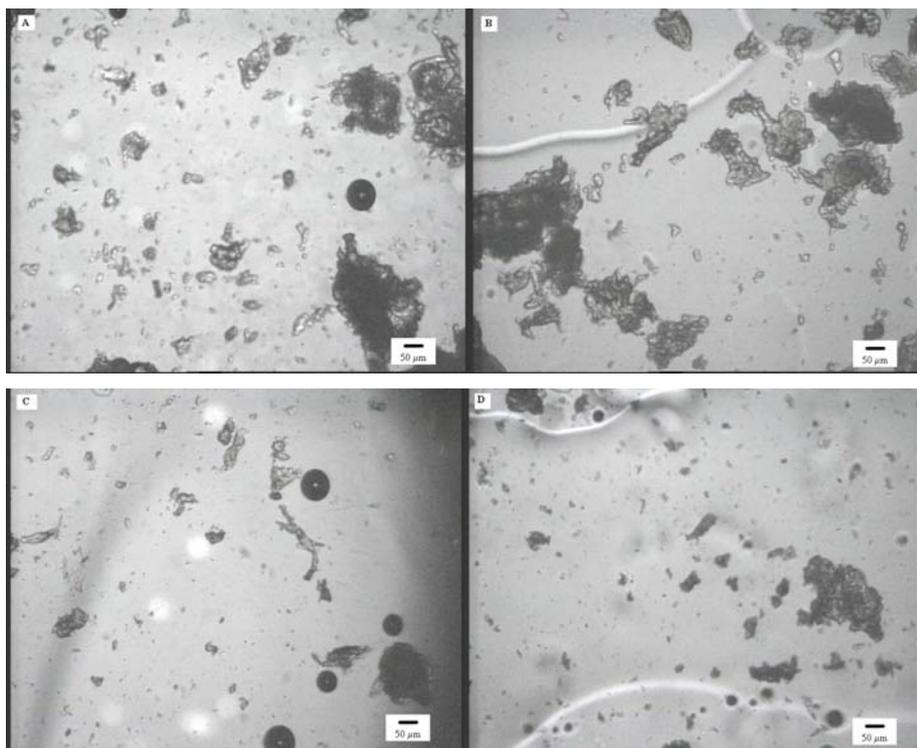


Figura 9 Fotomicrografia dos cristais de gelo dos sorvetes

A - 0 % EHS antes do ciclo, B - 0 % EHS após o ciclo, C - 10 % EHS antes do ciclo, D - 10 % EHS após o ciclo, E - 20 % EHS antes do ciclo, F - 0 % EHS após o ciclo, G - 30 % EHS antes do ciclo, H - 30 % EHS após o ciclo (...continua...)

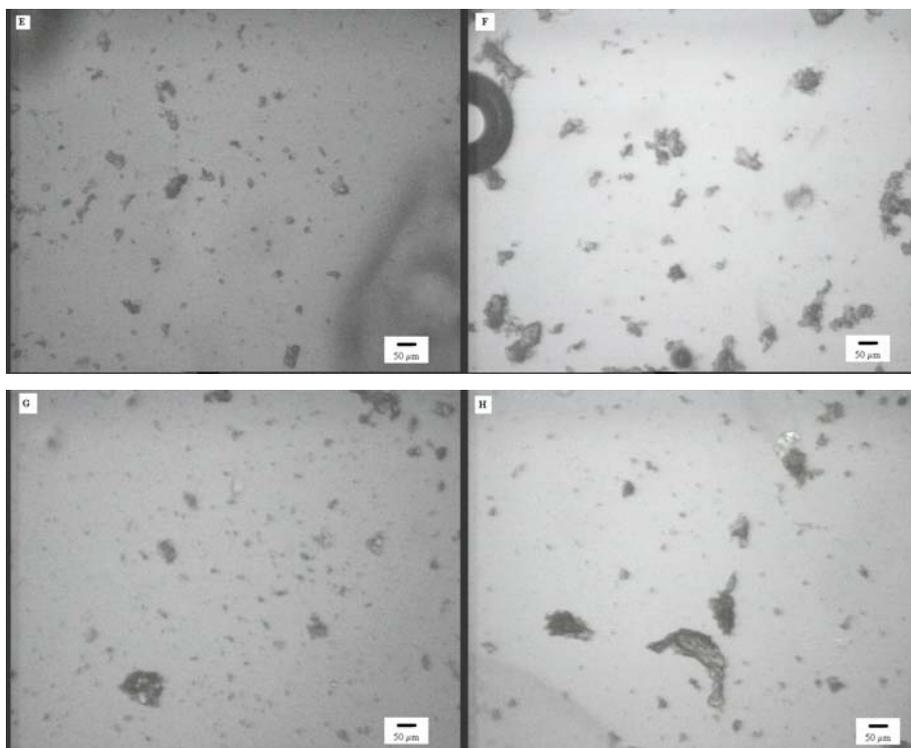


Figura 9 Fotomicrografia dos cristais de gelo dos sorvetes

A - 0 % EHS antes do ciclo, B - 0 % EHS após o ciclo, C - 10 % EHS antes do ciclo, D - 10 % EHS após o ciclo, E - 20 % EHS antes do ciclo, F - 0 % EHS após o ciclo, G - 30 % EHS antes do ciclo, H - 30 % EHS após o ciclo

Os valores de diâmetro médio de quatro repetições dos cristais de gelo, submetidos ou não ao ciclo de variação de temperatura, são mostrados na Tabela 6. De acordo com os resultados obtidos para os tratamentos de sorvete, antes do ciclo, a concentração de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja influenciou o tamanho dos cristais de gelo ($P < 0,05$), com exceção dos tratamentos 20 % EHS e 30 % EHS ($P > 0,05$). Maiores concentrações de soja possibilitaram o desenvolvimento de cristais de gelo com menores diâmetros.

As proteínas da soja apresentam boa capacidade de retenção de água (ROCCIA et al., 2009), portanto, aumentam a viscosidade da matriz não congelada e com isso, a difusão da água em direção à superfície do cristal,

durante a etapa de crescimento da estrutura cristalina, será mais lenta (COOK; HARTEL, 2010; RINCÓN; LEÓN DE PINTO; BELTRÁN, 2006). Patel, Baer e Acharya (2006) observaram que o aumento na concentração de proteínas de origem láctea na formulação possibilitou o desenvolvimento de cristais de gelo com menores diâmetros médios em sorvetes.

Tabela 6 Diâmetros equivalentes circulares medianos dos cristais de gelo (X_{50}) antes e após o ciclo de variação de temperatura e suas respectivas percentagens de crescimento ¹.

Tratamento ²	Tamanho do cristal de gelo (μm)		% Crescimento
	Antes do ciclo	Após o ciclo	
0 % EHS	42,03±2,49 ^{aA}	56,91±1,55 ^{aB}	35,40±4,93 ^a
10 % EHS	34,22±1,41 ^{bA}	42,73±1,34 ^{bB}	24,86±1,25 ^b
20 % EHS	29,00±0,39 ^{cA}	35,85±0,61 ^{cB}	23,62±2,45 ^b
30 % EHS	25,85±0,37 ^{cA}	31,56±1,02 ^{dB}	22,08±5,67 ^b

^a Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

^A Valores médios com letras distintas na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

A presença de extrato de soja, em substituição ao leite em pó na formulação, permitiu o controle do crescimento dos cristais de gelo, após o congelamento, fato que não acontece com os estabilizantes (FLORES; GOFF, 1999; SUTTON; WILCOX, 1998), que são os principais aditivos utilizados nas indústrias de sorvete com o intuito de se minimizar os efeitos das flutuações de temperatura. Regand e Goff (2002) notaram que a presença de estabilizantes em soluções modelo de sorvete não teve impacto sobre a distribuição de tamanho dos cristais de gelo após o congelamento.

O ciclo de variação de temperatura, ao qual as amostras de sorvete foram submetidas, como demonstrado em estudos anteriores (COSTA et al.,

2008; REGAND; GOFF, 2006; WHELAN et al., 2008), produziu uma elevação no tamanho dos diâmetros dos cristais de gelo ($P < 0,05$). Quando expostos a flutuações de temperatura, os cristais de gelo tendem a diminuir em quantidade e aumentar em tamanho médio, fenômeno esse conhecido como recristalização (ADAPA et al., 2000b).

Os diâmetros medianos dos cristais de gelo, após as flutuações de temperatura, foram significativamente diferentes para todos os tratamentos ($P < 0,05$), de forma que maiores concentrações de extrato de soja demonstraram menores cristais de gelo.

Com relação ao percentual de crescimento dos cristais, após o ciclo de variação de temperatura (Tabela 6), observa-se que a presença do extrato de soja na formulação possibilitou uma menor taxa de crescimento quando comparado ao tratamento 0 % EHS ($P < 0,05$). O mecanismo de ação das proteínas no controle do crescimento dos cristais, durante oscilações térmicas, pode estar relacionado ao aumento da viscosidade da matriz não congelada, que acarreta uma menor mobilidade das partículas e, assim, os cristais de gelo que foram derretidos tem uma maior dificuldade de se cristalizarem sobre os maiores cristais.

Outro mecanismo foi proposto por Damodaran (2007), Regand e Goff (2006) e Wang e Damodaran (2009), ao analisarem o efeito da inibição da recristalização em sorvetes produzidos com proteína do trigo de inverno, polipeptídios do colágeno bovino e polipeptídios da gelatina, respectivamente. De acordo com esses autores, a inibição do crescimento dos cristais de gelo está relacionada à adsorção dessas proteínas ou polipeptídios na interface gelo-solução por meio de ligações de hidrogênio.

Um fato interessante que pode ser observado é que os tratamentos que continham soja na formulação, mesmo após o ciclo de variação de temperatura, apresentaram cristais de gelo com diâmetro circular mediano inferior a 50 μm

(Tabela 6). Segundo Drewett e Hartel (2007), cristais maiores que 50 μm transmitem uma textura granulosa ao sorvete, que prejudica sua qualidade sensorial.

Na Tabela 7 está demonstrada a distribuição de tamanho dos cristais de gelo antes e após o ciclo de variação de temperatura.

Tabela 7 Distribuição dos cristais de gelo (%), em diferentes categoriais de tamanho, antes e após o ciclo de variação de temperatura ¹.

Tratamento ³	Categorias de tamanho ²			
	1	2	3	4
Antes do ciclo (%)				
0 % EHS	5,87	37,75	31,00	25,38
10 % EHS	13,24	55,33	25,66	5,77
20 % EHS	26,34	60,00	12,33	1,33
30 % EHS	43,32	51,55	5,00	0,13
Após o ciclo (%)				
0 % EHS	0,77	15,33	31,24	52,66
10 % EHS	2,44	40,88	32,02	24,66
20 % EHS	2,33	51,12	33,11	13,44
30 % EHS	15,35	65,33	17,10	2,22

¹Média±desvio padrão.

²Categorias de tamanho dos cristais de gelo: 1 = [10-25 μm], 2 = [25-40 μm], 3 = [40-55 μm], 4 = $\geq 55 \mu\text{m}$.

³Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

Os tratamentos 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS apresentaram maior percentual de cristais de gelo, distribuídos nas categorias 1 (10-25 μm) e 2 (25-40 μm), quando comparados ao tratamento 0 % EHS, tanto antes quanto após o ciclo de variação de temperatura. Por sua vez, o tratamento 0 % EHS resultou

em uma maior distribuição de cristais na categoria 4 ($\geq 55 \mu\text{m}$), antes e após a flutuação de temperatura. Ruger, Baer e Kasperson (2002) sugeriram que, em vez de se usar o diâmetro médio do cristal de gelo para avaliar a característica de granulidade ou arenosidade em sorvetes, dever-se-ia analisar essa propriedade pela distribuição de tamanhos dos cristais.

A substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja em sorvetes possibilitou a formação de uma maior quantidade de pequenos cristais de gelo (10 a $40 \mu\text{m}$).

4 CONCLUSÃO

A substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja resultou em aumento na concentração de proteínas e redução no teor de carboidratos da mistura base.

As misturas base apresentaram comportamento reológico pseudoplástico e o índice de consistência foi maior em níveis superiores de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja.

A incorporação de ar (*overrun*) foi influenciada pelo nível de substituição, porém, de forma não uniforme. O maior *overrun* foi obtido para amostra 10 % EHS e o menor para a amostra 30 % EHS.

A textura dos sorvetes apresentou resultados opostos à incorporação de ar, ou seja, a amostra 10 % EHS demonstrou menor firmeza instrumental e a amostra 30 % EHS apresentou o maior valor para esta característica.

Os sorvetes que continham extrato de soja na formulação (10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS) mostraram um comportamento de derretimento semelhante, cuja resistência foi superior ao sorvete 0 % EHS.

A adição de extrato de soja em substituição ao leite em pó desnatado nos sorvetes diminuiu, consideravelmente, o diâmetro mediano dos cristais de gelo, após o congelamento e reduziu a taxa de recristalização durante as flutuações de temperatura.

REFERÊNCIAS

- ADAPA, S. et al. Rheological properties of ice cream mix and ice creams containing fat and fat replacers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 10, p. 2224-2229, Oct. 2000a.
- ADAPA, S. et al. Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: a review. **Food Reviews International**, New York, v. 16, n. 3, p. 259-271, July 2000b.
- AIME, D. B. et al. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, Ontario, v. 34, n. 2/3, p. 237-246, Mar./Apr. 2001.
- AKALIN, A. S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 3, p. 889-895, July 2008.
- AÑÓN, M. C.; SORGENTINI, D. A.; WAGNER, J. R. Relationship between different hydration properties of commercial and laboratory soybean isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 10, p. 4852-4858, Oct. 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 1141 p.
- ASSUMPÇÃO, G. M. P. **Viabilidade tecnológica do uso de extrato hidrossolúvel de soja na fabricação de iogurte**. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- BAHRAMPARVAR, M.; RAZAVI, S. M. A.; KHODAPARAST, M. H. H. Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids. **Food Science and Technology International**, London, v. 16, n. 1, p. 79-88, Feb. 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 dez. 2006.

CHANG, Y.; HARTEL, R.W. Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. **Journal of Food Engineering**, London, v. 55, n. 1, p. 59-70, Nov. 2002a.

CHANG, Y.; HARTEL, R.W. Development of air cells in a batch ice cream freezer. **Journal of Food Engineering**, London, v. 55, n. 1, p. 71-78, Nov. 2002b.

CHHABRA, R. P.; RICHARDSON, J. F. **Non-Newtonian flow and applied rheology: engineering applications**. 2 ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008. 518 p.

CIABOTTI, S. et al. Propriedades tecnológicas e sensoriais de produto similar ao tofu obtido pela adição de soro de leite ao extrato de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 346-353, abr./jun. 2009.

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

COOK, K. L. K.; HARTEL, R. W. Mechanisms of ice crystallization in ice cream production. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 9, n. 2, p. 213-222, Mar. 2010.

COSTA, F. F. et al. Effect of calcium chloride addition on ice cream structure e quality. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 6, p. 2165-2174, June 2008.

DAMODARAN, S. Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 26, p. 10918-10923, Dec. 2007.

DERVISOGLU, M.; YAZICI, F. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. **Food Science and Technology International**, London, v. 12, n. 2, p. 159-164, Apr. 2006.

DREWETT, E. M.; HARTEL, R. W. Ice crystallization in a scraped surface freezer. **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, n. 3, p. 1060-1066, Feb. 2007.

EISNER, M. D.; WILDMOSER, H.; WINDHAB, E. J. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. **Colloids and Surfaces A: physicochemical and engineering aspects**, Amsterdam, v. 263, n. 1/3, p. 390-399, Aug. 2005.

FLORES, A. A.; GOFF, H. D. Ice crystal size distributions in dynamically frozen model solutions and ice cream as affected by stabilizers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 7, p. 1399-1407, July 1999.

FRIEDECK, K. G. **Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream**. 2003. 89 p. Thesis (Master Science in Food Science) -North Carolina State University, Raleigh, 2003.

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Ice cream and frozen desserts. In: HUI, Y. H. **Handbook of food science, technology and engineering**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 1-47.

GOFF, H. D.; VERESPEJ, E.; SMITH, A. K. A study of fat and air structure in ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 9, n. 11, p. 817-829, Nov. 1999.

HARTEL, R.W.; MUSE, M.; SOFJAN, R. Effects of structural attributes on hardness and melting rate of ice cream. In: ICE CREAM SYMPOSIUM, 2., 2003, Thessoliniki. **Proceedings ...** Thessoliniki: IDF, 2003.

INOUE, K. et al. Modeling of the effect of freezer conditions on the hardness of ice cream using response surface methodology. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 12, p. 5834-5842, Dec. 2009.

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

KARACA, O. B. et al. The functional, rheological and sensory characteristics of ice cream with various flat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 62, n. 1, p. 93-99, Feb. 2009.

KAYA, S.; TEKIN, A. R. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice cream mix. **Journal of Food Engineering**, London, v. 47, n. 1, p. 59-62, Jan. 2001.

KUS, S.; ALTAN, A.; KAYA, A. Rheological behavior and time-dependent characterization of ice cream mix with different salep content. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 36, n. 3, p. 273-288, June 2005.

LIM, S. Y. et al. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improve body and texture of lowfat ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 4, p. 1308-1316, Apr. 2008.

MUSE, M. R.; HARTEL, R. W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 1-10, Jan. 2004.

OLIVEIRA, K. H. **Caracterização reológica de diferentes tipos de sorvete**. 2005. 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PATEL, M. R.; BAER, R. J.; ACHARYA, M. R. Increasing the protein content of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 5, p. 1400-1406, may 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2007.

REGAND, A.; GOFF, H. D. Effect of biopolymers on structure and ice recrystallization in dynamically frozen ice cream model systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 11, p. 2722-2732, Nov. 2002.

REGAND, A.; GOFF, H. D. Ice recrystallization inhibition in ice cream as affected by ice structuring proteins from winter wheat grass. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 1, p. 49-57, Jan. 2006.

RINCÓN, F.; LEÓN DE PINTO, G.; BELTRÁN, O. Behaviour of a mixture of *Acacia glomerosa*, *Enterolobium cyclocarpum* and *Hymenaea courbaryl* gums in ice cream preparation. **Food Science and Technology International**, London, v. 12, n. 1, p. 13-17, Feb. 2006.

ROCCIA, P. et al. Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. **Food Science and Technology**, San Diego, v. 42, n. 1, p. 358-362, Jan. 2009.

RUGER, P. R.; BAER, R. J.; KASPERSON, K. M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on texture of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1684-1692, July 2002.

SILVA, K. **Sorvetes com diferentes produtos de soro de leite bovino: avaliações sensoriais, físico-químicas e ultra-estruturais**. 2004. 113 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 14, n. 3, p. 255-262, Mar. 2004

SOUKOULIS, C.; CHANDRINOS, I.; TZIA, C. Study of functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. **Food Science and Technology**, San Diego, v. 41, n. 10, p. 1816-1827, Dec. 2008.

SUTAR, N.; SUTAR, P.; SINGH, G. Evaluation of different soybeans varieties for manufacture of soy ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 63, n. 1, p. 136-142, Feb. 2010.

SUTTON, R. L.; WILCOX, J. Recrystallization in ice cream as affected by stabilizer. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 1, p. 104-107, Jan. 1998.

TOSAKI, M. et al. Effects of homogenization conditions on the physical properties of high-fat ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 62, n. 4, p. 577-583, Nov. 2009.

VIDAL-BEZERRA, J. R. M. **Comportamento reológico da polpa de manga**. 2000. 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

WANG, S. H. et al. Absorção de gordura, solubilidade e propriedades espumantes dos extratos hidrossolúveis desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 187-191, maio/ago. 2000.

WANG, S. Y.; DAMODARAM, S. Ice-structuring peptides derived from bovine collagen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 12, p. 5501-5509, June 2009.

WHELAN, A. P. et al. Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1520-1527, Sept. 2008.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS SENSORIAS E CUSTO DOS INGREDIENTES DE SORVETES ELABORADOS COM EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE SOJA

RESUMO

O presente capítulo foi elaborado com o objetivo de avaliar a influência da substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja (EHS) nas características sensoriais e no custo dos ingredientes dos sorvetes. As misturas base foram formuladas com 10 % de gordura láctea, 11 % de sólidos desengordurados do leite, 12 % de sacarose, 4 % de xarope de milho e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes. O extrato de soja foi adicionado à formulação em substituição ao leite em pó desnatado em níveis de 0, 10, 20 e 30 %. As amostras de sorvete foram avaliadas, sensorialmente, quanto à aceitação e grau de diferença em relação ao controle. Por sua vez, o custo de cada tratamento foi obtido considerando as quantidades dos ingredientes utilizados e os seus respectivos preços. A aparência e a textura dos sorvetes não foram influenciadas pelo nível de substituição, enquanto que, em relação ao sabor, as amostras com 0, 10 e 20 % de EHS obtiveram maior aceitação. O atributo sabor esteve diretamente relacionado à aceitação global e à intenção de compra dos sorvetes. O tratamento com 0 % de EHS apresentou maior intenção de compra, seguido pelos tratamentos com 10 e 20 % de EHS, que foram semelhantes. Em relação ao grau de diferença relativo ao sabor, o tratamento com 10 % de EHS não diferiu do controle, que indica que a transformação da mistura base em sorvete propiciou uma redução na percepção do sabor característico da soja. O custo dos ingredientes utilizados nas formulações praticamente não foi alterado em função da substituição.

Palavras-chave: Extrato de soja. Sorvete. Teste de aceitação. Intenção de compra. Sabor de soja. Custo.

ABSTRACT

The present chapter was developed with the objective of evaluating the influence of the partial replacement of skim milk powder by soy extract (EHS) in the sensorial characteristics and in the cost of the ingredients of ice cream. The ice cream mix were formulated with 10 % milk fat, 11 % milk solids-not-fat, 12 % sucrose, 4 % corn syrup and 0,6 % mix of stabilizers and emulsifiers. The soy extract was added to the formulation in the place of skim milk powder at levels of 0, 10, 20 e 30 %. The ice cream samples were evaluated, sensorially, as to the acceptance and degree of difference in relation to the control. In turn, the cost of each treatment was obtained taking into account the amounts of the ingredients utilized and their respective prices. The appearance and texture of ice cream were not influenced by the level of replacement while in relation to flavor, the samples with 0, 10 e 20 % of EHS obtained greater acceptance. The attribute flavor was directly related to global acceptance and to the purchasing intention of the ice cream. The treatment with 0 % of EHS presented greater purchasing intention, followed by the treatments with 10 and 20 % of EHS, which were similar. In relation to the degree of difference relative to flavor, the treatment with 10 % of EHS did not differ from the control, which points out that the transformation of the ice cream mix in ice cream provided a reduction in the perception of the characteristic flavor of soy. The cost of ingredients utilized in the formulations practically was not altered due to the replacement.

Keywords: Soy extract. Ice cream. Acceptance test. Purchasing intention. Soy flavor. Cost.

1 INTRODUÇÃO

O sorvete é classificado, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), como um gelado comestível. Gelados comestíveis são os produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcar (es). A eles pode ser adicionado outro (s) ingrediente (s) desde que não descaracterize (m) o produto (BRASIL, 2005).

Existem muitas controvérsias com relação à época e ao local de surgimento do sorvete. No entanto, relatos demonstram que a primeira aparição desse produto ocorreu há mais de três mil anos, no Oriente, onde os chineses costumavam preparar uma iguaria à base de suco de frutas, mel e neve, que era o sorvete na sua forma primitiva. Este produto era muito apreciado pelos imperadores (CLARKE, 2004).

Com o passar do tempo, o sorvete passou por diversas modificações como a introdução de derivados lácteos na formulação, que o tornou um produto nutritivo e muito apreciado em todas as partes do Mundo.

A qualidade do sorvete vai muito além do seu sabor e suavidade característica. Está relacionada a complexos constituintes que fazem parte da sua microestrutura, a exemplo das bolhas de ar, cristais de gelo, glóbulos de gordura e uma fase aquosa concentrada. Modificações nesses componentes podem alterar a qualidade final do sorvete.

Alguns ingredientes e/ou aditivos são utilizados pelas indústrias de sorvetes a fim de se minimizar alterações na microestrutura, sendo os estabilizantes, os emulsificantes e os compostos proteicos os mais comumente usados.

Nesse sentido, os derivados da soja apresentam uma grande capacidade de serem aplicados na formulação de sorvetes, já que aliam propriedades

nutricionais a características que estão associadas às suas proteínas como retenção de água, emulsificação, geleificação e aeração.

No entanto, apesar das suas características nutricionais e funcionais, os derivados de soja apresentam, como inconveniente, uma baixa aceitação sensorial, especialmente frente aos povos ocidentais. Alguns compostos presentes naturalmente no grão como as isoflavonas e alguns peptídeos são responsáveis pelos sabores amargo e adstringente. Por sua vez, compostos formados baseando-se no processamento, principalmente por degradação enzimática, originam os sabores “herbáceo” e de “feijão cru”.

Sendo assim, com este trabalho objetivou-se avaliar a introdução de extrato hidrossolúvel de soja em substituição ao leite em pó nas características sensoriais e no custo dos ingredientes envolvidos na produção dos sorvetes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Formulação da mistura base

Foram preparadas misturas base de sorvete, contendo 10 % de gordura láctea (creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 11 % de sólidos não gordurosos (leite em pó desnatado, 95 % de sólidos, Cosulati, Pelotas, Brasil; creme de leite, 62 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 12 % de sacarose (Companhia União, São Paulo, Brasil), 4 % de xarope de milho (38 DE, Corn Products, São Paulo, Brasil) e 0,6 % de *mix* de estabilizantes e emulsificantes (Starmix Premium®, Kerry Brasil, Campinas, Brasil).

O extrato hidrossolúvel de soja (Provesol ES 60®, Olvebra, Eldorado do Sul, Brasil) foi adicionado à formulação, em substituição parcial ao leite em pó desnatado em níveis de substituição de 0, 10, 20 e 30 %.

Foram acrescentados 0,2 % de aromatizante de chocolate (Gemacom Tech, Juiz de Fora, Brasil) e 0,8 % de corante (Gemacom Tech, Juiz de Fora, Brasil) à mistura base de sorvete.

Na Tabela 1 está representada a formulação básica utilizada para cada tratamento de mistura base de sorvete.

Tabela 1 Formulação da mistura base de sorvete.

Ingredientes (Kg)	Tratamento ⁽¹⁾			
	0 % EHS	10 % EHS	20 % EHS	30 % EHS
Sacarose	2,4	2,4	2,4	2,4
Xarope de milho	0,8	0,8	0,8	0,8
E/M ⁽²⁾	0,12	0,12	0,12	0,12
Creme de leite	3,15	3,15	3,15	3,15
Leite em pó desnatado	2,24	2,02	1,79	1,57
Extrato de soja	–	0,22	0,45	0,67
Água	11,29	11,29	11,29	11,29
Total	20	20	20	20

⁽¹⁾Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

⁽²⁾E/M – *Mix* de estabilizantes e emulsificantes.

2.2 Produção do sorvete

A produção da mistura base de sorvete foi realizada no Instituto de Laticínios Cândido Tostes – EPAMIG, Juiz de Fora, MG, enquanto a produção do sorvete foi conduzida na Planta Piloto de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, de acordo com o método proposto por Clarke (2004), conforme ilustração da Figura 1.

Os ingredientes foram dispersos, sob agitação (3500 rpm), na água previamente aquecida a 50 °C com o auxílio de um liquidificador industrial (Refrigas, Bauru, Brasil). O extrato hidrossolúvel de soja foi anteriormente misturado à sacarose e ao *mix* de estabilizantes e emulsificantes para facilitar a solubilização. A mistura foi, então, pasteurizada a 72 °C/15 minutos e depois homogeneizada em um processo de dois estágios (Manton-Gaulin DJ4, Manton-

Gaulin Manufacturing Company, Everett, USA) a 17,5 e 3,5 MPa para o primeiro e segundo estágios, respectivamente. A temperatura da mistura foi ajustada a 4 °C e mantida nesta temperatura por 24 horas para ser maturada. O aromatizante e o corante foram adicionados ao produto após o período de maturação. Todas as amostras de mistura base foram submetidas às mesmas condições de congelamento, que ocorreu em uma produtora descontínua horizontal (Refrigás, Bauru, Brasil), com tempo de batimento de 10 minutos. O sorvete foi acondicionado em embalagens adequadas e imediatamente enviado a uma câmara de congelamento a -25 °C, onde permaneceu nessa temperatura por 48 horas para completar a fase de endurecimento.

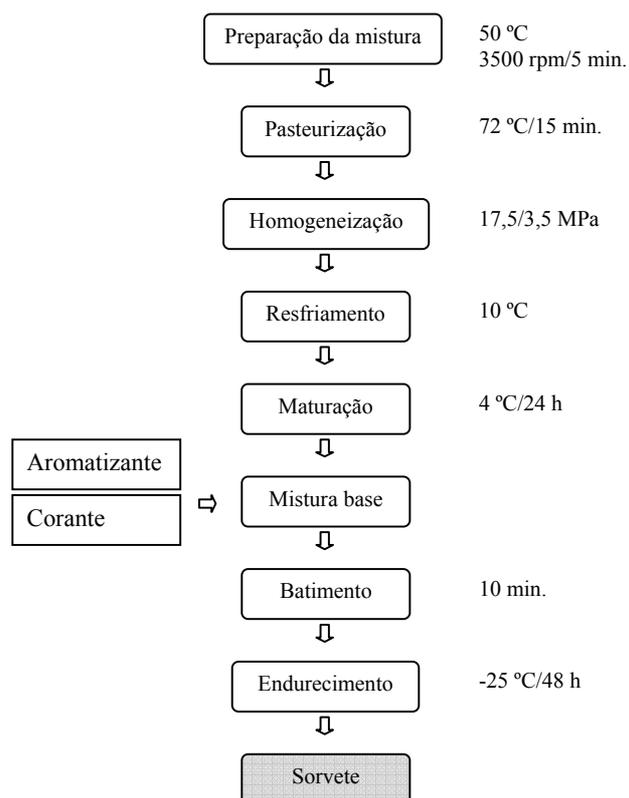


Figura 1 Fluxograma de elaboração do sorvete

A eficiência do tratamento térmico foi avaliada por meio da pesquisa da enzima fosfatase alcalina (BRASIL, 2006).

2.3 Características sensoriais do sorvete

2.3.1 Teste de aceitação e intenção de compra

A avaliação sensorial dos sorvetes foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, com a participação de 120 provadores não treinados. As amostras referentes aos quatro tratamentos (0 % EHS, 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS) foram apresentadas em copos plásticos de 50 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos, sendo cada amostra constituída por cerca de 30 g de sorvete com temperatura entre -8 °C e -10 °C (KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009; STONE; SIDEL, 2004). Os procedimentos foram conduzidos em cabines individualizadas, sob luz branca equivalente à do dia. O teste de aceitação foi realizado, utilizando-se escala hedônica estruturada mista de nove pontos (variando de 1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente), cujos provadores avaliaram os atributos aparência, sabor, textura e aceitação global. Por sua vez, a intenção de compra foi analisada, por meio de escala estruturada mista de cinco pontos (variando de 1 = certamente não compraria a 5 = certamente compraria), segundo Meilgaard, Civille e Carr (2007). O modelo da ficha de avaliação está esquematizado na Figura 2.

**FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL
TESTE DE ACEITAÇÃO**

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo 4 amostras de sorvete. Por favor, avalie para todos os atributos o quanto você gostou ou desgostou do produto utilizando a escala abaixo.

	Código da Amostra	Aparência	Sabor	Textura	Aceitação Global
9-gostei extremamente					
8-gostei muito					
7-gostei moderadamente					
6-gostei ligeiramente					
5-indiferente					
4-degostei ligeiramente					
3-degostei moderadamente					
2-degostei muito					
1-degostei extremamente					

Em relação à intenção de compra destas amostras, qual seria sua atitude.

	Código da Amostra	Intenção de compra
1-Certamente compraria		
2-Provavelmente compraria		
3-Tenho dúvida se compraria ou não		
4-Provavelmente não compraria		
5-Certamente não compraria		

Comentários:

Figura 2 Modelo da ficha do teste sensorial de aceitação

2.3.2 Teste de diferença do controle

No teste de diferença do controle, foram utilizados os 13 provadores treinados anteriormente com a mistura base de sorvete. Estes avaliaram, em três repetições, o grau de diferença em relação ao sabor entre cada amostra (10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS) e a amostra controle (0 % EHS). O sorvete utilizado nessa análise não continha aromatizante e corante. As amostras de sorvete foram apresentadas em copos plásticos codificados com números aleatórios de três dígitos, sendo cada constituída por cerca de 30 g de sorvete com temperatura entre -8 °C e -10 °C (KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009). Foi solicitada aos provadores a atribuição de notas a cada amostra, segundo o grau de diferença em relação ao controle, conforme pode ser observado no modelo da ficha de avaliação ilustrada na Figura 3. Os resultados foram

expressos como a média da diferença em relação ao controle (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007).

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL TESTE DE DIFERENÇA DO CONTROLE		
Nome:	Data:	
Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 4 amostras codificadas. Prove a amostra padrão e em seguida, prove cada uma das amostras codificadas e avalie, na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere da amostra padrão em <u>relação ao sabor</u> .		
	Amostra nº	Nota Sabor
0 Nenhuma diferença do Padrão		
1 Diferença muito ligeira		
2 Diferença ligeira/moderada	_____	_____
3 Diferença moderada		
4 Diferença moderada/grande	_____	_____
5 Diferença grande		
6 Diferença muito grande	_____	_____
	_____	_____
Comentários: _____		

Figura 3 Modelo da ficha do teste de diferença do controle

Com esta técnica objetivou-se verificar se existia diferença entre o sorvete controle e os demais tratamentos, além de avaliar se o congelamento da amostra influenciou na percepção do sabor característico da soja.

2.3.3 Avaliação dos hábitos de consumo de sorvete

Antes de se iniciar o teste de aceitação, foi solicitado aos provadores que preenchessem um questionário sobre hábitos de consumo de sorvete. O questionário está representado no APÊNDICE A.

2.4 Custo dos ingredientes do sorvete

O custo dos sorvetes foi calculado considerando a quantidade de cada ingrediente utilizado na formulação dos diferentes tratamentos (0 % EHS, 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS) e os seus respectivos preços, que foram obtidos junto aos fornecedores ou no mercado atacadista no período de 10 a 15 de maio de 2010. Por esses valores, calculou-se o custo (R\$), para produzir 2 L de sorvete, considerando um *overrun* de 80 %. Nesta análise não foram considerados levantamentos referentes à mão de obra e aos custos indiretos de fabricação (LORA; PRUDÊNCIO; BENEDET, 2006).

2.5 Análise estatística

Os testes sensoriais dos sorvetes com substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja seguiram um delineamento experimental em blocos completos casualizados, onde cada provador constituiu um bloco.

Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as diferenças de médias comparadas com o auxílio do teste de Tukey a 5 % de significância pelo software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007).

Foram realizadas, também, análises de correlação entre os atributos sensoriais (aparência, textura, sabor e aceitação global) e a intenção de compra dos provadores por meio de um Mapa de Preferência Externo (SCHLICH, 1995), utilizando-se o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características sensoriais do sorvete

3.1.1 Teste de aceitação e intenção de compra

O teste de aceitação foi realizado com alunos e funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, com faixa etária entre 18 e 45 anos, sendo 73 % dos indivíduos do gênero feminino e 27 % do gênero masculino.

Os resultados referentes aos atributos sensoriais dos sorvetes estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Características sensoriais do sorvete ¹.

Tratamento ²	Atributos sensoriais			
	Aparência	Sabor	Textura	Aceitação global
0 % EHS	7,27±1,36 ^a	7,75±1,24 ^a	7,54±1,31 ^a	7,58±1,24 ^a
10 % EHS	7,22±1,32 ^a	7,29±1,35 ^a	7,45±1,28 ^a	7,36±1,31 ^a
20 % EHS	7,41±1,30 ^a	7,30±1,29 ^a	7,58±1,47 ^a	7,44±1,23 ^a
30 % EHS	7,25±1,25 ^a	6,56±1,63 ^b	7,27±1,56 ^a	6,90±1,46 ^b

^a Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

Os sorvetes, de uma forma geral, obtiveram boa aceitação sensorial para todos os atributos avaliados, uma vez que a nota média foi superior a 6, que indica o conceito “gostei ligeiramente”(Tabela 2).

Não houve diferença entre os tratamentos em relação à aparência e à textura ($P > 0,05$).

A similaridade dos resultados, para o atributo aparência, pode ser explicada, em função da utilização de corante, que padronizou as características de cor e brilho entre todos os sorvetes. Além disso, as propriedades de superfície dos produtos não influenciaram a atitude dos provadores.

A textura do sorvete está relacionada a alguns fatores como o teor de gordura, o *overrun* e, principalmente, a distribuição de tamanho dos cristais de gelo (TRGO, 2003; ZHENG et al., 1997). A gordura não influenciou na textura porque sua concentração foi estatisticamente igual para todos os tratamentos ($P > 0,05$). A incorporação de ar ou *overrun*, apesar de se apresentar diferente entre as amostras de sorvete (64,60 a 89,06 %), não afetou a percepção dos provadores para esse atributo sensorial. Segundo Drewett e Hartel (2007), sorvetes que apresentam cristais de gelo com diâmetro médio superior a 50 μm proporcionam uma sensação de arenosidade durante o consumo. Como no presente trabalho o diâmetro mediano dos cristais ficou abaixo de 50 μm , para todos os tratamentos, pode-se dizer que esta característica não influenciou, significativamente, na percepção da textura durante o consumo. Resultado semelhante foi obtido por Alvarez et al. (2005) que verificaram que a textura do sorvete não foi afetada pela substituição parcial da proteína da mistura base por concentrado proteico do leite. Por outro lado, Patel, Baer e Acharya (2006) observaram que a adição de concentrado proteico do leite e do soro proporcionaram melhores escores para a textura do sorvete. Porém, nesse caso, os sorvetes foram avaliados por provadores treinados, que apresentam uma maior capacidade em discriminar amostras.

Os resultados obtidos para aparência e textura corroboram com os verificados por Friedeck (2003) que, ao avaliar a aceitação sensorial de sorvetes com 0 e 4 % de substituição parcial da fração de sólidos desengordurados por

isolado proteico de soja, não verificou diferença entre as amostras para esses atributos.

Em relação ao sabor, (Tabela 2), os sorvetes com 0 % EHS, 10 % EHS e 20 % EHS exibiram aceitabilidade semelhante ($P > 0,05$) e superior à obtida para o tratamento 30 % EHS ($P < 0,05$).

Verifica-se que os derivados da soja, geralmente, conferem aos produtos nos quais são adicionados seu sabor característico que, muitas vezes, diminui a aceitabilidade desses produtos (VILLEGAS; CARBONELL; COSTEL, 2009; YUAN; CHANG, 2007). No entanto, pode-se observar com base nos resultados que, para os sorvetes, um nível de substituição de até 20 % de leite em pó desnatado, por extrato de soja, não prejudicou o sabor do produto.

Friedeck (2003) observou que a substituição da fração de sólidos desengordurados por isolado proteico de soja na formulação de sorvetes em um nível de 4 % promoveu um decréscimo na aceitação do sabor quando comparado à formulação controle (sem substituição). Estabelecendo um paralelo entre esses resultados, pode-se notar que o presente trabalho possibilitou um nível de substituição mais alto (20 %) do que o encontrado por Friedeck (2003).

Os tratamentos 0 % EHS, 10 % EHS e 20 % EHS não diferiram entre si ($P > 0,05$) e apresentaram maior aceitação global em relação ao 30 % EHS (Tabela 2). Esse resultado se mostrou dependente apenas do sabor, já que a aparência e a textura dos sorvetes não foram influenciadas pela presença de extrato de soja na formulação.

De acordo com Villegas, Carbonell e Costel (2009), a aceitação global de bebidas de baunilha à base de extrato de soja foram inferiores à obtida para o mesmo produto à base de leite.

Assumpção (2008) observou que, à medida que se eleva a relação entre proteína do extrato de soja e proteína do leite na formulação de iogurtes, havia uma redução na aceitação global desse produto.

O comportamento do consumidor em relação à compra dos sorvetes pode ser visualizado na Figura 4.

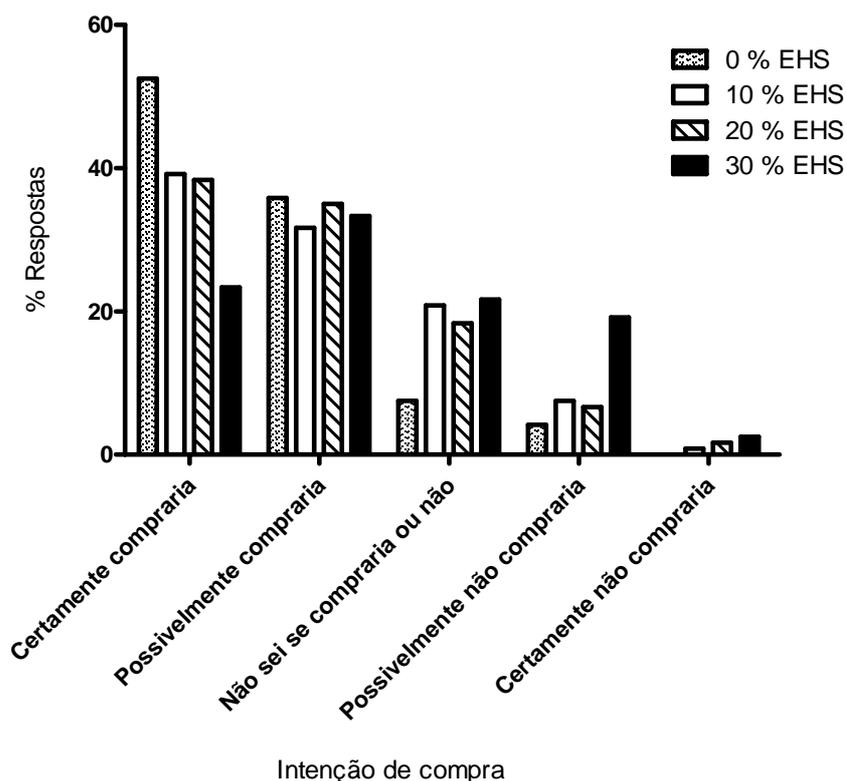


Figura 4 Intenção de compra do sorvete

Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

Observa-se na Figura 4, uma maior frequência de distribuição de respostas entre os conceitos “certamente compraria” e “possivelmente compraria”, indicando, assim, uma intenção de compra positiva por parte dos consumidores em relação a todas as amostras de sorvete.

O sorvete 0 % EHS apresentou maior intenção de compra positiva (percentual de respostas entre os conceitos “certamente compraria” e

“possivelmente compraria”), com 88 % das respostas; os sorvetes 10 % EHS e 20 % EHS obtiveram, aproximadamente, 70 % das respostas positivas e o sorvete 30 % EHS obteve a menor intenção de compra positiva, com 57 % das respostas dos consumidores.

Segundo Behrens e Silva (2004), Mercaldi (2006) e Pereira et al. (2009), novos derivados comerciais da soja, em combinações com outros produtos, como suco de frutas, ou fermentados, têm obtido êxito no mercado. Nesse sentido, o sorvete, em função dos resultados obtidos (Tabela 2 e Figura 4), surge como um produto em potencial, que apresenta a característica de amenizar o *flavor* característico da soja e, dessa forma, aumentar o consumo dessa importante leguminosa.

Foi ajustado um mapa de preferência externo (MPE) vetorial (SCHLICH, 1995) aos dados de intenção de compra, relacionando-os aos parâmetros de aceitação (aparência, textura, sabor e aceitação global) com o intuito de se verificar quais destes foram determinantes na opção de compra dos provadores.

A Figura 5 apresenta o mapa de preferência externo para a intenção de compra. Pode-se observar a representação de um modelo vetorial (superfície plana), tratando-se de uma visão panorâmica de uma superfície inclinada para a diagonal direita, ou seja, a diagonal direita é mais alta que a diagonal esquerda. Isso indica que as amostras de sorvete localizadas na região de cor rosa têm maior intenção de compra que as localizados na região de cor verde. Portanto, a amostra 0 % EHS foi a que apresentou maior intenção de compra, seguida pelas amostras 10 % EHS e 20 % EHS, que demonstraram intenção de compra semelhante e, na região verde, a amostra 30 % EHS teve a menor intenção de compra por parte dos provadores.

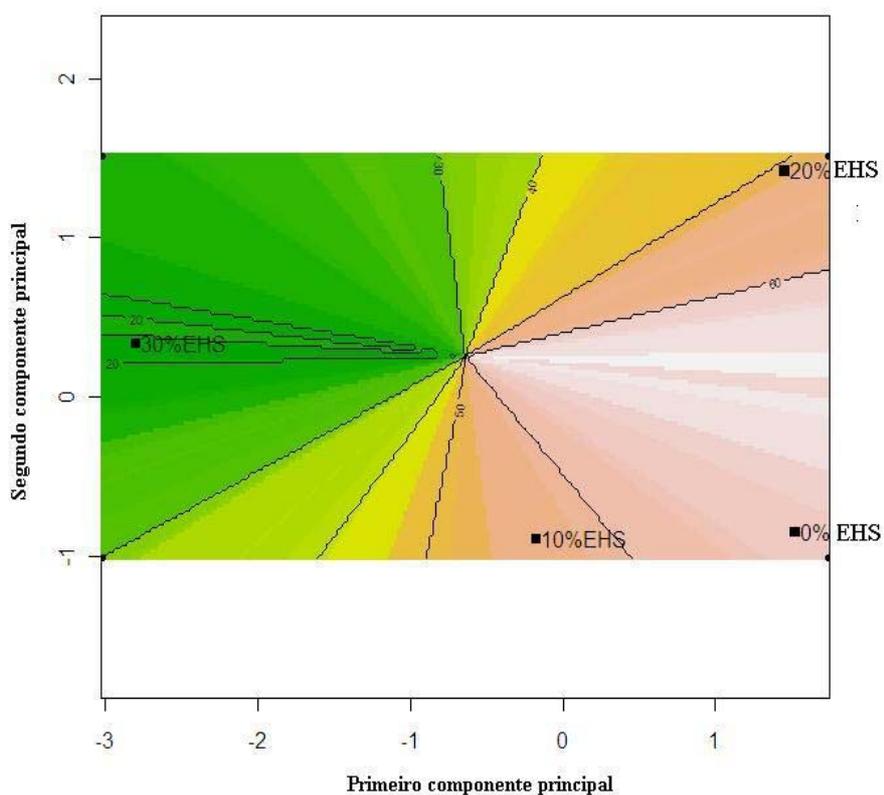


Figura 5 Mapa de preferência externo dos sorvetes

Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

As Figuras 6 e 7 mostram os gráficos de espaço das amostras em relação aos dois eixos principais e de representação dos atributos sensoriais, respectivamente. Nota-se que os dois principais componentes são capazes de explicar 99,69 % da variação total dos dados (dimensão 1 = 76,91 % e dimensão 2 = 22,78 %).

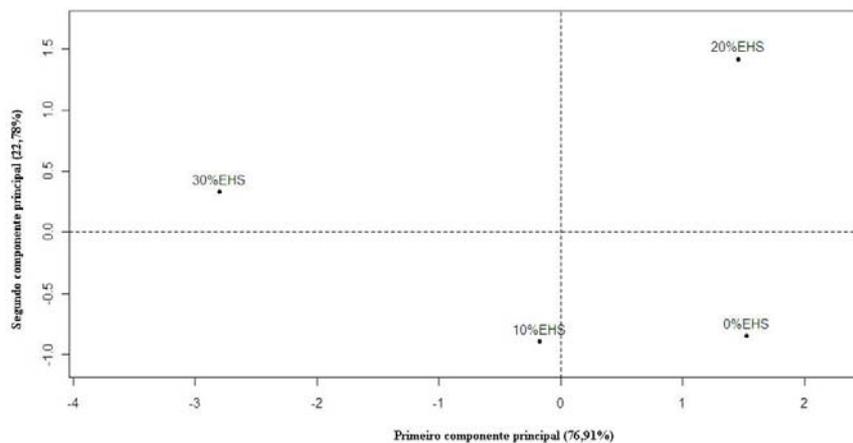


Figura 6 Gráfico representativo de posição das amostras de sorvete
 Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição

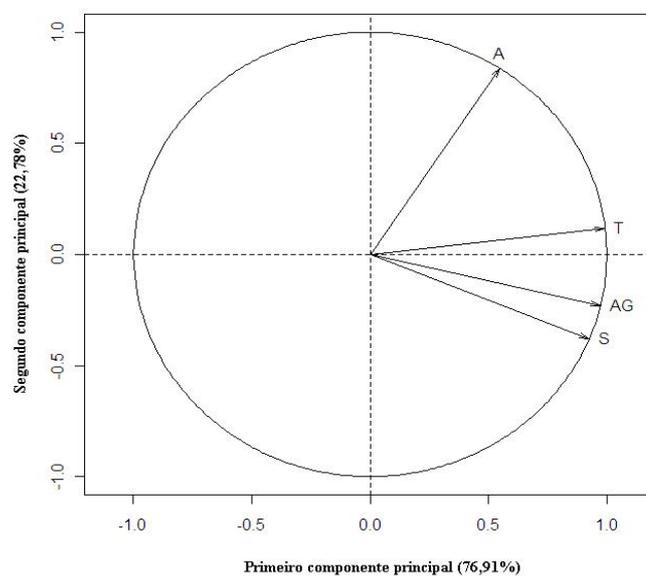


Figura 7 Gráfico representativo dos atributos sensoriais
 A – Aparência, S – sabor, T – textura e AG – aceitação global

Relacionado as Figuras 6 e 7 verifica-se que o tratamento 0 % EHS, que apresentou maior intenção de compra, está localizado no 4º quadrante, região que corresponde à direção do vetor para notas altas para sabor e aspecto global. Essa mesma amostra, por se encontrar à direita do eixo X, também, obteve notas relativamente altas para aparência e textura. A amostra 20 % EHS apresentou notas altas para aparência e textura, em consequência de sua posição na direção desses vetores (1º quadrante), e notas relativamente altas para sabor e aceitação global pelo posicionamento no lado direito do eixo X. O sorvete produzido com 10 % de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja (10 % EHS), que está localizado no 3º quadrante, apresentou menores notas de textura e aparência e notas relativamente altas para aceitação global e sabor. Por sua vez, o tratamento 30 % EHS demonstrou os menores escores para aspecto global e sabor e escores relativamente altos para aparência e textura.

Esses resultados mostram que o sabor e a aceitação global influenciaram a intenção de compra, apesar de não serem observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) até o nível de substituição de 20 % entre as amostras pela análise de variância e teste de média.

3.1.2 Teste de diferença do controle

Os resultados do teste de diferença do controle, conforme apresentado na Tabela 3, demonstram que o tratamento 10 % EHS não apresentou diferença em relação ao controle ($P > 0,05$), para o atributo sabor, enquanto que os demais sorvetes foram, significativamente, diferentes do controle ($P > 0,05$). Notou-se que maiores níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato de soja proporcionam maior grau de diferença em relação à amostra 0 % EHS.

Tabela 3 Grau de diferença do sabor do sorvete em relação ao controle ¹.

Tratamento ²	Diferença em relação ao controle
0 % EHS	0,51±0,50 ^a
10 % EHS	1,46±0,76 ^a
20 % EHS	2,51±1,36 ^b
30 % EHS	3,49±1,32 ^b

^a Valores médios com letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$).

¹ Média±desvio padrão.

² Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

Assumpção (2008), ao avaliar a diferença entre os tratamentos de iogurte controle e com diferentes proporções de proteína do extrato de soja/proteína do leite, observou que todas as amostras de iogurte apresentaram diferença em relação ao controle e que concentrações mais elevadas de extrato de soja no iogurte propiciaram maiores diferenças em relação ao controle.

Para a mistura base de sorvete verificou-se que todos os tratamentos, inclusive o 10 % EHS, demonstram diferença em relação à mistura base controle.

Estabelecendo uma comparação entre o sorvete e a mistura base, observa-se que o primeiro apresentou uma maior capacidade de amenizar o gosto característico da soja. Esse fato pode estar relacionado à sensação de frio, causada durante o consumo do sorvete e/ou pela suavização, obtida pela incorporação de ar.

Em função dos resultados obtidos na Tabela 3, percebe-se, novamente, que o sorvete é um produto que apresenta grande capacidade de incorporar produtos derivados da soja sem alterar de forma drástica o seu sabor final.

3.1.3 Avaliação dos hábitos de consumo de sorvete

Os provadores que participaram do teste de aceitação preencheram um questionário sobre seus hábitos de consumo de sorvete. O resultado desta pesquisa está representado entre as Figuras 8 e 14.

Pela Figura 8 verifica-se que 46,60 % dos provadores relataram consumir sorvete semanalmente. Quando se avalia o consumo mensal, esse número sobe para 98,30 %.

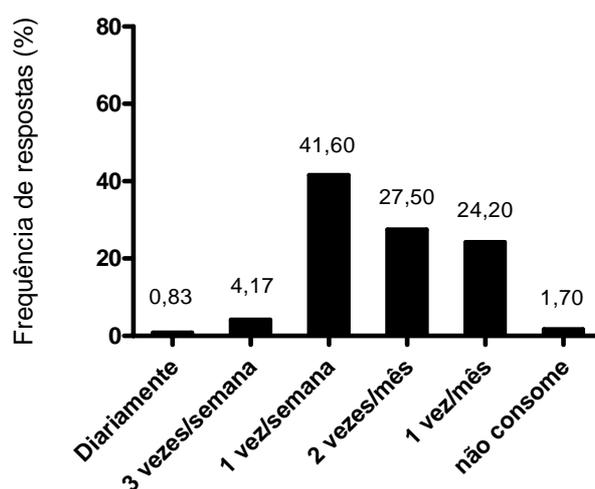


Figura 8 Frequência de consumo de sorvete

O Brasil, apesar de apresentar grande potencial para a produção de sorvete, uma vez que detém uma ampla cadeia leiteira, ocupa apenas a 10ª posição na produção mundial, com 99 milhões de litros (ABIS, 2010a). No entanto, este cenário parece estar mudando gradativamente. De acordo com ABIS (2010b), o consumo de sorvetes no Brasil cresceu 39,5 % entre 2002 e 2009. O resultado desta pesquisa, também, vai ao encontro desse novo

panorama, já que, aproximadamente 50 % dos provadores avaliados, afirmaram consumir sorvete pelo menos uma vez por semana. Vale ressaltar que o grupo avaliado não pode ser considerado representativo da população como um todo.

Em relação à estação do ano, conforme demonstrado na Figura 9; 53,66 % dos consumidores afirmaram que a estação do ano não influencia no consumo de sorvetes. Esse é um fato bastante interessante, pois, pode significar uma mudança nos hábitos de consumo do brasileiro, já que 70 % da ingestão de sorvetes se concentram no verão, quando a temperatura média se encontra mais elevada (ABIS, 2010b). Por outro lado, nenhum dos provadores demonstrou ter o costume de consumir sorvetes durante o inverno. Isso se deve, principalmente, ao fato de se associar, erroneamente, que a ingestão de sorvetes no inverno pode resultar em resfriados e outras doenças correlacionadas a essa estação.

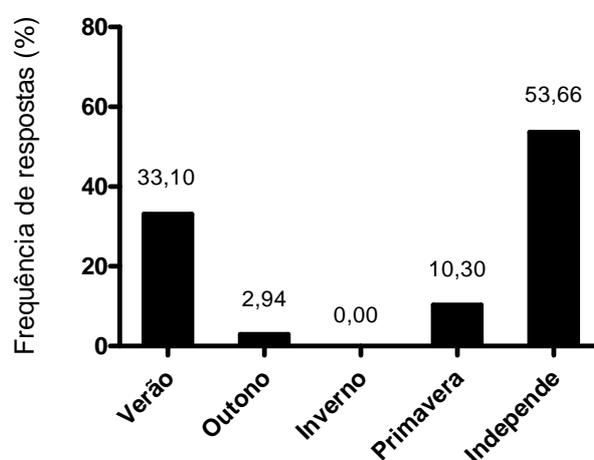


Figura 9 Frequência de consumo de sorvete em função da estação do ano

Na Figura 10, observa-se que 46,45 % dos consumidores responderam que costumam ingerir sorvete à tarde, 16,53 % após o almoço e 29,92 % não têm um momento definido. A maior frequência de consumo, no período da tarde, em

que se concentram as maiores temperaturas médias do dia, pode estar ligado ao fato de que os brasileiros consideram o sorvete uma guloseima refrescante e não uma importante fonte da alimentação.

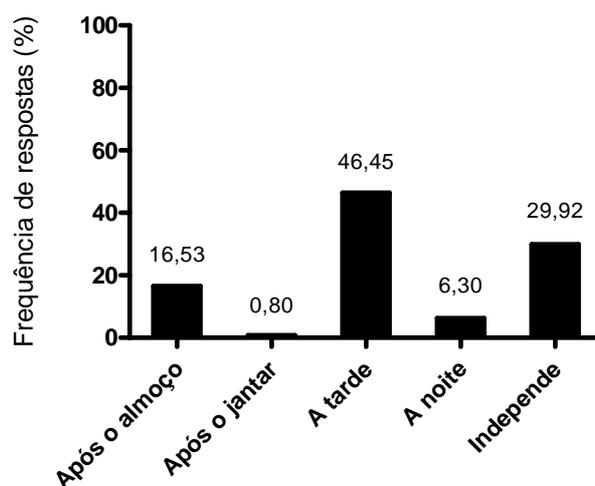


Figura 10 Frequência de consumo de sorvete em função do momento do dia

Verifica-se na Figura 11 que os sabores preferidos pelos consumidores avaliados foram chocolate e flocos, que totalizaram, aproximadamente, 50 % das respostas. Esse resultado corrobora com os dados expostos pela ABIS (2010b), em que o sabor de chocolate foi descrito como o mais consumido pelos brasileiros (28,80 %).

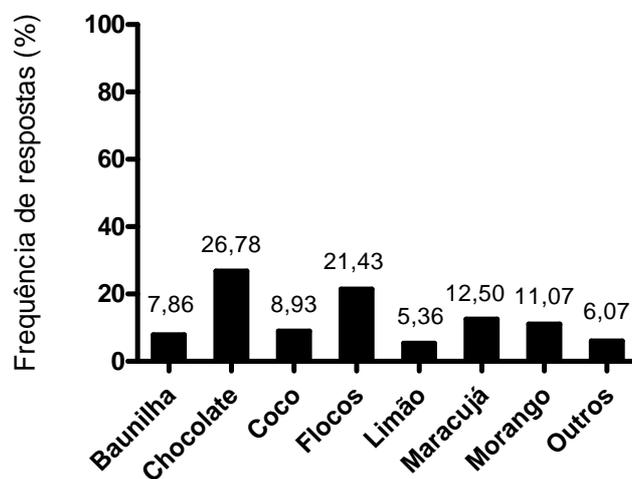


Figura 11 Preferência em relação ao sabor de sorvete

Para os provadores, os critérios determinantes na compra de sorvetes foram a qualidade (49,56 %) e o preço (30,18 %), conforme ilustrado na Figura 12.

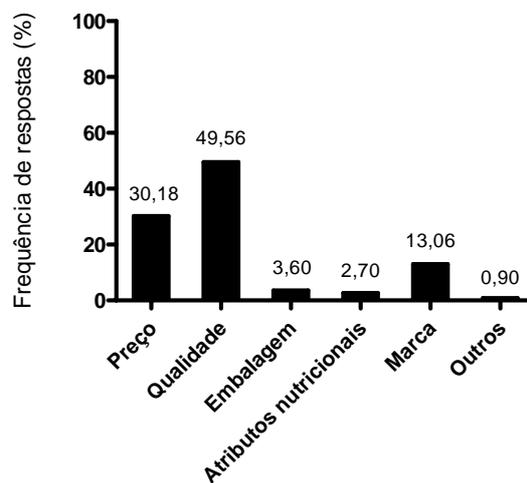


Figura 12 Critérios determinantes na compra de sorvete

Perguntou-se aos provadores se eles consumiriam sorvete que apresentasse derivados de soja na sua formulação e 95 % das respostas foram para a alternativa “sim” (Figura 13), demonstrando uma atitude positiva em relação à utilização desse ingrediente. Os produtos obtidos com a soja, apesar da sua baixa aceitação sensorial, vem ganhando, de forma gradativa, a apreciação do público, principalmente, quando é elaborado na forma de produtos tradicionalmente aceitos pela população, como bebidas ou suco de frutas (KINOUCI et al., 2002; MERCALDI, 2006).

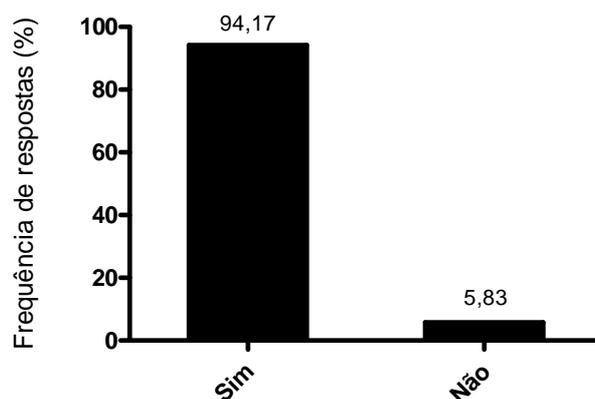


Figura 13 Frequência de respostas para o consumo de sorvete que apresenta soja na formulação

Na Figura 14 observa-se que as características nutricionais e benefícios à saúde (56,56 %) e a qualidade (28,96 %) foram os principais critérios que os provadores levariam em consideração na compra de sorvetes que contêm soja na formulação. A soja é, reconhecidamente, uma das principais fontes da alimentação humana, pois, contém proteínas de alto valor biológico, isoflavonas, saponinas, fitatos, inibidores de protease, oligossacarídeos e ácidos graxos poliinsaturados, que auxiliam na redução de riscos de doenças crônicas

degenerativas (PENHA et al., 2007). Assim, de acordo com os provadores, o consumo de sorvete com soja poderia trazer esses diversos benefícios à saúde.

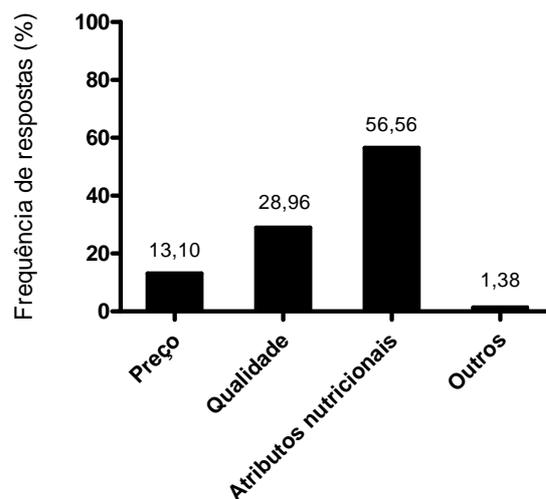


Figura 14 Critérios determinantes na compra de sorvete que apresenta derivados de soja na formulação

3.2 Custo dos ingredientes do sorvete

O preço de um produto exerce uma influência relevante no comportamento do consumidor e na avaliação de decisão de compra (CHURCHILL JÚNIOR; PETER, 2003). Em função disso, ao se desenvolver uma nova formulação para um determinado produto é interessante que o seu custo seja inferior ou igual ao do anterior.

Tabela 4 indica o custo de todos os ingredientes, envolvidos na produção dos sorvetes (R\$), considerando um volume de 2 L e *overrun* de 80 %.

Tabela 4 Custo dos ingredientes utilizados na produção de 2 L de sorvete com 80 % de *overrun*.

Tratamento ¹	Custo total (R\$)
0 % EHS	4,97
10 % EHS	4,99
20 % EHS	5,02
30 % EHS	5,04

¹ Tratamentos: 0 % EHS – 0 % de substituição, 10 % EHS – 10 % de substituição, 20 % EHS – 20 % de substituição, 30 % EHS – 30 % de substituição.

O custo total dos ingredientes, utilizados na produção dos sorvetes, variou de R\$ 4,97 a R\$ 5,04. Observa-se um aumento muito pequeno no custo, conforme se eleva os níveis de substituição parcial do leite em pó desnatado por extrato de soja.

O aumento relativo no custo dos sorvetes que continham soja na formulação em relação ao produto sem soja foi de 0,4 %, 1,0 % e 1,41 % para as amostras 10 % EHS, 20 % EHS e 30 % EHS, respectivamente.

4 CONCLUSÃO

Os sorvetes elaborados com diferentes níveis de substituição do leite em pó desnatado por extrato hidrossolúvel de soja apresentaram boa aceitação sensorial, uma vez que todos os atributos obtiveram conceitos entre “gostei ligeiramente” e “gostei muito”.

A adição de extrato de soja na formulação de sorvetes até o nível de substituição de 20 % não alterou as características sensoriais do produto.

A atitude de compra dos consumidores foi influenciada pelo sabor e o tratamento 0 % EHS apresentou maior intenção de compra.

Observou-se que a transformação da mistura base em sorvete minimizou a percepção do sabor característico da soja, indicando que o sorvete apresenta grande potencialidade de ser formulado com derivados de soja, sem prejudicar de forma acentuada sua aceitação.

A utilização de extrato de soja na formulação de sorvete não alterou o custo relativo aos ingredientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extrato hidrossolúvel de soja apresenta uma grande potencialidade de ser utilizado como ingrediente na produção de sorvetes, uma vez que a sua adição em substituição ao leite em pó desnatado aumentou a concentração proteica do sorvete, promoveu uma maior resistência ao derretimento, originou cristais de gelo com menor diâmetro, minimizou os efeitos da recristalização, durante as oscilações de temperatura e, praticamente, não alterou o custo dos ingredientes envolvidos na produção do sorvete. Além disso, apesar do seu sabor característico que, muitas vezes deprecia a qualidade sensorial dos produtos aos quais são adicionados, a formulação da mistura base, utilizada no presente experimento até o nível de substituição de 20 %, não alterou a aceitação global do produto.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. B. et al. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 3, p. 862-871, Mar. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETES. **Produção mundial de sorvete**. São Paulo, 2010a. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/estat.asp>>. Acesso em: 5 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETES. **Aumento na produção e no consumo per capita**. São Paulo, 2010b. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/>>. Acesso em: 5 jul. 2010.

ASSUMPÇÃO, G. M. P. **Viabilidade tecnológica do uso de extrato hidrossolúvel de soja na fabricação de iogurte**. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 431-439, jul./set. 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 266, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 dez. 2006.

CHURCHILL JUNIOR, G. A.; PETER, J. P. **Marketing**: criando valor para os clientes. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 626 p.

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

DREWETT, E. M.; HARTEL, R. W. Ice crystallization in a scraped surface freezer. **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, n. 3, p. 1060-1066, Feb. 2007.

FRIEDECK, K. G. **Soy protein fortification of a low fat dairy-based ice cream**. 2003. 89 p. Thesis (Master Science in Food Science) - North Carolina State University, Raleigh, 2003.

KEMP, S. E.; HOLLOWOOD, T.; HORT, J. **Sensory evaluation: a practical handbook**. Oxford: Willey-Blackwell, 2009. 196 p.

KINOUCI, F. L. et al. Aceitação do iogurte de soja entre adolescentes. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 13, n. 1, p. 131-142, jan./mar. 2002.

LORA, S. C. P.; PRUDÊNCIO, E. S.; BENEDET, H. D. Avaliação sensorial de sorvetes elaborados com leite de cabra. **Semina**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 221-230, abr./jun. 2006.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed. Boca Raton: CRC, 2007. 448 p.

MERCALDI, J. C. **Desenvolvimento de bebida a base de “leite” de soja acrescida de suco de graviola**. 2006. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2006.

PATEL, M. R.; BAER, R. J.; ACHARYA, M. R. Increasing the protein content of ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 5, p. 1400-1406, May 2006.

PENHA, L. A. O. et al. A soja como alimento: valor nutricional, benefícios para a saúde e cultivo orgânico. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 91-102, jan./jun. 2007.

PEREIRA, M. O. et al. Elaboração de uma bebida probiótica fermentada a partir de extrato hidrossolúvel de soja com sabor de frutas. **Ambiência**, Guarapuava, v. 5, n. 3, p. 475-487, set./dez. 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2007.

SCHLICH, P. Preference mapping: relating consumer preferences to sensory or instrumental measurements. In: ETIEVANT, P.; SHEREIER, P. **Bioflavour 95: analysis/precursor studies/biotechnology**. 2 ed. Versailles: INRA Editions, 1995. p. 231-245.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. London: Elsevier, 2004. 377 p.

TRGO, C. Factors affecting texture of ice cream. In: MCKENNA, B. M. **Texture in food: semi-solid foods**. Boca Raton: CRC, 2003. p. 373-388.

VILLEGAS, B.; CARBONELL, I.; COSTELL, E. Acceptability of milk and soymilk vanilla beverages: demographics consumption frequency and sensory aspects. **Food Science and Technology International**, London, v. 15, n. 2, p. 203-210, Apr. 2009.

YUAN, S.; CHANG, S. K. C. Selected odor compounds in soymilk as affected by chemical composition and lipoxigenases in five soybean materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 2, p. 426-431, Jan. 2007.

ZHENG, L. et al. Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 3133-3141, Dec. 1997.

APÊNDICE A – Modelo do questionário sobre hábitos de consumo de sorvete

Questionário sobre hábitos de consumo de sorvete

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/____

1) Qual a sua frequência de consumo de sorvete?

- diariamente três vezes/semana uma vez/semana duas vezes/mês
 uma vez/mês não consome

2) Em qual(is) estação(ões) do ano você costuma consumir sorvete?

- verão – dezembro a março outono – março a junho inverno – junho a setembro primavera - setembro a dezembro independe da estação

3) Em que(ais) momento(s) do dia você costuma consumir sorvete?

- após o almoço após o jantar a tarde a noite
 sem momento definido

4) Qual(is) sabor(es) de sorvete você prefere consumir?

- chocolate morango baunilha flocos coco limão
 maracujá outros
 Se marcou a opção “outros” qual(is) sabor(es)? _____

5) Para você qual(is) o(s) critério(s) determinante(s) na compra de sorvete?

- preço qualidade embalagem características nutricionais
 marca outros
 Se marcou a opção “outros” qual(is) critério(s)? _____

6) Você consumiria sorvete que apresenta derivados da soja em sua formulação?

- sim não

7) O que levaria você a comprar sorvete que apresenta derivados de soja em sua formulação?

- preço qualidade embalagem características nutricionais e benefícios à saúde outros
 Se marcou a opção “outros” qual(is) critério(s)? _____