



TALES MÁRCIO DE OLIVEIRA GIAROLA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO
DE *SHERBETS LIGHT* DE UVAIA (*Eugenia
uvalha* Cambess) FORTIFICADOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE FERRO.**

LAVRAS-MG

2011

TALES MÁRCIO DE OLIVEIRA GIAROLA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE *SHERBETS LIGHT*
DE UVAIA (*Eugenia uvalha* Cambess) FORTIFICADOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE FERRO.**

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 obtenção do título de Mestre.

Orientador
Dr. Jaime Vilela de Resende

Co-orientador
Dr. Luiz Ronaldo de Abreu

**LAVRAS – MG
2011**

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

Giarola, Tales Márcio de Oliveira.

Desenvolvimento e caracterização de *sherbets light* de uvaia (*Eugenia uvalha* Cambess) fortificados com diferentes níveis de ferro / Tales Márcio de Oliveira Giarola. – Lavras : UFLA, 2011.
100 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Jaime Vilela de Resende.

Bibliografia.

1. Sherbet light de uvaia. 2. Fortificação com ferro. 3. Análise sensorial. 4. Análise físico-química. 5. Gelados comestíveis. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 641.863

TALES MÁRCIO DE OLIVEIRA GIAROLA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE *SHERBETS LIGHT*
DE UVAIA (*Eugenia uvalha* Cambess) FORTIFICADOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE FERRO.**

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 obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 09 de Dezembro de 2011.

Dra. Sandra Maria Pinto UFLA

Dra. Lanamar de Almeida Carlos UFSJ

Dr. Jaime Vilela de Rezende

Orientador

Co-orientador

Dr. Luiz Ronaldo de Abreu

LAVRAS-MG

2011

**Aos meus filhos, principalmente ao caçula
Hernani Giarola Neto, para que sirva de
exemplo de superação,**

**A minha mãe Clere e meu pai Hernani Giarolla
(in memorian) pela vida, educação e incentivos,
E a todos que de alguma forma contribuíram
para que esse trabalho fosse concluído.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jaime de Resende Vilela pela amizade, orientação e confiança.

Ao Prof. PhD. Luiz Ronaldo de Abreu pela amizade, co-orientação e valiosos conselhos.

Ao Coordenador do Curso Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas pelo entendimento da Resolução CUNI 038/2007 viabilizando a oportunidade da realização do curso.

Aos colegas e amigos Dieyckson, Cristina, Lucas, Márcia, Tanya, Natália e Gustavo, por toda amizade, colaboração e profissionalismo.

Ao meu filho Hernani pela ajuda, companheirismo e apoio.

Às Técnicas em Laboratório e colegas Creuza, Cidinha e Tina do DCA, Marcelo e Wilson do DQI pela amizade e inestimável ajuda na realização de diversas análises.

À colega, companheira no CEPE e amiga Vânia Natal de Oliveira, Diretora da Biblioteca Universitária da UFLA, pelo apoio e imprescindível colaboração.

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.

A *Albitech Nutritionals* pela doação do ferro triquelato *Iron Taste Free*[®] e a Tovani Benzaken ingredientes pela doação da *SPLENDA*[®] sucralose-micronizada da *Tate&Lyle*.

À Casa da Goiaba pela doação de vários insumos e atenção dispensada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela oportunidade de realização do curso.

OBRIGADO!

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se desenvolver um sherbet light de uvaia fortificado com ferro, obter um produto com baixo teor de sacarose, preventivo da anemia ferropriva e avaliar as suas características físicas, químicas e sensoriais. As formulações das misturas base foram divididas em duas fases; a primeira foi a avaliação sensorial da quantidade de polpa ideal para a produção de sherbet de uvaia; a segunda, caracterização físico-química da melhor formulação fortificada com ferro e com substituição da sacarose por sucralose e avaliar a aceitação e intenção de compra dos consumidores. Foram testadas concentrações de 15, 20, 25, 30 e 35% de polpa em relação à mistura base determinando-se a concentração de 25% como a ideal. Na fase dois foi preparada nova mistura base e realizadas onze formulações e um controle. As formulações foram analisadas por delineamento composto central rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta para a análise sensorial e as relativas a temperaturas de congelamento e de derretimento obtidas por um Calorímetro Diferencial de Varredura, incorporação de ar e taxa de derretimento. A formulação controle foi realizada para verificar a diferença nas análises da taxa de derretimento, *overrun* e reologia utilizando um viscosímetro. Foi feita a substituição da sacarose por sucralose micronizada na proporção de 66 a 94%, a fortificação com ferro de 9 a 15% e o controle. As análises mostraram variação entre as formulações com relação ao pH, sólidos totais, cinzas e carboidratos. Os teores de proteína bruta e acidez foram semelhantes em todas as formulações. Houve redução superior a 25% do valor calórico. Os resultados também evidenciaram um comportamento não-Newtoniano pseudoplástico não havendo diferença significativa de viscosidades entre as formulações da mistura base e houve diferença significativa entre os *sherbets* derretidos. Para os parâmetros *overrun* e textura a sacarose foi o fator significativo, sendo que as formulações contendo em torno de 20% apresentaram maior incorporação de ar que foi proporcional ao aumento da fortificação com ferro. Nos parâmetros ponto de início de congelamento, temperatura de início de derretimento, aparência, impressão global e intenção de compra verificou-se que não houve diferença significativa. Pode-se verificar que o *sherbet* controle derreteu mais rapidamente que os demais. No atributo sabor houve significância em relação à fortificação com ferro. *Sherbets* elaborados com substituição da sacarose por sucralose e fortificação com ferro apresentaram boa aceitação sensorial, a fortificação com ferro e/ou a utilização da sucralose influenciou benéficamente o derretimento do produto, tornando-o mais estável e com maior resistência ao derretimento.

Palavras-chave: *Sherbet light* de uvaia. Fortificação com ferro. Análise sensorial. Análise físico-química. Gelados comestíveis.

ABSTRACT

This work was conducted with the purpose of developing a light iron-fortified eugenia uvalha sherbet, obtaining a low sucrose product preventive of iron-deficiency anemia and evaluating its physical, chemical and sensorial features. The formulations of the base mixtures were divided into two phases; the first was the sensorial evaluation of the amount of pulp ideal for eugenia uvalha sherbet production; the second, physicochemical characterization of the best iron-fortified fortification and with substitution of sucrose by sucralose and evaluating both the acceptance and purchase intention of the consumers. Concentrations of 15, 20, 25, 30 and 35% of pulp in relation to the base mixture were tested by determining the concentration of 25% as the ideal one. In phase two, a new base mixture was prepared and eleven formulations and one control were carried out. The formulations were substitution by a central composite design applicable to the surface response methodology for the sensorial analysis and to those relative to freezing and melting temperatures obtained by a differential scanning calorimeter, overrun and melting rate. The control formulation was carried out to verify the difference in the rates of melting, overrun and rheology by making use of a viscometer. The substitution of sucrose by micronized sucralose at the ratio of 66 to 94%, the iron-fortification from 9 to 15% and the control were done. The results showed variation among the formulations with relation to pH, total solids, ashes and carbohydrates. The crude protein contents and acidity were similar in all the formulations. There was a reduction superior to 25% of the caloric value. The results also showed pseudoplastic non-Newtonian behavior, there being no significant difference of viscosity among the formulations of the base mixture and there was a significant difference among the melted sherbets. For the parameters overrun and texture, sucrose was the significant factor, the formulations containing around 20% presented increased overrun which was proportional to the increase of the fortification with iron. In the parameters initial freezing point and melting temperature, appearance, overall impression and purchase intention, it was found that there were no significant differences. The control sherbet melted faster than the others. In the feature flavor, there was significance in relation to the iron-fortification. *Sherbets* made with the substitution of sucrose by sucralose and iron-fortification presented good sensorial acceptance, iron-fortification and/or utilization of sucralose influenced beneficially the melting of the product, making it more stable and with greater resistance to melting.

Key words: light Eugenia uvalha Sherbet. Iron fortification. Sensorial analysis. Physicochemical analysis. Edible icies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estruturas moleculares da sacarose e da sucralose mostrando os sítios de substituição das hidroxilas por cloro.....	29
Figura 2	Fluxograma de fabricação dos <i>sherbets</i> das fases I e II.....	40
Figura 3	Regressão linear para teor de polpa de uvaia.....	50
Figura 4	Escala do ideal para concentração de polpa de uvaia.....	50
Figura 5	PARAFAC dos atributos sensoriais em relação às formulações de <i>sherbet</i> de uvaia com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro.....	53
Figura 6	Resultados do pH como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de <i>sherbet</i> com substituição da sacarose e fortificados com ferro.....	57
Figura 7	Resultados do teor de sólidos totais como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de <i>sherbet</i> com substituição da sacarose e fortificados com ferro.....	58
Figura 8	Resultados do teor de carboidratos como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de <i>sherbet</i> com substituição da sacarose e fortificados com ferro.....	59
Figura 9	Resultados do valor calórico (Kcal/100g) como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de <i>sherbet</i> com substituição da sacarose e fortificados com ferro..	60
Figura 10	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação dos <i>sherbets</i> fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro	64
Figura 11	Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação dos <i>sherbets</i> fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes	

	níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro.....	65
Figura 12	Resultados para <i>sherbets</i> congelados, armazenados e derretidos, para os valores do índice de fluxo (n) como uma função das concentrações de sacarose e ferro.....	68
Figura 13	Resultados para <i>sherbets</i> congelados, armazenados e derretidos, para os valores do índice de consistência (K) como uma função das concentrações de sacarose e ferro.....	69
Figura 14	Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação dos <i>sherbets</i> fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro após congelamento, estocagem e derretimento.....	70
Figura 15	Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação dos <i>sherbets</i> derretidos fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro após congelamento, estocagem e derretimento.....	71
Figura 16	Comparação da incorporação de ar das formulações de <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose com a formulação controle.....	73
Figura 17	Resultados da incorporação de ar (<i>overrun</i>) como função das concentrações de sacarose e ferro em <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose.....	75
Figura 18	Termograma representativo da temperatura de nucleação (T_N)	

	e de derretimento (T_D) de 3,370 mg da mistura base de <i>sherbet</i> contendo 14 mg Fe e 10% de sacarose.....	76
Figura 19	Comportamento de derretimento de 51g das formulações de <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose em relação à formulação controle.....	78
Figura 20	Fotografias tomadas durante o derretimento à temperatura ambiente ($20 \pm 1^\circ \text{C}$) da amostra controle (A) e da fortificada com ferro (12 mg) e 80% de substituição da sacarose (B) nos tempos de (1) 20, (2) 50 e (3) 90 minutos.....	81
Figura 21	Fotomicrografias dos cristais de gelo da formulação contendo 12 mg de ferro e 20 % de sacarose (A) em relação aos cristais de gelo da formulação controle (B).....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ferro.....	22
Tabela 2	Formulações da fortificação com ferro e substituição da sacarose por sucralose para 4 kg de <i>sherbet</i>	43
Tabela 3	Sumário dos resultados para aparência, sabor e textura atribuídos por provadores às formulações dos <i>sherbets</i> em função das concentrações de sacarose e ferro.....	51
Tabela 4	Sumário das análises de regressão para impressão global (IG) e intenção de compra (IC) atribuídos pelos provadores às formulações de <i>sherbets</i> em função das concentrações de sacarose e ferro.....	52
Tabela 5	Composição física e química e valor calórico das formulações de <i>sherbet</i> de uvaia com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro.....	55
Tabela 6	Sumário das análises de regressão para o pH, sólidos totais, teor de carboidratos e valores calóricos das formulações de <i>sherbet</i> com substituição da sacarose e fortificados com ferro.....	56
Tabela 7	Propriedades reológicas das formulações de <i>sherbets</i> com substituição da sacarose por sucralose e fortificadas com ferro.....	61
Tabela 8	Sumário da análise de regressão para os valores de reologia das formulações de <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose....	62
Tabela 9	Propriedades reológicas das formulações dos <i>sherbets</i> após o congelamento, armazenamento e derretimento, com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com	

	ferro.....	66
Tabela 10	Sumário da análise de regressão para os valores de reologia das formulações de <i>sherbets</i> após o congelamento, armazenamento e derretimento, com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro.....	67
Tabela 11	Sumário da análise de regressão para os valores de incorporação de ar (<i>overrun</i>) das formulações de <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose.	74
Tabela 12	Resultados para as temperaturas de nucleação e picos de derretimento para todas as formulações testadas de <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose.....	77
Tabela 13	Massa de <i>sherbets</i> fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose em relação à formulação controle nos tempos de 45 (T_{45}) e 90 (T_{90}) min...	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Definição de sherbet.....	19
2.2	Uvaia	20
2.3	Ferro.....	21
2.3.1	Funções	21
2.3.2	Ingestão diária de ferro recomendada (IDR)	22
2.3.3	Absorção do ferro	23
2.3.4	Prevenção e combate da deficiência de ferro.....	25
2.4	Sucralose.....	29
2.5	Análise sensorial.....	31
2.6	Propriedades tecnológicas dos gelados comestíveis.....	32
2.6.1	Cristalização do gelo nos gelados comestíveis	33
2.7	Características estruturais dos gelados comestíveis	36
2.8	Incorporação de ar (<i>overrun</i>).....	37
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1	Localização do experimento.....	38
3.2	Formulações dos <i>sherbets</i>	38
3.2.2	Produção dos <i>sherbets</i>	39
3.2.3	Análise sensorial teste de escala ideal (fase 1)	41
3.2.3.1	Análise estatística	41
3.2.5	Teste de aceitação e intenção de compra (fase II)	43
3.2.5.1	Análise estatística	44
3.3	Características químicas e físicas do <i>sherbet</i> (fase II).....	44
3.3.1	pH.....	44
3.3.2	Sólidos totais.....	44
3.3.4	Proteína bruta	45
3.3.5	Cinzas.....	45
3.3.6	Carboidratos.....	45
3.3.7	Valor calórico.....	46
3.3.8	Comportamento reológico.....	46
3.3.9	<i>Overrun</i>	47
3.3.10	Temperaturas de congelamento e de derretimento	47
3.3.11	Comportamento de derretimento.....	48
3.3.11.1	Análise estatística	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1	Análise Sensorial Teste da Escala do Ideal.....	50
4.2	Teste de aceitação e intenção de compra	51
4.3	Análises físicas e químicas da mistura base de <i>sherbet</i>	54

4.4	Comportamento reológico.....	61
4.5	<i>Overrun</i>	72
4.6	Temperaturas de nucleação e de derretimento.....	76
4.7	Comportamentos de derretimento	78
5	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
	ANEXOS.....	97

1 INTRODUÇÃO

O *sherbet* é definido como um gelado comestível, que é definido como produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes ou substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo (BRASIL, 1999).

Sherbet é um produto congelado à base de água, açúcares, frutas ou aromatizantes de frutas, sólidos do leite, estabilizantes e corantes, quando necessários. Esse produto contém de 1% a 2% de gordura do leite, não sendo permitida outra gordura, e de 2% a 5% de sólidos totais de leite (BRASIL, 1999).

Sherbets são produtos que apresenta grande aceitação na alimentação humana, principalmente entre as crianças e jovens onde as anemias têm grande incidência.

A uvaia tem um enorme potencial de aceitabilidade e sucesso, como um fruto de alto teor de ácido ascórbico, extremamente palatável, sem, contudo, ter um aproveitamento pela indústria devido ao pouco conhecimento na atualidade, de seu sabor e características químicas. Poucas pesquisas no Brasil e no mundo tem realizado investigações sobre a utilização deste fruto para seu aproveitamento culinário.

O ferro é um componente atraente para a fortificação, já que seu nível natural no leite é relativamente insignificante. Porém, é grande o potencial do ferro em funcionar como um catalisador de oxidação da gordura, tornando necessário assegurar-se que seja adicionado sob condições onde essa funcionalidade seja eliminada (UMBELINO; ROSSI, 2006).

Apenas cerca de 8% do ferro ingerido nos alimentos são absorvidos pelo nosso organismo. O ferro é um mineral encontrado em nosso organismo, fundamentalmente no sangue, fazendo parte da hemoglobina e mioglobina (POWELL; JUGDAOHISIGH; THOMPSON, 1999; AWAD; WILLIAM, 2000; ANDERSON, 2005). O ferro participa de diversos processos vitais, incluindo a metabolização das vitaminas do complexo B (UMBELINO; ROSSI, 2006). Em razão disso a suplementação adequada deste mineral melhora o desempenho físico e a fadiga (HAAS; BROWNLIE, 2001). Além de sua função essencial na formação da hemoglobina, o ferro tem um papel importante na formação adequada dos ossos, na cicatrização, na síntese do RNA, na pigmentação da pele e do cabelo, e no metabolismo das proteínas. O ferro também desempenha um importante papel na síntese do colágeno e elastina que são os principais responsáveis pela integridade dos tecidos conjuntivos; promovendo com isto, maior tonicidade à pele (LÖNNERDAL; DEWEY, 1996).

O ferro orgânico é absorvível em forma de quelato de proteína hidrolisada, ou seja, o ferro orgânico é processado para assimilação mais rápida e não provoca constipação (UMBELINO; ROSSI, 2006).

O cobre, o cobalto, o manganês e a vitamina C são necessários para a assimilação do ferro (FRANCO, 1996). A vitamina C é um potente ativador da absorção do ferro não hemínico (alimentos de origem animal). Um meio com ácido ascórbico forma um quelato solúvel com o Ferro 3+. A absorção do ferro contido numa dieta pode ser multiplicada, até 5 vezes, quando ela contém vitamina C. Essa vitamina não intervém apenas no nível da absorção do ferro não-hemínico. Ela favorece a incorporação do ferro na ferritina e estimula a utilização do ferro das reservas, principalmente do baço. A condição comumente associada à carência de ferro denomina-se de anemia ferropriva (LYNCH, 1997; COOK; REED, 2001).

Por seu alto teor de ácido ascórbico, palatabilidade e a fim de se estimular o aproveitamento e o consumo da uvaia se utilizou este fruto originário da mata atlântica brasileira.

Durante o processamento do sorvete ou *sherbet*, 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 presente trabalho objetivou o desenvolvimento de *sherbet light* de uvaia fortificado com diferentes níveis de ferro e avaliar o efeito da adição de ferro quelato e a substituição da sacarose por sucralose, em suas características físicas, químicas e sensoriais.

Os objetivos específicos foram:

- a) Identificar a concentração adequada de polpa de uvaia na mistura base de *sherbet*;
- b) Avaliar as características físicas e químicas de *sherbet* de uvaia elaborado com diferentes concentrações de ferro quelato e diferentes níveis de substituição da sacarose por sucralose;
- c) Identificar a melhor concentração de ferro quelato no *sherbet* de uvaia até o limite estabelecido na legislação.
- d) Estabelecer o melhor nível de substituição da sacarose por sucralose dentro do limite para se considerado um alimento *light*.
- e) Avaliar a aceitação do *sherbet light* de uvaia como fonte de ferro quelato;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fortificação com ferro em *sherbets light* de uvaia é uma opção de prevenção e combate à anemia ferropriva.

2.1 Definição de sherbet

Segundo Portaria nº 379, de 26 de abril de 1999 (BRASIL, 1999), são definidos como gelados comestíveis os produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes ou substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo. Os gelados comestíveis, segundo Brasil (1999), são classificados em:

- a) Sorvetes de creme, que são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos e ou gorduras comestíveis, podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares;
- b) Sorvetes de leite, que são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos, podendo ser adicionados de outros ingredientes alimentares;
- c) Sorvetes, que são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos e ou outras matérias-primas alimentares e nos quais os teores de gordura e ou proteína são total ou parcialmente de origem não láctea, podendo ser adicionados de outros ingredientes alimentares;
- d) *Sherbets*, que são produtos congelados à base de água, açúcares, frutas ou aromatizantes de frutas, sólidos do leite, estabilizantes e corantes,

quando necessários. Esse produto contém de 1% a 2% de gordura do leite, não sendo permitida outra gordura, e de 2% a 5% de sólidos totais de leite.

- e) Gelados de frutas, ou *sorbets*, que são os produtos elaborados basicamente com polpas, sucos ou pedaços de frutas e açúcares, podendo ou não ser adicionados de outros ingredientes alimentares;
- f) Gelados, que são produtos elaborados basicamente com pedaços de frutas e outras matérias-primas, podendo ou não ser adicionados de outros ingredientes alimentares.

Similarmente ao sorvete, o *sherbet* é processado com maior quantidade de polpa de fruta, apresentando, portanto, sabor mais ácido. Além disso, apresenta menor *overrun*, isto é, menor incorporação de ar (de 25% a 50%), maior teor de açúcar, menor ponto de fusão, e textura mais grosseira do que o sorvete (MARSHALL; ARBUCKLE, 1996).

Assim como no sorvete, a qualidade final do *sherbet* depende das propriedades funcionais dos ingredientes, das propriedades físicas da calda e do processo de fabricação.

2.2 Uvaia

A Uvaia [*Eugenia uvalha* Cambess] é uma espécie arbórea da família *Mirtaceae* também conhecida como uvalha, uvaia do mato e uvalheira. Os frutos da uvalheira são produzidos no período de agosto a setembro, apresentando estágio de maturação fisiológica em setembro, prolongando-se até novembro. Os frutos, drupas globosas de cor amarela, são deiscentes, carnosos, contendo de uma a três sementes que apresentam tegumento de coloração castanha, cotilédones carnosos e justapostos (SCALON et al., 2004). Podem ser consumidas in natura, na forma de sucos, geléias e doce em pasta (ANDERSEN;

ANDERSEN, 1988). A qualidade dos frutos é atribuída ao seu tamanho e forma e à cor da casca. Esses fatores, associados à composição físico-química da polpa, oferecem aos frutos e aos produtos deles obtidos a qualidade organoléptica e nutricional, responsáveis pela aceitação definitiva desses no mercado (SCALON et al., 2004). Apresentam umidade em torno de 90,7%; teor de vitamina C, variando de 33 a 39,52 mg 100g⁻¹, 1,53 % de acidez sendo esta de 1,16 g. Ac. Cítrico 100g⁻¹, sólidos solúveis de 7,5°Brix e relação SST/ATT de 4,90 (CARVALHO, 1988; DONADIO, 1997).

2.3 Ferro

O ferro é um metal de transição, considerado um nutriente essencial para humanos desde 1860. A extensão da sua utilidade biológica está na capacidade de existir em diferentes estados de oxidação e de formar muitos complexos diferentes (LÖNNERDAL; DEWEY, 1996). Como constituinte da hemoglobina, o ferro é requerido para o transporte de oxigênio e dióxido de carbono, estando assim, diretamente envolvido no processo de respiração celular (GUYTON, 1991; KRAUSE; MAHAN, 1991).

2.3.1 Funções

Os compostos de ferro presentes no organismo humano podem ser agrupados em duas categorias: os que exercem funções metabólicas ou enzimáticas (hemoglobina, mioglobina e enzimas), e os associados com o ferro de reserva. Cerca de 67% do ferro total do organismo está presente na hemoglobina, que é constituída por quatro subunidades, cada qual com um grupo heme associado. Essa molécula tem somente quatro átomos de ferro,

considerados essenciais, pois se combinam com oxigênio nos pulmões e o libera nos tecidos (KRAUSE; MAHAN, 1991; ANDERSON, 2005).

O ferro enzimático corresponde à cerca de 0,2% do ferro corporal total, sendo encontrado na forma de proteínas heme, contendo um complexo ferroporfirina, ferroflavoproteínas e enzimas que requerem ferro como cofator (ANDERSON, 2005). A ferritina e a hemossiderina são os compostos férricos de reserva e estão envolvidos na manutenção da homeostase do ferro no organismo (KRAUSE; MAHAN, 1991).

O ferro atua também em processos metabólicos como na síntese de purinas (compostos estruturais do DNA e RNA), carnitina, colágeno e neurotransmissores (dopamina, serotonina e norepinefrina) (ANDERSON, 2005).

2.3.2 Ingestão diária de ferro recomendada (IDR)

As quantidades recomendadas de ingestão de ferro são baseadas nas perdas fisiológicas e no aumento de ferro corporal devido ao crescimento. A Tabela 1 apresenta os valores de Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ferro adotados no Brasil (BRASIL, 2005b).

Tabela 1 - Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ferro

Estágio de vida		Quantidade (mg/dia)
Adultos		14
Lactantes	0-6 meses	0,27
	7-11 meses	9,00
Crianças	1-3 anos	6,00
	4-6 anos	6,00
	7-10 anos	9,00

10% biodisponibilidade

Fonte: Brasil, (2005b)

Um homem adulto saudável perde aproximadamente 1mg de ferro por dia. Considerando que apenas de 10 a 15 % do ferro presente na dieta é absorvido, recomenda-se uma ingestão média de 14 mg de ferro por dia, quantidade esta que varia de acordo com o sexo e o estágio da vida. No caso de uma mulher adulta, ocorre perda adicional de cerca de 0,5 mg de ferro por dia, correspondente ao fluxo menstrual mensal. No Brasil a IDR de ferro para mulheres em idade reprodutiva não é especificada, porém o *Food and Nutrition Board* (2001) recomenda a ingestão de 18mg de ferro por dia nesta fase.

As necessidades dietéticas de ferro aumentam durante a gestação, pois a mulher necessita deste elemento para repor as perdas basais usuais, permitir a expansão das células vermelhas, fornecer ferro à placenta e ao feto e repor as perdas de sangue durante o parto. Durante a lactação a perda de ferro varia de 0,15 a 0,30 mg/dia, quantidade inferior à perda menstrual, que é freqüentemente ausente durante a lactação. Desta forma, as necessidades de ferro durante a lactação são semelhantes às quantidades recomendadas para mulheres não grávidas (RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES, 1989).

2.3.3 Absorção do ferro

O ferro está presente nos alimentos na forma heme (fontes animais) e não-heme (fontes vegetais). Entre as fontes dietéticas de ferro merecem destaque às carnes vermelhas e vísceras, mariscos, ovos e vegetais como brócolis, couve e espinafre (FRANCO, 1996). O ferro heme representa 5 a 10% do ferro dietético, porém sua absorção pode chegar a 25% comparada a apenas 5% para o ferro não-heme (POWELL; JUGDAOHISIGH; THOMPSON, 1999; AWAD; WILLIAM, 2000; ANDERSON, 2005).

A absorção do ferro heme ocorre na mucosa das células intestinais como complexo de ferroporfirina intacto, sendo pouco afetada pela composição dos alimentos e secreções gastrintestinais. No citosol o ferro ferroso é enzimaticamente removido do ferro heme e combina-se com a apoferritina para formar a ferritina. Esta proteína atua como estoque intracelular de ferro e o transporta até a membrana basolateral, onde por transporte ativo o ferro é movido para o sangue (UMBELINO; ROSSI, 2006).

Diferentemente do que ocorre com o ferro heme o ferro não-heme precisa, primeiramente, ser ionizado pela secreção gástrica para a forma ferrosa ou férrica para ser absorvido. Ao passar para o duodeno, onde o pH é perto da neutralidade, a maior parte da forma férrica é precipitada enquanto o ferro ferroso, mais solúvel em pH 7, permanece disponível para absorção. O ferro não-heme (iônico) entra na mucosa dos enterócitos por difusão facilitada, dirigida para o interior por um gradiente de concentração, e segue a via de transporte e passagem para o sangue idêntica à descrita para o ferro heme (ANDERSON, 2005).

O ácido ascórbico é o promotor mais eficaz da absorção de ferro, e recentemente, foi demonstrado que também pode influenciar no transporte e armazenamento do ferro no organismo (LYNCH, 1997, COOK; REED, 2001). A absorção de ferro não heme é também aumentada pela presença de carne, vitamina A, ácido cítrico, málico, tartárico, láctico e outros ácidos orgânicos (BALOT et al., 1987; GARCIA-CASAL et al., 1998). Por outro lado, substâncias como taninos, polifenóis, fitatos e fibras alimentares foram relacionadas como inibidoras da absorção de ferro (HALLBERG et al., 1989).

Após sua absorção, o ferro passa à circulação ligado a uma proteína transportadora denominada transferrina, capaz de ligar dois átomos de ferro através de seus receptores.

Estes receptores cedem ferro para a medula óssea para ser incorporado em novas moléculas de hemoglobina, para outros tecidos que requerem ferro e para os locais de armazenamento. Depois da liberação, a transferrina torna-se novamente disponível para transportar o ferro (AIRES, 1991).

A quantidade de transferrina livre no sangue parece regular a absorção de ferro da membrana intestinal. A transferrina é geralmente saturada com ferro até um terço de sua capacidade total. Em indivíduos que apresentam níveis de ferro normal no organismo a transferrina permanece saturada, ocorrendo menor absorção e maior perda de ferro nas células mucosas por descamação. Enquanto que naqueles que apresentam deficiência de ferro, a transferrina é menos saturada e maior quantidade de ferro é absorvida a partir da mucosa intestinal. O fenômeno inverso é verificado em pessoas que apresentam excesso de ferro, ou seja, eleva-se a excreção e limita-se a absorção, demonstrando a existência de um mecanismo de auto-regulação da absorção do ferro (KRAUSE; MAHAN, 1991; ANDERSON, 2005).

A homeostase de ferro no organismo é mantida pelo processo de absorção, pois apenas pequenas quantidades são excretadas. O excesso de ferro é armazenado sob a forma de ferritina, sendo facilmente mobilizado quando as necessidades corporais deste mineral aumentam. Quantidades menores de ferro são armazenadas como hemossiderina, uma forma de depósito mais estável e menos acessível. O ferro do corpo é perdido através de sangramento e, em quantidades muito pequenas, pela excreção fecal, transpiração e esfoliação normal do cabelo e da pele (ANDERSON, 2005; FINCH, 1994).

2.3.4 Prevenção e combate da deficiência de ferro

A prevenção e o combate da deficiência de ferro são uma das prioridades na promoção da saúde devido as suas graves conseqüências

biológicas e implicações econômicas e sociais. As estratégias propostas para alcançar este objetivo variam de acordo com o estágio de desenvolvimento do paciente.

Durante a gestação, apesar da absorção de ferro estar moderadamente elevada, a quantidade absorvida da dieta e a mobilização do ferro de reserva, em geral, não é suficiente para suprir a demanda imposta recomendando-se, além da orientação nutricional, a suplementação medicamentosa preventiva.

A administração de ferro medicinal ou a adição de ferro ao produto alimentício apresentam eficácia reconhecida na prevenção e formulação da deficiência de ferro (TORRES et al., 1996). A suplementação medicinal tem a vantagem de produzir mudanças rápidas nos níveis de ferro e direcioná-lo àqueles segmentos da população que mais necessitam.

Entretanto, a adição de ferro ao produto alimentício é considerada a melhor forma de se combater a deficiência de ferro em longo prazo, pois, não requer cooperação individual e o custo inicial e de manutenção é menor quando comparado ao programa de suplementação medicamentosa (BALTUSSEN, 2004).

O Programa Nacional de Suplementação de Ferro, instituído no Brasil pela Portaria nº 730, de 13 de maio de 2005, preconiza a suplementação universal de crianças de seis a 18 meses de idade, gestantes a partir da 20ª semana gestacional e mulheres até o 3º mês após o parto, como forma de prevenir a anemia ferropriva (BRASIL, 2005a).

Em países industrializados, como os Estados Unidos, Canadá e vários países da Europa, a prática do enriquecimento ou fortificação de alimentos é recomendada e estimulada como uma forma de repor as perdas nutricionais que ocorrem durante o processamento e prevenir carências específicas (RAMAKRISHNAN; YIP, 2002). No Brasil, a partir de 18 de junho de 2004 se

tornou obrigatória à adição de ferro nas farinhas de trigo e de milho, devendo cada 100g de farinha fornecerem, no mínimo, 4,2 mg de ferro (BRASIL, 2002).

O produto alimentício utilizado como veículo no enriquecimento deve ser acessível à parcela da população mais vulnerável à deficiência, consumido constantemente, apresentar baixa probabilidade de ser ingerido em altas quantidades e a adição de ferro não deve elevar o seu custo final. Produtos que contenham outros nutrientes que são afetados pela adição de ferro ou substâncias que inibem a sua absorção devem ser evitados (UMBELINO; ROSSI, 2006).

O enriquecimento com ferro é tecnicamente difícil, pois, as formas biodisponíveis são quimicamente reativas e freqüentemente produzem efeitos indesejáveis quando adicionadas aos alimentos. Desta forma, torna-se indispensável à utilização de fontes de ferro e de tecnologias que minimizem tais efeitos (UMBELINO; ROSSI, 2006). Os sais solúveis de ferro, como o sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), são os mais absorvidos, porém freqüentemente produzem mudanças de cor ao formar complexos com compostos sulfurados, polifenóis e outras substâncias e catalisam reações de oxidação, resultando em odores e sabores indesejáveis. Devido a sua alta biodisponibilidade e baixo custo, os sais solúveis de ferro são utilizados para enriquecer alimentos estocados por tempo limitado. Compostos onde o ferro se encontra quelado, como o ferro aminoácido quelato e o sódio-ferroetilenodiaminotetracético (NaFeEDTA), apresentam boa biodisponibilidade, entretanto com o inconveniente de serem mais caros (VITERI; GARCIA-IBANEZ; TORUN, 1978; PINEDA, 1994).

Recentemente, pesquisadores do Laboratório de Tecnologia de Alimentos - LABTEC - da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara/UNESP, realizaram um estudo com o objetivo de enriquecer, com ferro, produtos derivados da soja, os quais pudessem representar uma nova alternativa de alimentos destinados ao controle da deficiência deste mineral.

Foram avaliados o pão, o "leite", o sorvete e a "paçoca", todos processados na Unidade de Desenvolvimento e Produção de Derivados de Soja -UNISOJA - uma planta piloto instalada como extensão do LABTEC. Como fontes de ferro foram testados o $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, o NaFeEDTA e o ferro aminoácido quelato. O estudo demonstrou ser viável o enriquecimento com ferro de todos os produtos, desde que se empregue o ferro na forma quelada (NaFeEDTA e ferro aminoácido quelato). A adição de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ conferiu características sensoriais desagradáveis ao "leite" e ao sorvete, o que foi constatado através das baixas médias obtidas nos testes sensoriais. Entretanto, o mesmo sal não reduziu a aceitação do pão e da "paçoca", sugerindo que estes produtos possuem a capacidade de mascarar as alterações provocadas pelo $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (MENDONÇA, 2006).

As mesmas fontes de ferro foram estudadas, por outros pesquisadores do grupo, no enriquecimento de um produto fermentado a base de soja, tipo iogurte. Os produtos foram enriquecidos com 12 mg de ferro elementar por litro e avaliados quanto ao tempo de fermentação, pH, acidez titulável, viscosidade, consistência e propriedades sensoriais. Os resultados evidenciaram que somente o $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ teve sua utilização comprometida por alterar adversamente as características sensoriais do produto. As demais formas testadas ((NaFeEDTA e ferro aminoácido quelato) não causaram alterações significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros avaliados, mostrando-se adequadas para o processo de enriquecimento (UMBELINO et al., 2001).

2.4 Sucralose

A Figura 1 mostra as estruturas moleculares da sacarose e da sucralose e os sítios de substituição das hidroxilas por cloro.

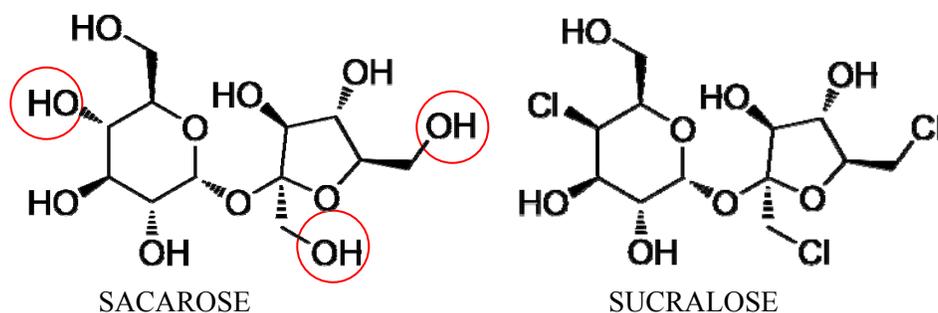


Figura 1 Estruturas moleculares da sacarose e da sucralose mostrando os sítios de substituição das hidroxilas por cloro

Segundo Campos (2002), a sucralose, edulcorante não-calórico de última geração, é obtido a partir da sacarose, através de um processo patenteado de multi-passos, que substitui seletivamente 3 grupos de hidroxilas na molécula do açúcar por cloro. Essa oportuna troca de átomos de cloro cria uma estrutura molecular que é excepcionalmente estável e aproximadamente 600 vezes mais doce que o açúcar.

Sua doçura, de percepção rápida, persiste por período ligeiramente maior que o da sacarose sem revelar residual amargo ou metálico. Apresenta alta solubilidade em água e estabilidade térmica em meio aquoso ou ácido, bem como durante armazenamento. É compatível com outros ingredientes alimentícios, incluindo flavorizantes, temperos e conservantes (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

A sucralose apresenta o perfil de sabor mais semelhante ao do açúcar, em relação a todos os outros edulcorantes, porém sem o indesejável *aftertast* amargo/metálico. Suas ligações carbono-cloro são estáveis e não hidrolisadas durante a digestão, sendo rapidamente excretadas nas fezes. Avaliada por quinze anos, foram realizados por volta de cento e quarenta estudos em animais e humanos, concluindo que não apresenta efeitos teratogênicos, toxicidade ou

carcinogenicidade (CAMPOS, 2002; SALGADO, 2004; VIGGIANO, 2004; BORTOLOZO; QUADROS, 2007).

2.5 Análise sensorial

Existem análises que contribuem para com o desenvolvimento de novos produtos, como a análise sensorial. Este é um campo muito importante na indústria de alimentos, pois contribui direta ou indiretamente na reformulação e redução de custos de produtos, controle de qualidade, relações entre condições de processo, ingredientes, aspectos analíticos e sensoriais (DUTCOSKY, 2007).

A indústria alimentícia tem como ferramenta a análise sensorial de seus produtos, já que através deste instrumento é possível (MONTEIRO, 1984):

- a) avaliar e selecionar as melhores matérias primas;
- b) estudar a estabilidade de produtos durante o armazenamento;
- c) avaliar a qualidade do produto;
- d) estudar o efeito de diferentes processos tecnológicos;
- e) correlacionar análise físico-química;
- f) estudar a percepção humana frente aos atributos de um alimento;
- g) avaliar a reação dos consumidores frente ao produto;
- h) determinar a vida útil do produto e,
- i) inspecionar o produto acabado antes, durante e depois do envase ou acondicionamento.

A análise sensorial deve ser aplicada durante o desenvolvimento de um produto, pois se torna necessária a sua caracterização sensorial, verificar e adequar formulações bem como quantificar a aceitação do produto final pelo público alvo. Na avaliação de atributos dos produtos alimentícios utilizam-se escalas, que determinam a intensidade de cada característica intrínseca do alimento presente na amostra. A fundamentação nestes testes é de criar uma

impressão de continuidade na faixa de variação de algum atributo específico que contribua para a qualidade sensorial do produto. Nesta a avaliação utiliza-se de metodologia apropriada e auxílio do tratamento estatístico para os dados experimentais (FERREIRA, 2002).

2.6 Propriedades tecnológicas dos gelados comestíveis

Durante o processo de elaboração da mistura para sobremesas congeladas, algumas variáveis na formulação devem ser trabalhadas para garantir bons aspectos sensoriais e reológicos, contribuindo para a qualidade do produto final. Os ingredientes básicos para a formulação dos sorvetes ou *sherbets* são as gorduras, os edulcorantes (açúcares), os estabilizantes (proteínas e polissacarídeos) e os emulsificantes. Estes ingredientes, depois de misturados, são levados para pasteurização, homogeneização e batidos para a incorporação do ar (BERGER, 1997).

A viscosidade da mistura influencia o comportamento térmico durante o processamento, afetando as transições de fases, como a fusão dos lipídeos e cristalização da água durante o batimento e a incorporação de ar está relacionada com a textura do produto (REID, 1998). A relação direta entre estas duas propriedades e o tempo de batimento influi na suavidade e maciez e, assim, na qualidade do produto durante o congelamento (CHANG; HARTEL, 2002).

Vários estudos têm sido realizados sobre a influência do tipo e da concentração de estabilizantes no comportamento da viscosidade de sorvete e *sherbets* (KAYA; TEKIN, 2001; INNOCENTE; CAMPARIN; CORRADINI, 2002) e sobre o crescimento de cristais de gelo e textura do produto final (HARTEL, 1996; MARSHALL; ARBUCKLE, 1996; PEREIRA et al. 2010). A influência da concentração de estabilizantes que interagem com diferentes constituintes de sobremesas lácticas congeladas também foi estudada

(WITTINGER; SMITH, 1986; BOLLIGER et al., 2000a; MINHAS et al. 2000; EL-NAGAR et al., 2002).

Segundo Varnam e Sutherland (1994), a viscosidade da calda aumenta como resultado da interação entre o estabilizante e outros solutos, como os açúcares. Além disso, a cristalização da água no processamento e estocagem de sorvetes é afetada pela presença de açúcares, que provocam redução do ponto de congelamento (HARTEL, 1996).

Normalmente, considera-se que apenas 50% da água do sorvete está congelada à temperatura de fusão, aumentando para 82% a -15°C , e acima de 90% a -25°C , no entanto esse comportamento depende da formulação. Bolliger et al. (2000b) mostraram que os estabilizantes contribuem para a proteção do sorvete contra a recristalização, em virtude do aumento da viscoelasticidade do produto causado pelo aumento da concentração dos polissacarídeos na fase não congelada do sorvete.

A cristalização é a organização das moléculas em uma fase contínua dentro de um líquido. Isto pode ocorrer em diversas maneiras diferentes. O vapor pode cristalizar-se diretamente do gás à fase contínua, tendo com o exemplo principal a neve. Um soluto pode ser cristalizado fora de uma solução, como na cristalização da lactose dos produtos lácteos como os queijos (COOK; HARTEL, 2010).

As condições de cristalização ou recristalização da água podem ser afetadas pela T_g' (temperatura de transição vítrea da fração maximamente crioconcentrada) que, por sua vez, também é influenciada pela composição da calda. Segundo Goff, Caldwell e Stanley (1993), a T_g' de sorvetes pode variar de -23°C a -43°C dependendo da formulação. Na transição vítrea, o material apresenta alta viscosidade (em torno de 1012 Pa.s), sendo caracterizado como um estado metaestável (LEVINE; SLADE, 1988). O armazenamento de *sherbets* em temperaturas abaixo de T_g' resultaria em não recristalização da água, porém,

este procedimento é impraticável. Sorvetes normalmente são armazenados em temperaturas (-10°C a -20°C) acima do ponto de transição vítrea. Além da T_g , a fração de água não congelada pode influenciar a recristalização da água em virtude de flutuações de temperatura durante o armazenamento (GOFF, 2003). Esta recristalização é minimizada ao se conseguir manter uma temperatura de estocagem baixa e constante.

A alta capacidade de retenção de água é uma das principais características desejáveis de alguns sistemas alimentícios tais como iogurtes, bebidas lácteas e sorvetes (FENNEMA, 1993).

2.6.1 Cristalização do gelo nos gelados comestíveis

De acordo com Garsid (1987), o processo de cristalização, inicialmente ocorre, com a formação de pequenos agregados cristalinos estáveis denominados núcleos ou embriões, em uma solução supersaturada submetida a uma taxa de resfriamento cujo processo se divide em nucleação primária e nucleação secundária.

Na nucleação primária, um número de partículas é gerado em regiões de elevada supersaturação em superfícies de resfriamento e nas zonas de ebulição. Na nucleação primária, o surgimento de novas partículas ocorre sem a influência de qualquer interferente, como a presença de sólidos diversos, a parede do equipamento ou partículas diminutas de qualquer natureza. A nucleação primária é resultado de oscilações locais de dimensões em uma fase homogênea, e o seu acontecimento está baseado na união de moléculas ou partículas formando aglomerados. Na nucleação secundária, a presença de um cristal na solução supersaturada induz à formação de mais cristais que não se formariam espontaneamente. A taxa de nucleação de produtos alimentícios depende da supersaturação, da temperatura, da energia oriunda do processo de agitação e do

nível de impurezas ou aditivos presentes na formulação do alimento. Para o crescimento dos cristais a partir de uma solução, ocorre primeiro o transporte do soluto da solução supersaturada para a vizinhança da superfície do cristal. Logo após, desenvolvem-se alguns processos na superfície do cristal, provavelmente envolvendo a adsorção na camada superficial, seguida pela orientação de moléculas ao cristal e, finalmente, a dissipação de calor de cristalização liberada na superfície do cristal (GARSID, 1987).

Segundo Guegov (1981), na cristalização, condições favoráveis são alcançadas para agregação em um arranjo ordenado de um grupo de moléculas, formando partículas chamadas núcleos de cristalização. Tais condições são determinadas pela correlação entre temperatura, velocidade de resfriamento, concentração dos solutos e magnitude das forças, orientando as moléculas no líquido. Dois tipos de cristalização primária podem ocorrer: a homogênea e a heterogênea (catalítica).

Os centros de cristalização homogêneos são formados durante uma agregação aleatória de moléculas de água em estruturas de gelo acima de um tamanho crítico. A nucleação homogênea é aquele processo no qual agregados de moléculas surgem espontaneamente por flutuações de densidades aleatórias. Em termos termodinâmicos, o ponto de equilíbrio do congelamento ($T_e = 273,16\text{K}$) indica a temperatura em que as energias livres de Gibbs (potencial químico) das fases líquidas e sólidas (gelo) são as mesmas (GUEGOV, 1981).

A nucleação heterogênea ocorre quando partículas sólidas atuam como sítios para a formação do cristal. A presença de uma superfície ativa de uma partícula dentro do sistema introduz uma região de energia livre superficial que aumenta a probabilidade de formação de um agregado de dimensões críticas. Normalmente, tais partículas são substâncias que são insolúveis em água, e o tamanho, localização e características moleculares determinam o caráter de formação do gelo, visto que o número de moléculas de água que necessitam de

ordenação inicial é mais baixo, e a temperatura de nucleação é mais alta que aquela da nucleação homogênea (COSTA, 2008).

A cristalização, de acordo com McCabe, Smith e Harriot (1993), é um processo de formação de partículas sólidas dentro de uma fase homogênea que pode ocorrer a partir do vapor de um líquido em fusão ou de uma solução, cujo processo pode ser caracterizado pela formação de um espectro de partículas cristalinas de diferentes tamanhos. Segundo Aguilera e Stanley (1990), a estrutura dos sólidos pode variar das formas simples (amorfas) às mais complexas (cristalinos). A diferença entre um sólido cristalino e um sólido amorfo está nas condições geométricas dadas pelas ligações e ao acondicionamento dos átomos e moléculas, formando o retículo cristalino.

A fase amorfa presente no sorvete ou *sherbets* é, basicamente, formada por uma solução supersaturada composta de açúcares, proteínas e minerais. Fennema (1997) descreve que o sólido amorfo não possui forma geométrica natural e sua estrutura interna é irregular como as partículas distribuídas nos líquidos. Os sólidos amorfos são considerados como líquidos sobrefundidos e se caracterizam, principalmente pela falta de temperatura nítida de fusão e pela invariabilidade das propriedades com a mudança de direção (isotropia).

A fase cristalina presente em *sherbets* é composta por cristais de gelo formados a partir da separação da água pura da solução supersaturada que compõe o sorvete. Segundo McCabe, Smith e Harriot (1993), o cristal é o tipo de matéria inanimado mais organizado e constitui o estado mais estável, possuindo menor energia livre. Os sólidos cristalinos se classificam em cinco tipos principais: os metais, formados de átomos de elementos eletropositivos; os cristais iônicos, formados por combinações dos elementos altamente eletropositivos e eletronegativos; os cristais de valência, estabilizados pelos pares de elétrons compartilhados das ligações interatômica; os semicondutores e os cristais moleculares, como o gelo.

Jancic e Grootsholten (1984) enfatizam que, para ocorrer uma mudança de estado, deve ser fornecida energia suficiente para romper a barreira desse estado, e uma subsequente mudança para um estado de energia mais baixo deve acontecer. Na etapa de cristalização, a barreira de energia a ser vencida é a necessária à nucleação, e o estado de energia mais baixo é alcançado com o crescimento dos cristais.

Compreender os mecanismos responsáveis para produzir os cristais discoidais encontrados nos gelados comestíveis ajudará aos fabricantes a preverem como as mudanças do processamento e da formulação afetarão seu produto. Porque a mistura do gelado é opaca, não foi ainda possível observar “in situ” a cristalização do gelo. Os estudos até agora, conseqüentemente, usaram análogos ou relacionaram efeitos observados a um suposto mecanismo. Ainda assim, alguns elementos do mecanismo da cristalização são bem aceitados. Por causa do grande resfriamento na parede do congelador, núcleos do gelo lá se formam antes de serem varridos para o volume central do congelador de superfície raspada. No volume, o calor e transferência maciça fazem com que alguns cristais derretam e outros cresçam. Antes do sorvete alcançar a saída do congelador, os cristais de gelo transformaram-se em discos pequenos, arredondados (COOK; HARTEL, 2010).

2.7 Características estruturais dos gelados comestíveis

As características dos gelados comestíveis como o sorvete e o *sherbet* estão diretamente relacionadas com a formulação (ingredientes), a estrutura da espuma, o tamanho e a morfologia das bolhas de ar e dos cristais de gelo incorporados ao produto (CHANG; HARTEL, 2002; COSTA, 2006).

O tamanho médio dos cristais de gelo, de açúcar e as bolhas de ar presentes no sorvete ou *sherbet*, recomendado por Goff, Verespej e Smith

(1999), deve ser de 20 a 50 μ m de diâmetro. De acordo com Donhowe e Hartel (1996), o tamanho médio dos cristais de gelo pode ser afetado pelo fenômeno de recristalização, o qual está diretamente relacionado com a quantidade e a qualidade dos estabilizantes adicionados e as oscilações de temperatura durante o transporte e a armazenagem.

2.8 Incorporação de ar (*overrun*)

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 (PEREIRA, 2010).

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).

As principais funções do ar na estrutura do sorvete ou *sherbet* são: a) tornar sua textura mais leve e suave. Um sorvete ou *sherbet* 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 ao derretimento (CLARKE, 2004; KOXHOLT; EISENMANN; HINRICHS, 2001; SOFJAN; HARTEL, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Todas as etapas e metodologias utilizadas estão descritas a seguir.

3.1 Localização do experimento

As preparações das misturas base (ETAPA I) foram realizadas no Instituto de Laticínios Cândido Tostes na cidade de Juiz de fora, MG. Estas foram acondicionadas em vasilhames de 5 L que foram colocados em caixa de poliestireno expandido contendo gelo e transportada para cidade de Lavras, M. G.

As fabricações dos *sherbets* (ETAPA II) foram conduzidas no Setor de Laticínios da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os testes sensoriais foram desenvolvidos no Departamento de Ciência dos Alimentos (Laboratório de Análise Sensorial – UFLA). As análises reológicas e microestruturais foram conduzidas no Laboratório de Refrigeração de Alimentos. As análises químicas no Laboratório de Laticínios e Laboratório de Produtos Vegetais, do Departamento de Ciência dos Alimentos (UFLA) e as análises térmicas no Departamento de Química da UFLA.

3.2 Formulações dos *sherbets*

As formulações foram divididas em duas fases: a primeira fase (fase I) foi composta por cinco formulações de *sherbets* adicionadas de diferentes concentrações de polpa de uvaia. A segunda fase (fase II) foi composta por onze formulações e mais um controle para analisar por delineamento composto central rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta as variáveis envolvidas nas análises sensoriais, as relativas às composições químicas e

físicas, temperaturas de congelamento e de derretimento, incorporação de ar (overrun) e taxa de derretimento.

3.2.1 Formulação dos sherbets da fase I

Para se determinar a porcentagem ideal de polpa a ser adicionada estas formulações foram preparadas com as percentagens de 15, 20, 25, 30 e 35% de polpa pura em relação à mistura base.

Sua formulação básica foi constituída de 2% de gordura de origem láctea (creme de leite, 60 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 4% de sólidos totais desengordurados do leite ou MSNF (leite em pó desnatado, 95 % de sólidos, Cosulati, Pelotas, Brasil), 14% de sacarose (Companhia União, São Paulo, Brasil), 10 % de xarope de milho seco (38 DE, Corn Products, São Paulo, Brasil) e 1 % de *mix* estabilizante e emulsificante (Starmix Premium®, Kerry Brasil, Campinas, Brasil).

3.2.2 Produção dos sherbets

A produção (ETAPA I) e maturação dos *sherbets* (ETAPA II) das fases I e II foram realizadas em batelada conforme mostrado na Figura 1 (ARBUCKLE, 1977). Os ingredientes foram dispersos, sob agitação (3500 rpm) em água previamente aquecida a 50 °C usando um liquidificador industrial. A mistura foi, então, pasteurizada em uma panela com haste rotativa a 72 °C/30 minutos e depois homogeneizada em um processo de dois estágios (Manton-Gaulin DJ4, MantonGaulin Manufacturing Company, Everett, USA) a 17,5 e 2,5 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 formulações foram submetidas às mesmas condições de congelamento,

em uma produtora descontínua horizontal (Refrigás, Bauru, Brasil), com tempo de batimento de 5 minutos. Os *sherbets* foram acondicionados em embalagens de 1Kg para as análises sensoriais e de 50g para as demais análises. Todas as embalagens foram colocadas em uma câmara de frigorífica a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas por 48 horas para completar a fase de endurecimento.

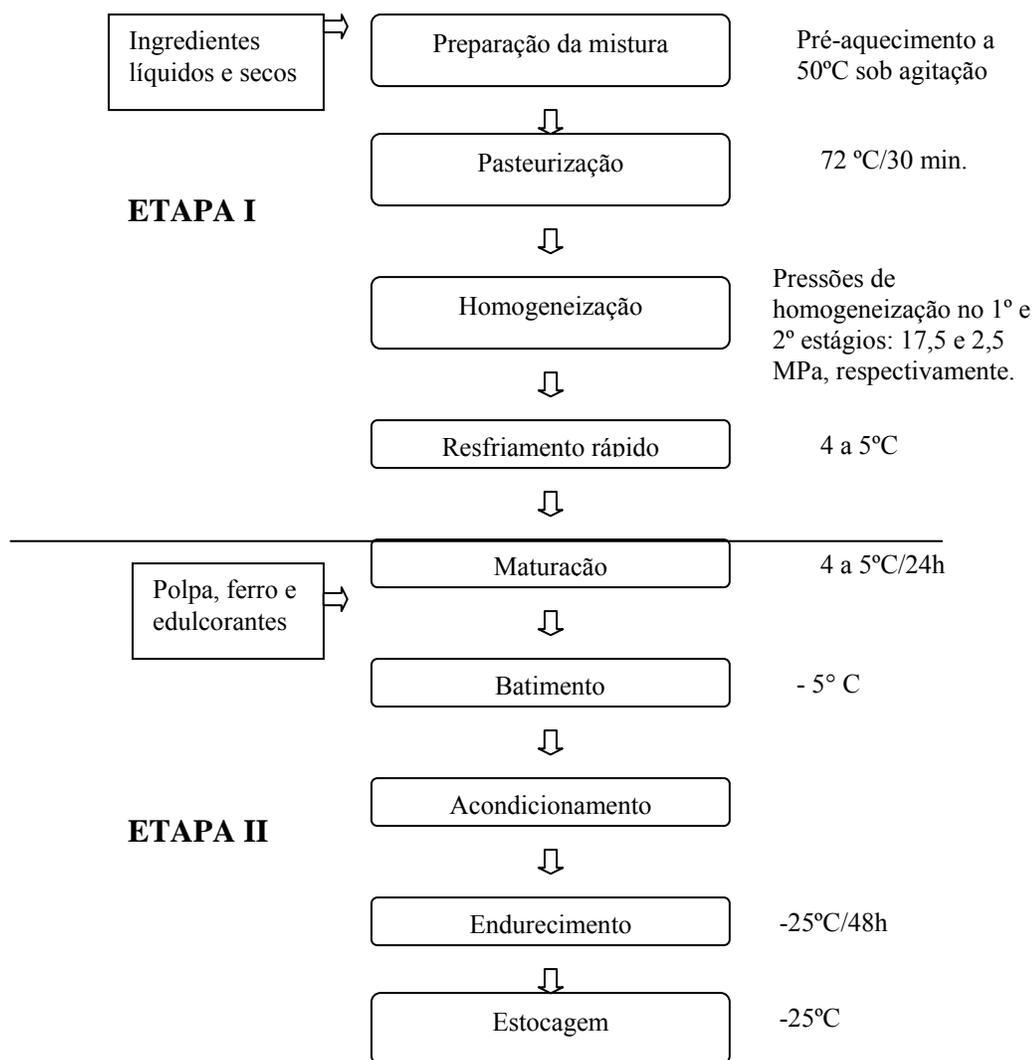


Figura 2 Fluxograma de fabricação dos *sherbets* das fases I e II
Fonte: Adaptado de Arbuckle (1977)

3.2.3 Análise sensorial teste de escala ideal (fase 1)

Foram realizados testes com escala ideal (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; MIRIN, 2006) para verificar qual a porcentagem de polpa de uvaia seria adicionada às formulações de *sherbets*. Assim os *sherbets* foram preparado com as porcentagens de 15, 20, 25, 30 e 35% de polpa pura em relação à mistura base.

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial, nos quais 100 consumidores avaliaram o quanto ideal estavam as cinco formulações de *sherbet* de uvaia (15, 20, 25, 30 e 35 %).

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 e acondicionadas em suportes de isopor para se retardar o derretimento. Padronizou-se uma faixa de temperatura adequada para o *sherbet* de -8 a -10 °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. O modelo de ficha de avaliação encontra-se no anexo A.

3.2.3.1 Análise estatística

O experimento foi conduzido em blocos completos casualizados, em que cada provador representou um bloco e 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 FOUNDATION, 2007).

3.2.4 Formulações dos sherbets da fase II

Após a definição da porcentagem de polpa (fase I) foram preparados *sherbets* com diferentes concentrações de ferro quelato (*Iron Taste Free*[®] (19% Fe) 3462 *Albitech Nutritionals*) e diferentes níveis de substituição da sacarose por sucralose (*SPLENDA*[®] sucralose-micronizada *Tate&Lyle*) e o *sherbet* controle (fase 2).

Sua formulação básica foi constituída de 2% de gordura de origem láctea (creme de leite, 60 % de gordura, Laticínios Verde Campo, Lavras, Brasil), 4% de sólidos totais desengordurados do leite ou MSNF (leite em pó desnatado, 95 % de sólidos, Cosulati, Pelotas, Brasil), 0,84% de sacarose (Companhia União, São Paulo, Brasil), 10 % de xarope de milho seco (38 DE, Corn Products, São Paulo, Brasil), 1 % de *mix* estabilizante e emulsificante (*Starmix Premium*[®], Kerry Brasil, Campinas, Brasil), 25% de polpa de uvaia e 28,84% de água. Após a adição da sacarose e do ferro foi realizado o balanço de massa para 4.000 g de mistura pronta para o *sherbet light* fortificado com diferentes concentrações de ferro, adicionando-se água até o total de 42,84% para a amostra contendo o máximo de substituição da sacarose por sucralose.

A Tabela 2 mostra as formulações que foram estabelecidas para a obtenção da melhor concentração na fortificação com ferro dentro dos valores de Ingestão Diária Recomendada (IDR) de ferro adotados no Brasil que é de 8 a 16 mg/100g com 10% de biodisponibilidade (BRASIL, 2005b). A Tabela 2 também mostra a substituição da sacarose por sucralose com o propósito de se obter o nível de substituição na faixa de 60 a 100% que corresponde ao desenvolvimento de produtos classificados como “*light*” e os níveis de fortificação com ferro estabelecidos para o DCCR.

Tabela 2 Formulações da fortificação com ferro e substituição da sacarose por sucralose para 4 kg de *sherbet*

For.	DCCR		Ferro	Sucral.	Sacarose
	Fe	Sucr.			
1	-1	-1	10 mg – 7,60 g	0,6533 g	10% - 56,0 g
2	+1	-1	14 mg – 10,64 g	0,6533 g	10% - 56,0 g
3	-1	+1	10 mg – 7,60 g	0,8399 g	30% - 168,0 g
4	+1	+1	14 mg – 10,64 g	0,8399 g	30% - 168,0 g
5	-1,41	0	9 mg – 6,84 g	0,7466 g	20% - 112,0 g
6	+1,41	0	15 mg – 11,40 g	0,7466 g	20% - 112,0 g
7	0	-1,41	12 mg – 9,12 g	0,6159 g	6% - 33,6 g
8	0	+1,41	12 mg – 9,12 g	0,8773 g	34% - 178,2 g
9	0	0	12 mg – 9,12 g	0,7466 g	20% - 112,0 g
10	0	0	12 mg – 9,12 g	0,7466 g	20% - 112,0 g
11	0	0	12 mg – 9,12 g	0,7466 g	20% - 112,0 g
12	-	-	-	-	100% - 560,0 g

3.2.5 Teste de aceitação e intenção de compra (fase II)

A avaliação sensorial dos *sherbets* da fase II foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, com a participação de 65 provadores não treinados. As amostras referentes aos onze formulações foram apresentadas em copos plásticos de 50 mL, acondicionadas em suportes de poliestireno expandido de seis seções codificados com números aleatórios de três dígitos, sendo cada amostra constituída de 30 g de *sherbet*, 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 se encontra no anexo C.

3.2.5.1 Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento composto central rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta, sendo avaliado o efeito da substituição da sacarose por sucralose e da fortificação com ferro. Os resultados foram analisados por superfície de resposta e comprovado através do programa PARAFAC (*Parallel Factor Analysis*) (NUNES; PINHEIRO; BASTOS, 2011).

3.3 Características químicas e físicas do *sherbet* (fase II)

As características químicas e físicas foram determinadas por meio de métodos reconhecidos internacionalmente e descritos a seguir.

3.3.1 pH

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

3.3.2 Sólidos totais

Os sólidos totais dos *sherbets* foram quantificados por método gravimétrico em decorrência da perda de umidade em estufa a 105 °C, até peso

constante, segundo técnica descrita por BRASIL (2006) e ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC (2005).

3.3.4 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 o cálculo da concentração de proteína.

3.3.5 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).

3.3.6 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.

3.3.7 Valor calórico

O valor calórico foi calculado de acordo com técnica descrita pela ANVISA (2005).

3.3.8 Comportamento reológico

As medidas reológicas das amostras de cada formulação foram feitas logo após a mistura do ferro, sacarose e sucralose e também dos *sherbets* após o congelamento, estocagem e derretimento. Estas 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 e de estocagem após o congelamento. As amostras foram submetidas a uma rampa crescente de taxa de deformação que variou linearmente de 1,59 a 4,88 (s⁻¹), durante 18 minutos de ensaio, sendo tomados 20 pontos. Esta faixa foi definida com base nos valores correspondentes a valores de torque de 10 a 90 % conforme recomendado pelo fabricante.

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.

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

em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa), k = índice de consistência (Pa.s), $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s⁻¹) e n = índice de fluxo.

3.3.9 *Overrun*

Foi avaliada a capacidade de incorporação de ar de cada formulação. O tempo em que a mistura ficou na produtora foi fixado em 5 minutos para todas as formulações. O *overrun* foi determinado de acordo com o método descrito por Whelan et al. (2008). Volumes iguais (50 mL) de mistura base antes do batimento e de *sherbet* após o batimento recolhidos na saída da produtora foram pesados e o *overrun* foi calculado conforme a Equação 2:

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

3.3.10 Temperaturas de congelamento e de derretimento

As temperaturas de congelamento e de derretimento foram determinadas, usando-se um calorímetro diferencial de varredura (DSC-60A, Shimadzu, Tokyo, Japan) conectado a um computador para a formulação simultânea 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 das amostras foram transferidas para placas de aço inoxidável que, em seguida, foram hermeticamente fechadas. Uma placa vazia foi tomada como referência. O protocolo de temperatura utilizado foi o seguinte: as amostras foram equilibradas a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e congeladas até $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ estabilizadas e aquecidas de $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a uma taxa de $3 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$.

3.3.11 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 *sherbet* (51 g) foram removidas dos potes em que estavam contidas e colocadas em uma peneira de aço (abertura de 0,3 cm x 0,3 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 reportado a cada 5 minutos durante um intervalo de 100 minutos e o peso de material derretido foi graficado em função do tempo, sendo considerados os tempos de 45 e 90 minutos (PEREIRA et. al., 2011). Os *sherbets* foram fotografados com uma máquina digital (DCS-W110-Cyber-shot 7.2 mega pixels, Sony Corp., USA) a partir do tempo de 20 min. e a cada 10 min. até o tempo de 100 min.

Para se verificar visualmente a diferença entre o tamanho dos cristais de gelo da formulação central (12 mg ferro e 20% de sacarose) e o controle, amostras de *sherbet* 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 *sherbet*. 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 $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ (PEREIRA et al. 2011; COSTA, 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).

3.3.11.1 Análise estatística

Os resultados foram analisados em um gráfico representativo em relação ao controle em função do tempo e os efeitos das concentrações nas formulações estabelecidas foram analisados por delineamento composto central rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são demonstrados e discutidos a seguir.

4.1 Análise Sensorial Teste da Escala do Ideal

O teste de escala do ideal foi realizado com 100 provadores entre docentes, técnicos administrativos e alunos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, com faixa etária entre 18 e 60 anos sendo 64% do gênero feminino e 36% do gênero masculino.

As figuras 3 e 4 demonstram o resultado encontrado para a formulação ideal de polpa de uvaia.

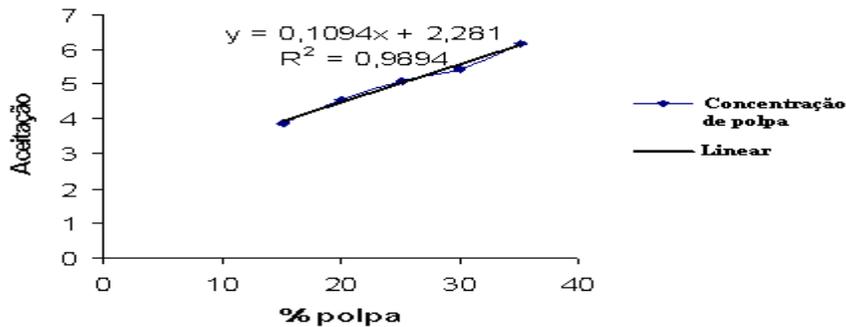


Figura 3 Regressão linear para teor de polpa de uvaia

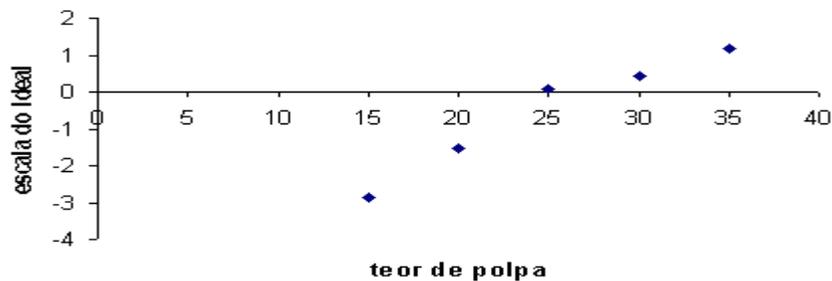


Figura 4 Escala do ideal para concentração de polpa de uvaia

Pode-se observar pela Figura 4 que a mistura base contendo 25% de polpa de uvaia foi a preferida pelos consumidores (ANEXO B).

4.2 Teste de aceitação e intenção de compra

Após a obtenção do ideal de polpa a ser utilizado foi realizado o teste de aceitação e intenção de compra com 65 provadores no mesmo local e com o mesmo universo de pessoas do teste de escala do ideal. Os dados foram analisados por superfície de resposta e utilizado o PARAFAC (*Parallel Factor Analysis*) (NUNES et al., 2011) que é um dos métodos de decomposição para dados multidimensionais e pode ser considerado uma generalização da análise de componentes principais (PCA) para dados de ordem superior que une todas as formulações com todos atributos para comprovação dos resultados.

Os dados de aparência, sabor e textura foram submetidos às análises de regressão conforme o DCCR proposto e os sumários dos resultados estão mostrados na tabela 3.

Tabela 3 Sumário dos resultados para aparência, sabor e textura atribuídos por provadores às formulações dos *sherbets* em função das concentrações de sacarose e ferro

Fonte	Aparência		Sabor		Textura	
	Coefic.	p	Coefic.	p	Coefic.	p
Intercepto	6,061	0,000	6,278	0,000	5,476	0,000
Ferro(mg)	0,025	0,813	-0,074	0,353	-0,075	0,332
Ferro ² (mg)	0,028	0,828	0,205	0,063*	0,104	0,266
Sacarose(%)	0,108	0,334	0,123	0,149	0,165	0,065*
Sacarose ² (%)	0,047	0,714	0,035	0,703	0,024	0,789
Ferro * Sac.	0,073	0,632	0,012	0,915	0,073	0,493

R^2	$R^2 = 0,246$	$R^2 = 0,660$	$R^2 = 0,639$
-------	---------------	---------------	---------------

*Significativo com $p < 0,10$

Pode-se verificar que no atributo aparência nenhum dos parâmetros analisados foi significativo não podendo ser relacionados às variações das concentrações de sacarose e ferro.

No atributo sabor houve significância em relação à fortificação com ferro no R^2 em que os extremos obtiveram melhor resultado. Este resultado demonstra que na menor concentração bem como na maior concentração o ferro trouxe boa aceitação por parte dos consumidores adultos.

Também no atributo textura, a sacarose linear foi significativa, pois sua característica microestrutural causa o aumento da viscosidade e diminui a taxa de difusão de gás entre as bolhas de ar retardando o desproporcionamento (PEREIRA, 2010), no entanto o $R^2=63,85\%$ é muito baixo o que também impossibilita o ajuste de um bom modelo.

A Tabela 4 mostra os resultados das análises para os parâmetros impressão global (IG) e intenção de compra (IC) também avaliados na análise sensorial.

Tabela 4 Sumário das análises de regressão para impressão global (IG) e intenção de compra (IC) atribuídos pelos provadores às formulações de *sherbets* em função das concentrações de sacarose e ferro

Fonte	IG		IC	
	Coefficientes	p	Coefficientes	p
Intercepto	6,041	0,000	3,195	0,000
Ferro (mg)	-0,099	0,194	-0,065	0,277
Ferro ² (mg)	0,135	0,148	0,051	0,454
Sacarose(%)	0,103	0,179	0,103	0,111
Sacarose ² (%)	-0,012	0,881	0,029	0,671
Ferro * Sac.	0,050	0,617	0,027	0,734

R^2	$R^2 = 0,626$	$R^2 = 0,548$
-------	---------------	---------------

Os resultados dos coeficientes da determinação (R^2) mostrados na Tabela 4 indicaram significativa falta de ajuste e as superfícies de resposta não puderam ser obtidas.

Na impressão global e na intenção de compra não houve significância em ambos os atributos.

Tais resultados comprovam que existe interação entre o ferro e a sacarose melhorando os aspectos mais importantes de um *sherbet*.

Na figura 5 está representado o PARAFAC. Pode-se notar que existe uma pequena tendência de concentração dos pontos em torno da formulação 4 contendo 14 mg de ferro e 10% de sacarose mas não foi comprovado como estatisticamente significativo através das análises por superfície de resposta.

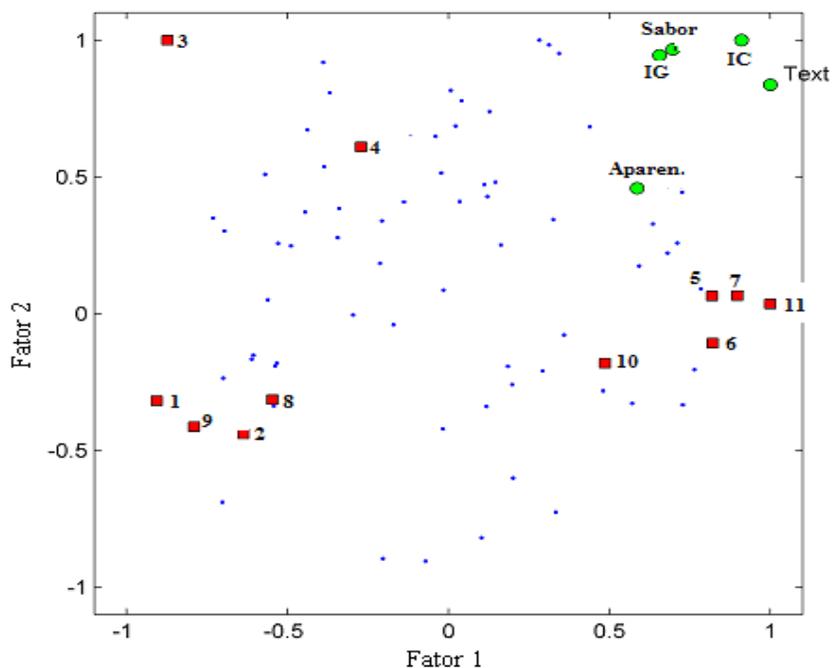


Figura 5 PARAFAC dos atributos sensoriais em relação às formulações de *sherbet* de uvaia com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro

Cada ponto representa um consumidor em relação a todos os atributos sensoriais estudados. Verifica-se que existe uma distribuição geral dos provadores sendo que nenhum atributo obteve uma significativa aglomeração de provadores em seu entorno.

Apesar do desconhecimento dos consumidores brasileiros do produto *sherbet* pode-se afirmar que o produto obteve uma boa aceitação e a melhora de atributos como a textura resultariam em uma opção do produto no mercado brasileiro, verificado pela sua intenção de compra.

4.3 Análises físicas e químicas da mistura base de *sherbet*

A Tabela 5 mostra os resultados para as análises de composição química, pH, acidez e valor calórico para todas as formulações testadas. Os critérios usados para avaliar estes dados experimentais foram a significância das estimativas dos parâmetros (nível de confiança de 90%) e os coeficientes de determinação ($R^2 > 75\%$) entre as respostas observadas e os valores estimados para o modelo ajustado. Os valores de R^2 para os parâmetros cinzas, proteína bruta e acidez mostrados na Tabela 5 indicam significativa falta de ajuste não sendo possível a construção das superfícies de resposta.

Tabela 5 Composição física e química e valor calórico das formulações de *sherbet* de uvaia com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro

Form.	pH	% S.T.*	% Cinzas	% P. B.*	Acidez**	% Carboidrato	Valor calórico**
1	4,21	18,43	0,43	2,73	0,58	13,23	82,11
2	4,24	18,4	0,44	2,69	0,57	13,31	81,28
3	4,39	15,42	0,43	2,64	0,57	10,38	69,81
4	4,41	15,75	0,49	2,86	0,54	10,31	71,4
5	4,26	17,15	0,51	2,74	0,53	11,96	76,35
6	4,32	17,19	0,51	2,77	0,54	11,86	77,06
7	4,35	17,00	0,43	2,71	0,54	11,87	76,23
8	4,39	16,86	0,43	2,66	0,54	11,78	75,76
9	4,31	16,89	0,52	2,69	0,56	11,71	75,42
10	4,19	18,94	0,5	2,73	0,54	13,74	83,61
11	4,46	15,09	0,52	2,67	0,53	9,82	68,77
12	4,06	26,7	0,24	2,63	0,54	21,82	115,8
R ²	0,89	0,99	0,47	0,69	0,45	0,99	0,99

* S.T. – sólidos totais; P. B. – proteína bruta;

**Acidez - % de ácido láctico / 100g; Valor calórico - kcal / 100g.

Os valores de R² medem a proporção da variável dependente que é explicada pela variável independente. Na Tabela 5, os valores de R² indicam que menos do que 75% da variação observada no teor de cinzas, proteína bruta e acidez podem se relacionadas às variações nas concentrações de ferro e sacarose.

Os resultados das análises de regressão dos valores de pH, sólidos totais, teor de carboidratos e valores calóricos das formulações com sacarose e fortificação com ferro estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Sumário das análises de regressão para o pH, sólidos totais, teor de carboidratos e valores calóricos das formulações de *sherbet* com substituição da sacarose e fortificados com ferro

Respost	pH		Sólidos totais		Carboidratos		Valor calórico	
	Coef.	p	Coef.	p	Coef.	p	Coef.	p
intercep	4,310	0,000	17,113	0,000	11,896	0,000	76,546	0,000
Fe.(mg)	-0,079	0,621	0,043	0,231	-0,011	0,657	0,035	0,823
Fe. ² (mg)	0,0137	0,476	-0,106	0,037*	-0,065	0,070*	-0,414	0,068*
Sac.(%)	-0,092	0,002*	1,390	0,000*	1,426	0,000*	5,404	0,000*
Sac. ² (%)	0,0012	0,950	-0,035*	0,391	-0,047	0,155	-0,113	0,556
Fe.*Sac.	0,0025	0,910	-0,090	0,099*	0,0375	0,311	-0,605	0,035*
R ²	0,885		0,990		0,998		0,996	

* Significativo com $p < 0,10$

A Tabela 6 mostra que a concentração de sacarose tem um efeito negativo significativo sobre a forma linear do modelo proposto para descrever a resposta da variação de pH das formulações. Este comportamento pode ser visualizado na superfície de resposta na Figura 6. A Figura 6 mostra que o valor do pH aumenta com o aumento do nível de substituição da sacarose por sucralose. Tal resultado pode ser explicado pela concentração de solutos que diminui, pois para o acerto do volume final a quantidade de solvente (água) foi aumentada. Isto ocasiona uma maior diluição pela substituição da parte de sacarose por peso em água, já que o peso da sucralose para se atingir o mesmo dulçor da sacarose é 600 vezes menor.

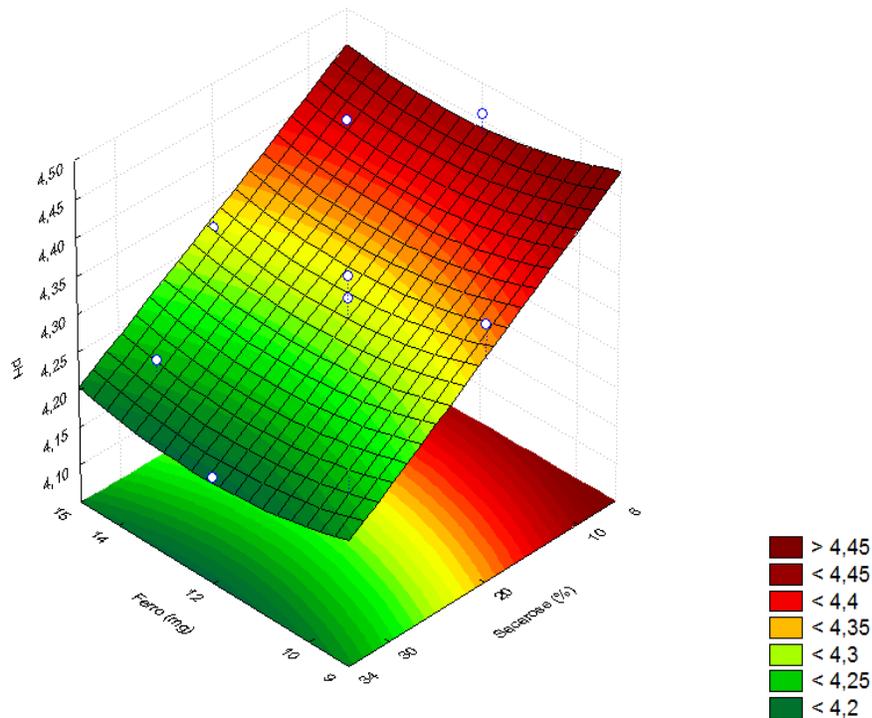


Figura 6 Resultados do pH como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de *sherbet* com substituição da sacarose e fortificados com ferro. ($R^2 = 0,885$)

A Tabela 6 também mostra que a sacarose tem um efeito positivo significativo sobre a forma linear, a concentração de ferro tem um efeito negativo sobre a forma quadrática e a interação entre estes fatores tem um efeito negativo no modelo proposto para representar a resposta da variação do teor de sólidos totais nas formulações de *sherbets* testadas. A Figura 7 mostra a variação do teor de sólidos totais em função dos níveis de substituição da sacarose por sucralose e das concentrações de ferro usadas nas formulações. A Figura 7 também mostra que o aumento da concentração de ferro para a fortificação dos *sherbets* aumenta o teor de sólidos totais sendo este aumento amenizado para concentrações acima de 12 mg de ferro.

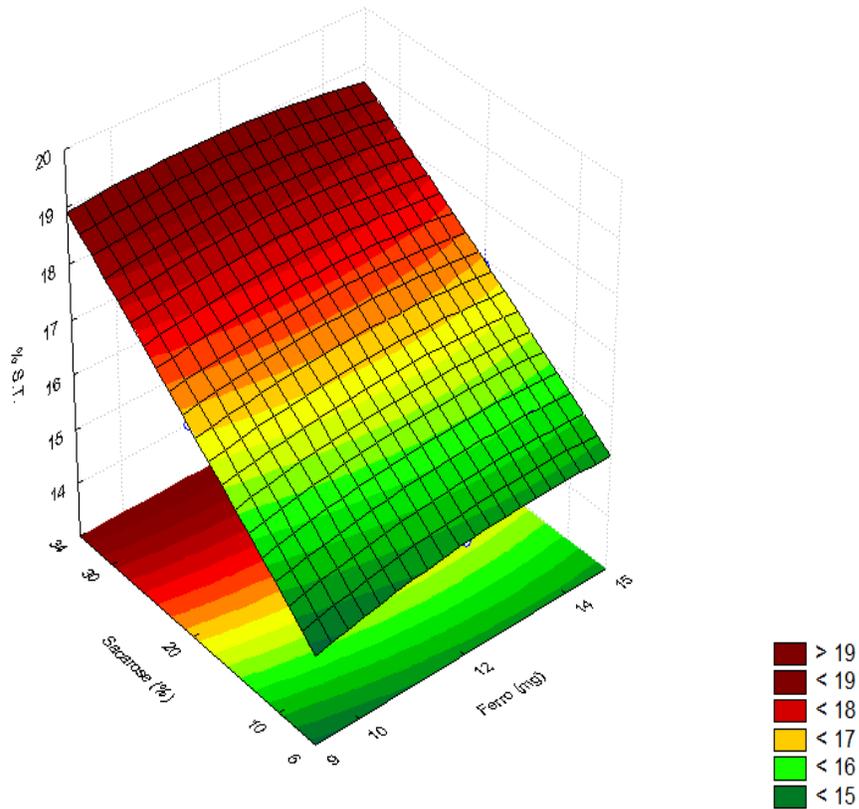


Figura 7 Resultados do teor de sólidos totais como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de *sherbet* com substituição da sacarose e fortificados com ferro. ($R^2 = 0,990$)

Nestas concentrações é possível verificar os efeitos interativos dos fatores com pontos máximos nos extremos da superfície e mínimos nos pontos centrais de concentrações de ferro.

Comportamento semelhante ao observado para o teor de sólidos totais pode ser verificado nas análises de regressão para o teor de carboidratos (Figura 8).

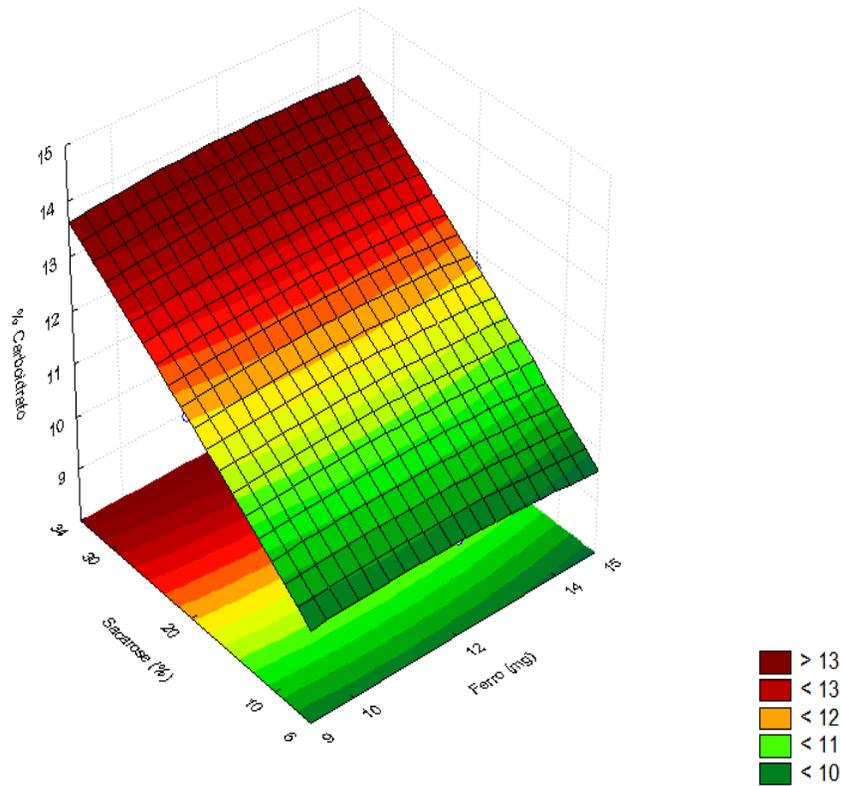


Figura 8 Resultados do teor de carboidratos como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de *sherbet* com substituição da sacarose e fortificados com ferro ($R^2 = 0,998$)

Neste caso a maior concentração de sacarose com efeitos positivos e significativos na forma linear do modelo usado para construir a superfície de resposta e a maior concentração de ferro com efeito negativo na forma quadrática do modelo foram os fatores evidentes.

A Figura 9 mostra a superfície de resposta para o valor calórico das formulações cujos parâmetros das análises de regressão estão mostrados na Tabela 6. Os fatores significativos foram o nível de substituição de sacarose por sucralose, a concentração de ferro e a interação entre estes fatores.

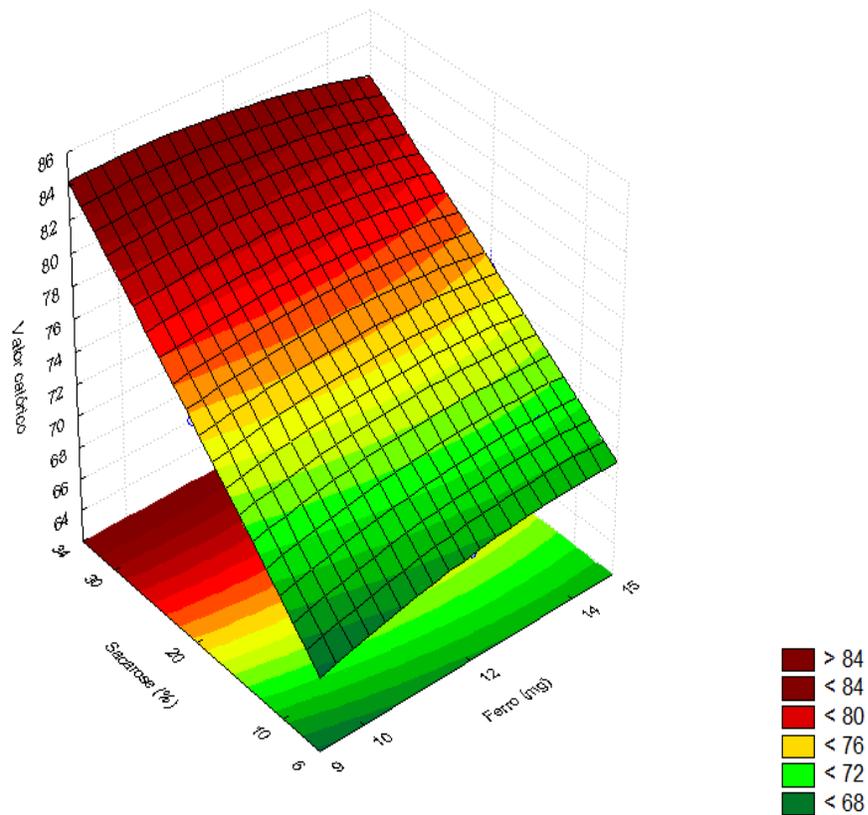


Figura 9 Resultados do valor calórico (Kcal/100g) como uma função das concentrações de sacarose e ferro das formulações de *sherbet* com substituição da sacarose e fortificados com ferro ($R^2 = 0,996$)

A superfície da Figura 9 mostra os pontos de mínimos valores calóricos com concentrações de ferro em torno de 12 mg. Isto significa que em torno desta concentração de ferro é possível obter formulações com menor valor calórico usando um percentual menor de substituição da sacarose por sucralose. Esta interação também é decorrente da interação entre os fatores concentração de sacarose e concentração de ferro.

4.4 Comportamento reológico

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 resultados dos parâmetros reológicos obtidos pelo ajuste dos dados experimentais aplicando o modelo da lei da potência para todas as formulações da mistura base estão mostradas na Tabela 7.

Tabela 7 Propriedades reológicas das formulações de *sherbets* com substituição da sacarose por sucralose e fortificadas com ferro

Formulação	Sacarose(%)	Ferro(mg)	n	K (Pas)	R ²
1	10	10	0,42119	0,69354	99,98
2	10	14	0,48119	0,47209	99,96
3	30	10	0,42117	0,69355	99,98
4	30	14	0,52239	0,38335	99,72
5	20	9	0,41629	0,61298	99,92
6	20	15	0,41718	0,61076	99,93
7	6	12	0,41548	0,6149	99,91
8	34	12	0,40042	0,8118	99,97
9	20	12	0,38911	0,71908	99,94
10	20	12	0,4682	0,46484	99,98
11	20	12	0,40234	0,83272	99,98
controle	100	0	0,48248	0,56566	99,83
R ² (DCCR)			R ² = 0,27	R ² = 0,29	

O modelo da lei da potência teve um bom ajuste, o que indicou que todas as formulações testadas tiveram comportamento pseudoplástico ($n < 1$). Nestes fluidos a tensão de cisalhamento aumenta e a viscosidade aparente diminuiu com a taxa de deformação.

A Tabela 8 mostra a análise de regressão para os valores de reologia das formulações de *sherbets* com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro.

Tabela 8 Sumário da análise de regressão para os valores de reologia das formulações de *sherbets* com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro

Fonte	n		K	
	Coefficiente	p	Coefficiente	p
Intercepto	0,419688	0,000026	0,672618	0,000991
Ferro (mg)	0,020370	0,294496	-0,067047	0,314193
Ferro ² (mg)	0,010885	0,622530	-0,056187	0,467721
Sacarose (%)	0,002501	0,891344	0,023683	0,709073
Sacarose ² (%)	0,006466	0,768063	-0,005143	0,945464
Ferro*Sacarose	0,010305	0,692344	-0,022188	0,803687
R ²	R ² = 0,27212		R ² = 0,29773	

Os resultados dos coeficientes da determinação (R²) mostrados na Tabela 8 indicaram significativa falta de ajuste e as superfícies de resposta não puderam ser obtidas.

No modelo da lei da potência K é o índice de consistência e n é um número adimensional que indica a proximidade da amostra com o comportamento Newtoniano (BOURNE, 1978).

Na Figura 10, estão representados os reogramas que relacionam a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação das misturas base de *sherbet* fortificados com 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose (Figura 10A) e 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro (Figura 10B). Fica evidente uma relação de não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação. Esta característica é típica de um comportamento não-Newtoniano pseudoplástico (CHHABRA E RICHARDSON, 2008; PEREIRA et al. 2010). A formulação controle mostrou um comportamento variando de valores semelhantes àqueles relativos a menor concentração de sacarose com baixas tensões de cisalhamento àqueles relativos a formulações com maiores concentrações de sacarose com altas tensões de cisalhamento, considerando a mesma concentração de ferro (12 mg) (Figura 10A) à maior viscosidade conferida pela sacarose não sendo significativa esta alteração para as misturas base estudadas.

A Figura 10B mostra que as tensões de cisalhamento da mistura base são mais altas quanto maior a concentração de ferro usada nas formulações considerando a mesma concentração de sacarose (20%).

Na Figura 11 estão mostradas as curvas que relacionam a viscosidade aparente e a taxa de deformação dos *sherbets* fortificados com 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose (Figura 11A) e 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro (Figura 11B).

Pela figura 11A observa-se que não houve grande diferença entre as viscosidades entre as formulações com maiores níveis de substituição de sacarose por sucralose e entre estes e o controle, a diferença maior na viscosidade inicial é atribuída a uma interação entre o ferro e a sucralose, pois as formulações contendo maiores quantidades de ferro e sucralose obtiveram viscosidades maiores que as demais proporcionalmente.

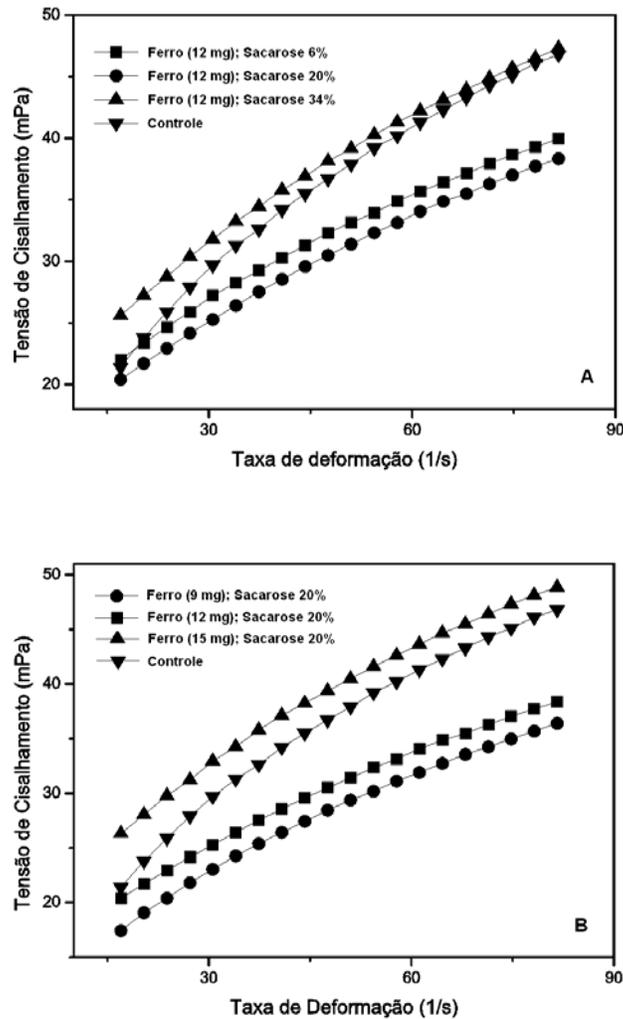


Figura 10 Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação das misturas base de *sherbet* fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro

A Figura 11B mostra que a viscosidade aparente da mistura base em função da taxa de deformação depende e é proporcional ao aumento de ferro nas formulações.

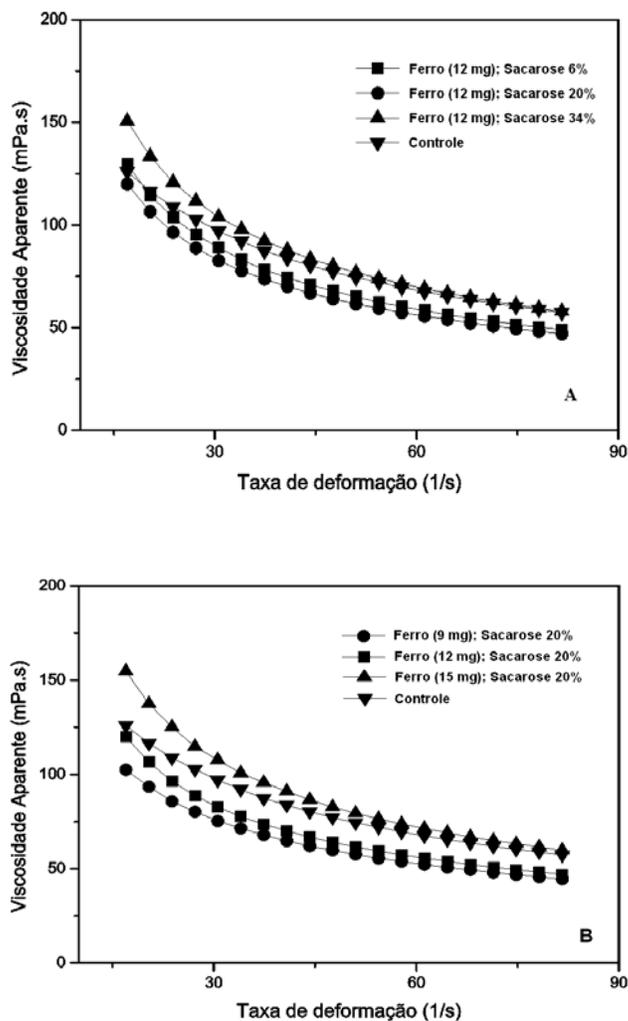


Figura 11 Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação dos *sherbets* fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro

Os resultados dos parâmetros reológicos obtidos pelo ajuste dos dados experimentais aplicando o modelo da lei da potência para todos os *sherbets* após o congelamento, armazenamento e derretimento estão mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 Propriedades reológicas das formulações dos *sherbets* após o congelamento, armazenamento e derretimento, com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro

Formulação	Sacarose(%)	Ferro(mg)	n	K (PA.s)	R ²
1	10	10	0,52	0,24	99,7
2	10	14	0,38	0,48	98,6
3	30	10	0,77	0,59	99,2
4	30	14	0,37	0,33	99,5
5	20	9	0,48	0,47	98,7
6	20	15	0,38	0,49	98,4
7	6	12	0,34	0,43	99,0
8	34	12	0,50	0,45	98,1
9	20	12	0,40	0,45	99,0
10	20	12	0,41	0,43	99,2
11	20	12	0,41	0,36	99,1
controle	100	0	0,59	0,52	97,9
R ² (DCCR)			R ² = 0,76	R ² = 0,81	

Observa-se que neste caso o índice de fluxo (n) bem como o índice de consistência (K) foram significativos demonstrando que houve uma mudança no comportamento reológico causado pelo batimento e resfriamento ocorrido na produtora.

A Figura 12 mostra a superfície de resposta para o índice de fluxo (n) e a Figura 13 mostra a superfície de resposta para o índice de consistência (K) para reologia das formulações dos *sherbets* após o congelamento, armazenamento e derretimento, cujos parâmetros das análises de regressão estão mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 Sumário da análise de regressão para os valores de reologia das formulações de *sherbets* após o congelamento, armazenamento e derretimento, com substituição da sacarose por sucralose e fortificados com ferro

Fonte	n		K	
	Coefficiente	p	Coefficiente	p
Intercepto	0,406330	0,000368	0,413553	0,000052
Ferro (mg)	-0,085379*	0,033137*	-0,001479	0,943456
Ferro ² (mg)	0,033255	0,384783	0,019521	0,447200
Sacarose (%)	0,058374	0,102697	0,031118	0,177601
Sacarose ² (%)	0,028225*	0,455762	-0,000599*	0,980791
Ferro*Sacarose	-0,065000*	0,176635	-0,120000*	0,007842*
R ²	R ² = 0,76383		R ² = 0,81178	

*Significativo com $p < 0,10$

Os fatores significativos foram a concentração de ferro para o índice de fluxo (n) e a interação entre a concentração de ferro e a concentração de sacarose para o índice de consistência (K). O resultado positivo do ferro linear para o índice de fluxo e também positivo para a interação entre a fortificação com ferro e a substituição da sacarose por sucralose foram promovidos pelo batimento concomitantemente com o resfriamento das formulações dos *sherbets*. As superfícies de respostas construídas são mostradas nas Figuras 12 e 13.

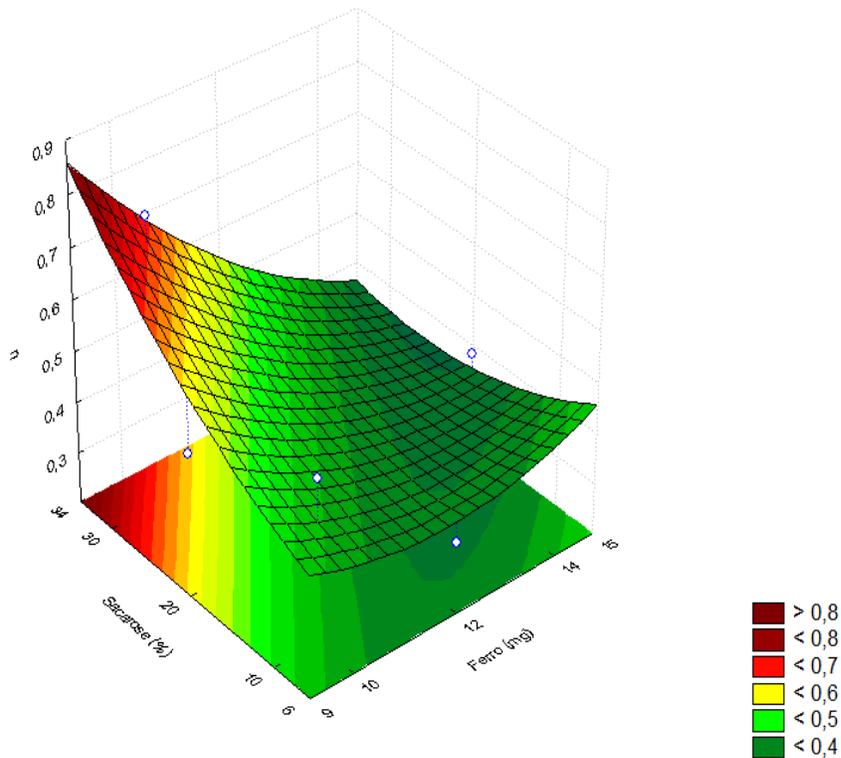


Figura 12 Resultados para *sherbets* congelados, armazenados e derretidos, para os valores do índice de fluxo (n) como uma função das concentrações de sacarose e ferro ($R^2 = 0,76$)

A Figura 12 mostra que os menores valores para índice de fluxo (n) são obtidos com as concentrações ao redor de 12 mg de ferro e com maiores níveis de substituição de sacarose por sucralose. Isto indica que nestas as formulações de *sherbets* derretidos, os sistemas se afastam do comportamento de fluido Newtoniano ($n=1$) com o aumento da pseudoplasticidade.

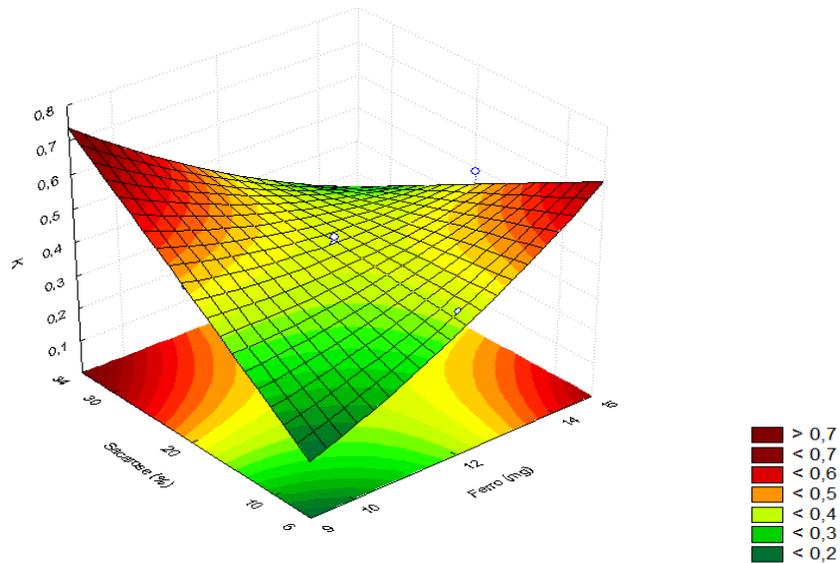


Figura 13 Resultados para *sherbets* congelados, armazenados e derretidos, para os valores do índice de consistência (K) como uma função das concentrações de sacarose e ferro ($R^2 = 0,81$)

A Figura 13 mostra que o índice de consistência (K) ou a viscosidade dos sistemas aumenta com o aumento das concentrações de sacarose e ferro nas formulações. A Figura 13 também mostra que em formulações onde em torno de 80% da sacarose é substituída por sucralose, o índice de consistência (K) não sofre grande variação quando se aumenta a concentração de ferro. Isto indica que com 80% de substituição da sacarose por sucralose é possível manipular, ou seja, existe liberdade de variação do nível de fortificação com ferro sem alterar as propriedades reológicas dos sistemas.

Na Figura 14A está representado o reograma que relaciona a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação das diferentes formulações. Os resultados mostrados na Figura 14B confirmam os comentários feitos anteriormente relativos à Figura 10 de que na concentração de 20% de sacarose o aumento da concentração de ferro não influencia os parâmetros reológicos.

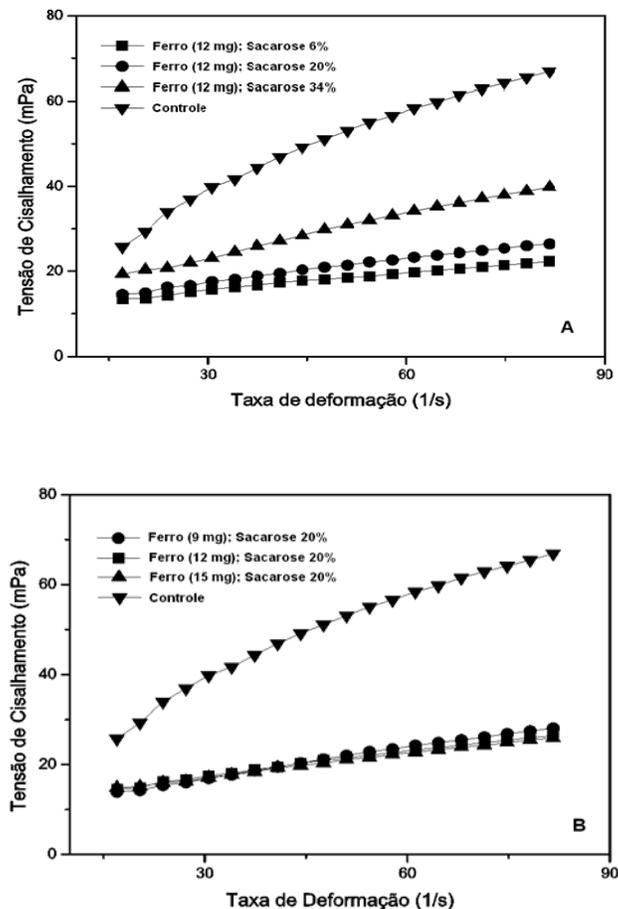


Figura 14 Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação dos *sherbets* fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro após congelamento, estocagem e derretimento

Observa-se que a formulação controle apresentou tensões de cisalhamento mais altas quando comparadas às formulações contendo fortificação com ferro e substituição da sacarose por sucralose. Neste caso a sacarose funciona como um agente de corpo na emulsão aumentando sua viscosidade (VARNAM; SUTHERLAND, 1994). Este fato também pode ser

comprovado observando as demais formulações mostradas nesta figura onde os valores das tensões de cisalhamento são mais altos quanto menor o nível de substituição de sacarose por sucralose.

A Figura 15 mostra a relação entre a viscosidade e a taxa de deformação dos sherbets derretidos após o congelamento e a estocagem. Observa-se que o comportamento depois do batimento e congelamento foi alterado significativamente como comprovado pela análise da superfície de resposta.

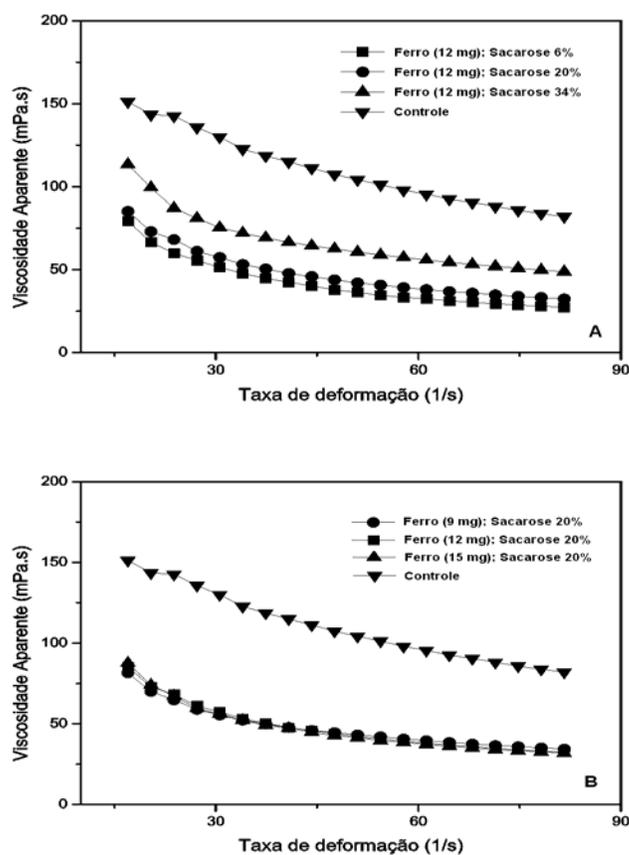


Figura 15 Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação dos sherbets derretidos fortificados com (A) 12 mg de ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose e (B) 20 % de sacarose e diferentes níveis de fortificação com ferro após congelamento, estocagem e derretimento

A Figura 15 também mostra que a viscosidade aparente aumenta de acordo com o aumento da concentração de sacarose e que tal aumento ainda é reforçado pela presença do ferro, como comprovado nas análises por superfície de resposta.

Outro fato que se observa na Figura 15 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 (PEREIRA, 2010).

4.5 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).

A Figura 16 mostra um diagrama comparativo da incorporação de ar obtida em cada formulação em relação ao controle.

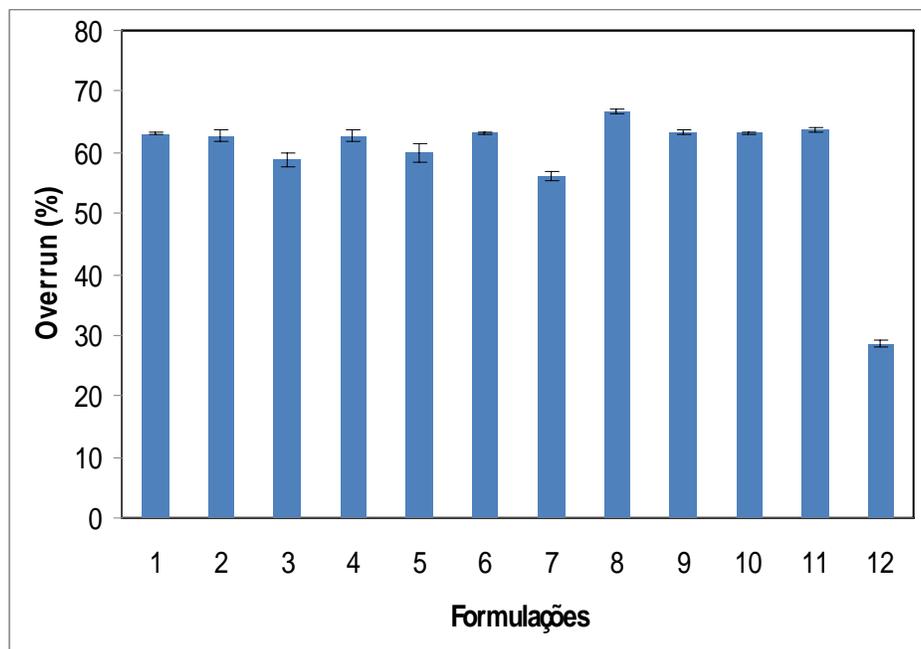


Figura 16 Comparação da incorporação de ar das formulações de *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose com a formulação controle

Pode-se observar que a média entre as formulações que receberam a fortificação com ferro e a substituição da sacarose por sucralose ficou entre 56 e 66% de *overrun* enquanto o sherbet controle obteve a média de 28,5% de *overrun*. Este resultado mostra que a interação entre a sacarose, a sucralose e o ferro obteve melhores resultados que a formulação controle contendo 100% de sacarose, devido a uma sinergia entre estes compostos. A formulação contendo 12 mg de ferro e 6 % de sacarose foi, dentre as amostras que receberam ferro e substituição da sacarose por sucralose, a que apresentou menor *overrun* sendo a que possui menor nível de sacarose.

A Tabela 11 apresenta os resultados da análise de regressão onde foram consideradas as 11 formulações de *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose estabelecidas para o DCCR.

Tabela 11 Sumário da análise de regressão para os valores de incorporação de ar (*overrun*) das formulações de *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose

Resposta	Incorporação de ar	
Fonte	Coefficientes	P
Intercepto	63,517	0,000
Ferro (mg)	1,195	0,249
Ferro ² (mg)	0,299	0,796
Sacarose (%)	-1,757*	0,113
Sacarose ² (%)	-5,599*	0,004*
Ferro * Sacarose	1,748	0,235
R ²	R ² = 0,88	

* Significativo com $p < 0,10$

Os resultados da Tabela 11 mostram que apenas o nível de substituição da sacarose por sucralose teve um efeito significativo sobre a forma quadrática do modelo proposto para representar o comportamento da incorporação de ar nas formulações. A superfície de resposta construída considerando todas as formulações está mostrada na Figura 17. A Figura 17 mostra que os valores de *overrun* tiveram seus pontos máximos em formulações que tiveram ao redor de 80 % de substituição da sacarose por sucralose, independente das concentrações de ferro usadas na fortificação.

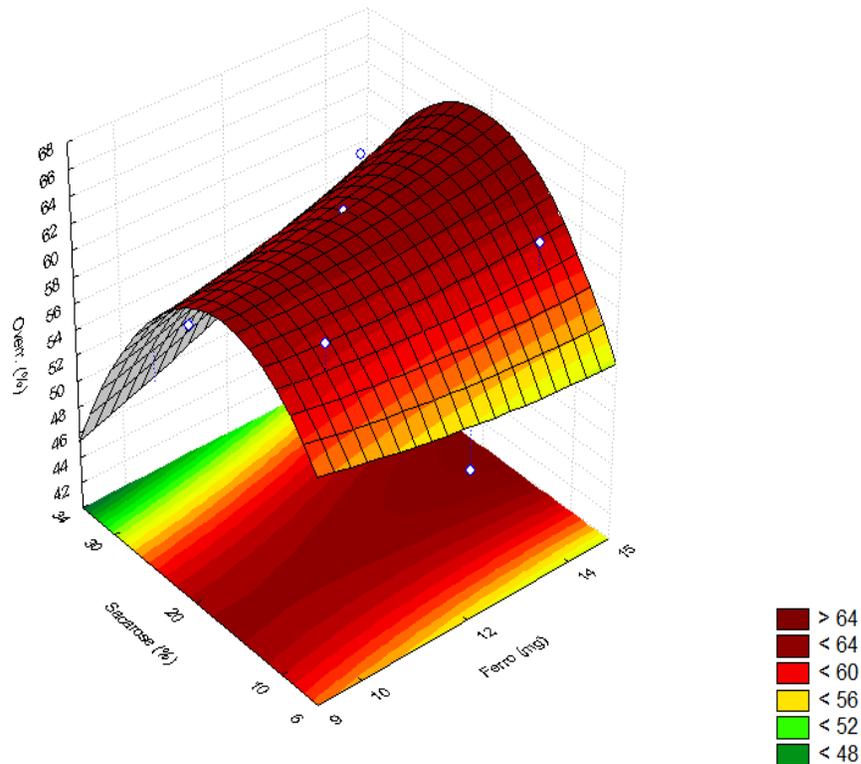


Figura 17 Resultados da incorporação de ar (*overrun*) como função das concentrações de sacarose e ferro em *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose ($R^2 = 0,88$)

O comportamento do *overrun* pode ser explicado pelo aumento da viscosidade da matriz, 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 (PEREIRA et al., 2011). Com a interação entre a sacarose e o ferro adicionado em torno de 80% de substituição e 12 mg de ferro a quantidade de água livre na mistura diminui, aumentando, assim, a viscosidade e potencializando o efeito estabilizante.

4.6 Temperaturas de nucleação e de derretimento

A figura 18 mostra o termograma para resfriamento e aquecimento da formulação contendo 14 mg de ferro e 90 % de substituição da sacarose por sucralose. Neste termograma, observa-se um pico representando a nucleação (T_N) durante o processo de resfriamento e um pico relativo à temperatura de derretimento (T_D) durante o processo de aquecimento.

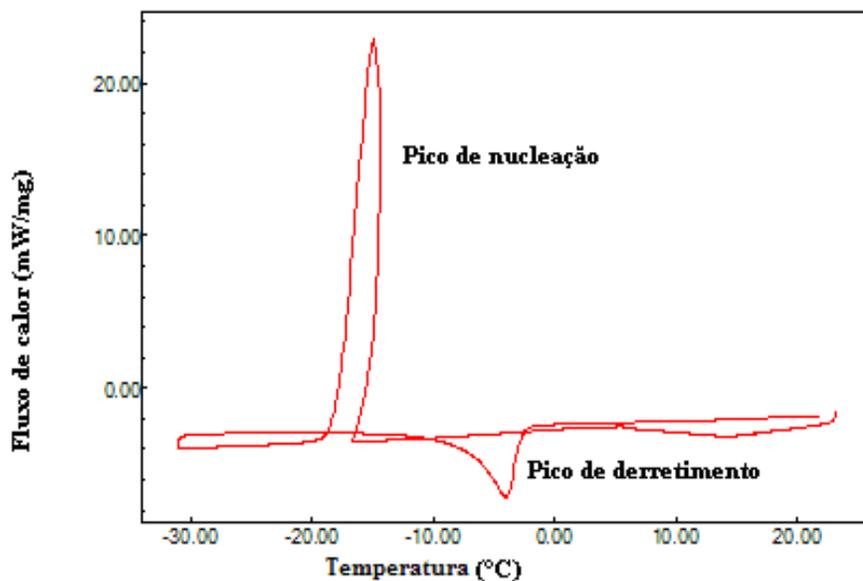


Figura 18 Termograma representativo da temperatura de nucleação (T_N) e de derretimento (T_D) de 3,370 mg da mistura base de *sherbet* contendo 14 mg Fe e 10% de sacarose

Na Tabela 12 estão representadas as temperaturas médias de nucleação e de derretimento determinadas a partir dos termogramas para todos os tratamentos testados. Pode-se observar que as temperaturas de nucleação e derretimento não podem ser relacionadas a variações na substituição da sacarose por sucralose e a fortificação com ferro.

Tabela 12 Resultados para as temperaturas de nucleação e picos de derretimento para todas as formulações testadas de *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose

Formulações	Ferro (mg)	Sacarose (%)	T _N (°C)	T _D (°C)
1	10	10	-14,29	-3,93
2	14	10	-14,57	-3,98
3	10	30	-14,90	-4,05
4	14	30	-15,06	-4,97
5	9	20	-14,26	-3,67
6	15	20	-14,42	-3,39
7	12	6	-14,35	-3,27
8	12	34	-14,42	-3,61
9	12	20	-14,09	-3,31
10	12	20	-14,01	-3,29
11	12	20	-14,06	-3,31
12	0	100	-13,10	-3,12
R ²			R ² = 0,67	R ² = 0,47

Os resultados das análises de regressão mostrados na tabela 12 mostram que os valores de R² considerando as onze formulações indicam significativa falta de ajuste não sendo possível construir as superfícies de resposta. Quando se compara às formulações com a amostra controle as temperaturas de nucleação podem ser relacionadas à formação de cristais de gelo menores e mais bem distribuídos nas massas dos *sherbets light* fortificados, sendo os cristais de gelo associados com a trajetória de escoamento do *sherbet* fundido. Quando um número grande de cristais pequenos existe, estes interrompem o fluxo da matriz porque o fluido em fusão deve escoar ao redor de mais obstáculos. O resultado é que a taxa de fusão do *sherbet* ocorre mais lentamente (PEREIRA et al., 2011).

Neste estudo foi observado que o uso da sucralose e do agente fortificante nos *sherbets* não influenciaram estes parâmetros que são importantes na avaliação de qualidade do produto.

4.7 Comportamentos de derretimento

O derretimento do *sherbet* envolve os fenômenos de transferência de calor e de massa. O calor penetra, gradualmente, do exterior para o interior do *sherbet* 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 *sherbets* produzidos com fortificação com ferro e substituição parcial da sacarose por sucralose, durante o derretimento comparado ao *sherbet* controle, esta representado na figura 19.

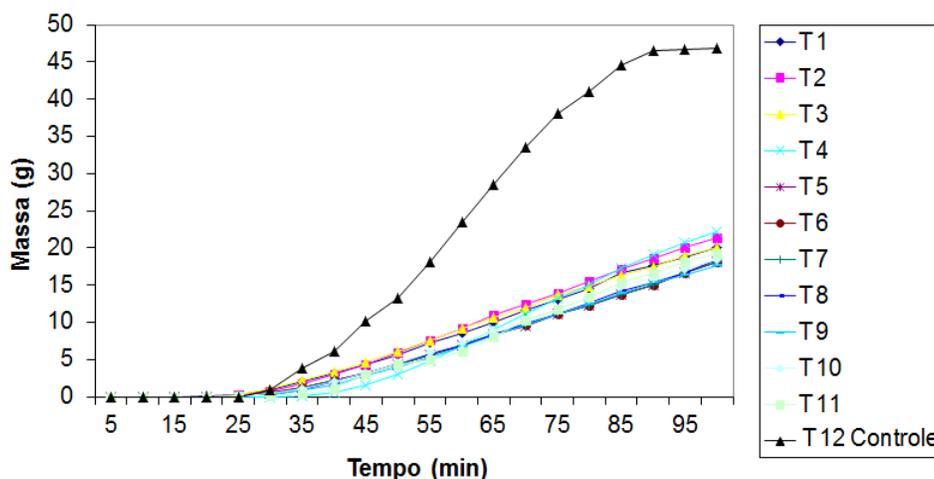


Figura 19 Comportamento de derretimento de 51g das formulações de *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose em relação à formulação controle

A Figura 19 mostra que nos primeiros 30 minutos, as formulações de *sherbet* apresentaram comportamento similar ao controle. A partir desse ponto, pode-se verificar que a taxa de derretimento do *sherbet* controle foi mais acentuada que as demais formulações. Todas as formulações com ferro e substituição da sacarose por sucralose apresentaram comportamento de derretimento similar.

A maior resistência ao derretimento encontrada para os *sherbets* está relacionada à fortificação com ferro triquelato, devido a uma sinergia entre este e algum componente da mistura base e, conseqüentemente, da matriz não congelada e ao decréscimo do diâmetro mediano dos cristais de gelo.

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 *sherbet* 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 das formulações com ferro triquelato e presença de sucralose terem apresentado comportamento similar durante o derretimento, das viscosidades aumentarem e os tamanhos dos cristais diminuírem, conforme se eleva o nível de sacarose, está relacionado ao *overrun* e aos componentes microestruturais como a distribuição das bolhas de ar, o tamanho e grau de desestabilização dos glóbulos de gordura (SOFJAN; HARTEL, 2004).

A taxa de derretimento do *sherbet* é extremamente importante na percepção global do consumidor quanto à qualidade do produto. Se o *sherbet* derrete rapidamente, por melhor que sejam seus outros atributos sensoriais, sua

qualidade é prejudicada. Vale ressaltar que esse processo é mais intenso em países de clima tropical como o Brasil, em função das altas temperaturas anuais.

A Tabela 13 mostra os resultados experimentais deste parâmetro tomados nos tempos de 45 e 90 min. considerando as formulações do DCCR.

Tabela 13 Massa de *sherbets* fortificados com ferro e diferentes níveis de substituição de sacarose por sucralose em relação à formulação controle nos tempos de 45 (T_{45}) e 90 (T_{90}) min

Form.	Fe (mg)	Sac. (%)	Sucra. (g)	T₄₅ (g)	T₉₀ (g)
1	10	10	0,6533	4,66	17,52
2	14	10	0,6533	1,51	19,00
3	10	30	0,8399	4,33	17,55
4	14	30	0,8399	4,24	18,58
5	9	20	0,7466	3,24	15,41
6	15	20	0,7466	2,78	15,32
7	12	6	0,6159	2,98	16,66
8	12	34	0,8773	3,23	15,91
9	12	20	0,7466	3,15	15,07
10	12	20	0,7466	3,16	15,08
11	12	20	0,7466	3,14	15,06
R ²				R ² =0,71	R ² =0,46

Os resultados dos coeficientes da determinação (R^2) mostrados na Tabela 13 e os demais resultados das análises de regressão indicaram significativa falta de ajuste e as superfícies de resposta não puderam ser obtidas.

Os efeitos da substituição da sacarose por sucralose e da fortificação com ferro em *sherbets* de uvaia sobre a redução da taxa de derretimento quando comparada com a amostra controle foi visivelmente constatada na Figura 20.

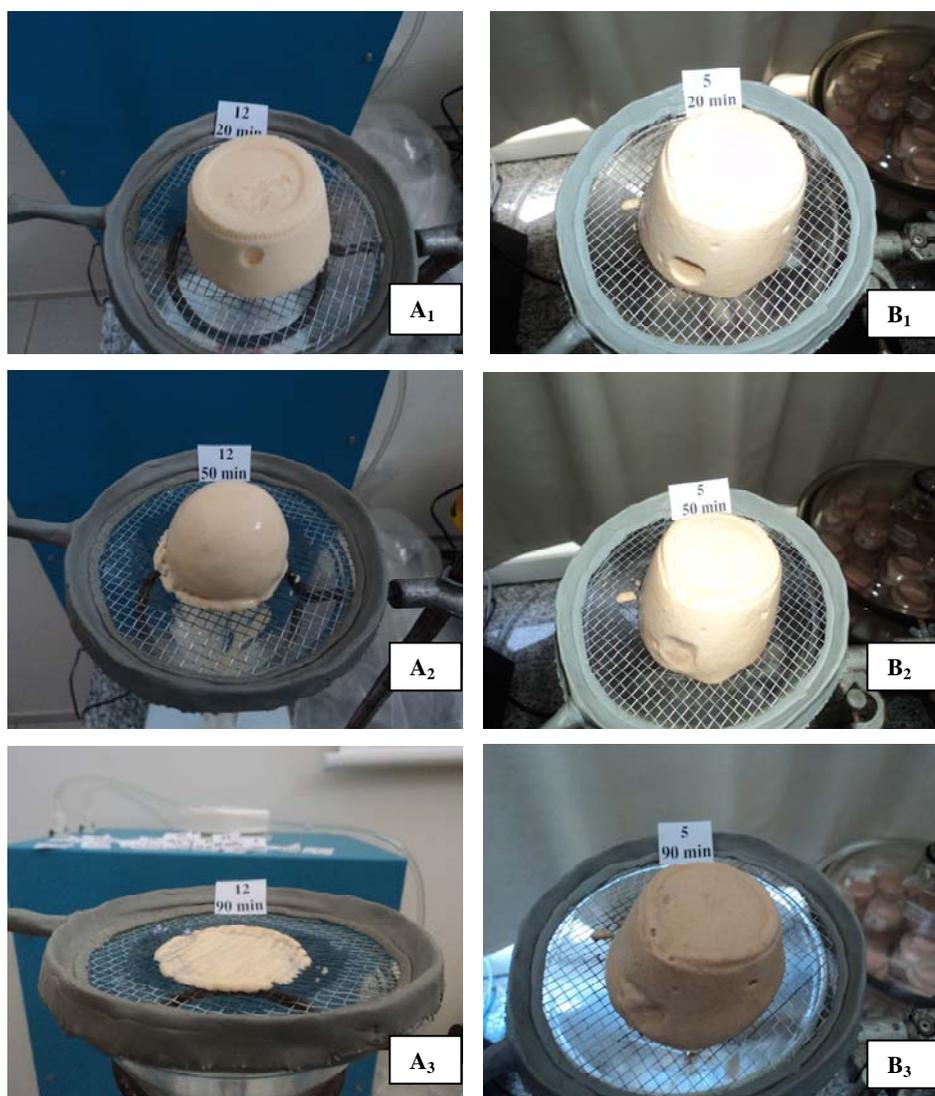


Figura 20 Fotografias tomadas durante o derretimento à temperatura ambiente ($20 \pm 1^\circ$ C) da amostra controle (A) e da fortificada com ferro (12 mg) e 80% de substituição da sacarose (B) nos tempos de (1) 20, (2) 50 e (3) 90 minutos

A Figura 20 mostra as fotografias tomadas nos tempos de 20, 50 e 90 minutos para a amostra controle (100% de sacarose) e a amostra fortificada com 12 mg de ferro triquelato e 80 % de substituição da sacarose por sucralose.

Observa-se que a amostra controle (A) mostra um comportamento de derretimento mais rápido comparado à amostra fortificada com ferro (12 mg) e 80% de substituição da sacarose (B) sendo que no tempo de 90 minutos a amostra controle (A) havia derretido totalmente, comprovando o comportamento mostrado na Figura 19.

A Figura 21 mostra fotomicrografias dos cristais de gelo da formulação contendo 12 mg de ferro e 20 % de sacarose (Figura 17A) em relação aos cristais de gelo da formulação controle (Figura 17B).

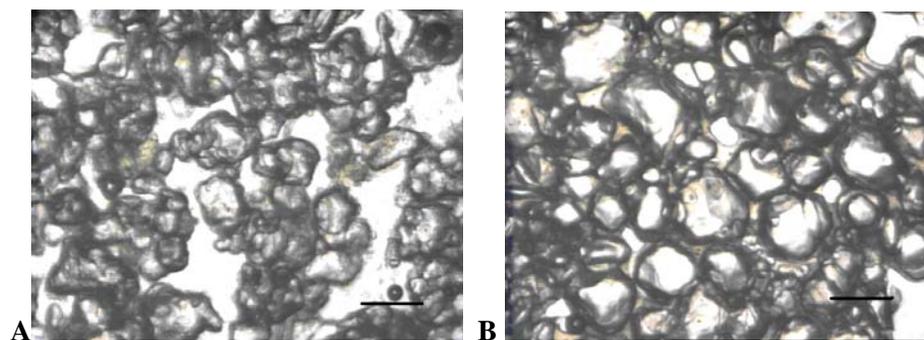


Figura 21 Fotomicrografias dos cristais de gelo da formulação contendo 12 mg de ferro e 20 % de sacarose (A) em relação aos cristais de gelo da formulação controle (B) onde a barra representa 100 μ

Pode-se observar que o tamanho médio dos cristais de gelo da formulação contendo ferro e substituição da sacarose por sucralose é menor que o tamanho médio dos cristais de gelo da formulação controle, o que reforça as discussões anteriores quanto ao maior tempo de derretimento das formulações com sucralose e ferro.

5 CONCLUSÃO

A análise sensorial da fase I observou que a formulação contendo 25% de polpa é a ideal para *sherbets* de uvaia e que a substituição da sacarose por sucralose e o uso do agente fortificante estudados na fase II não influenciaram os atributos sensoriais tendo o produto boa aceitação e intenção de compra pelos consumidores.

Nas análises físicas e químicas das formulações estudadas obteve melhor resultado a contendo 80% de substituição da sacarose e fortificação em torno de 12 mg de ferro.

Os resultados para o comportamento reológico, os de *overrun*, propriedades térmicas e derretimento, mostram que em torno de 80% de substituição se permite manipular o agente fortificante dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais, sem alterar as propriedades reológicas ou térmicas, melhorando significativamente a taxa de derretimento dos *sherbets*.

Com base nos resultados apresentados conclui-se que a substituição da sacarose por sucralose deve ser em torno de 80% para que a fortificação com ferro possa alcançar o máximo estabelecido pelas normas, obtendo um produto *light* de boa aceitação e valor nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, J.M.; STANLEY, D.W. **Microstructural principles of food processing & engineering**. London: Elsevier Applied Science, 1990. 343p.

AIRES, M. M. **Fisiologia**. 5.ed. São Paulo: Guanabara, 1991. 800p.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras**. 2.ed. Rio de Janeiro : Edições Globo, 1988. 203p.

ANDERSON, J.B. Minerais. In: Mahan LK, Escott-Stump S, Krause MV. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca; p.107-145, 2005.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria n° 379, de 26 de abril de 1999**. Disponível em:
<http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/379_99.htm>. Acesso em: jul. 2010.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, International. 17. ed. Gaithersburg, 2002. v. 2.

ARBUCKLE, W.S. **Ice cream**. 3. ed. Westport: Avi Publishing, 1977. 517 p.

AWAD, J. R.; WILLIAM, M. Metabolismo do heme e do ferro. In: Devlin T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas**. 4.ed. São Paulo: Edgard Blucher; 2000. p.837-855.

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.

BALLOT, H. et al. The effect of fruit juices and fruits on the absorption of iron from a rice meal. **Journal Of Nutrition**, Philadelphia, v. 57, p. 331-343, 1987.

BALTUSSEN, R. Iron fortification and iron supplementation are cost-effective interventions to reduce iron deficiency in four sub regions of the world. **Journal Of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, p. 2678-2684, 2004.

BAYNES R.D.; BOTHWELL, T.H. Iron Deficiency. **Annual Review Of Nutrition**, Palo Alto, v. 10, p.133-148, 1990.

BERGER, K.G. **Ice cream**. In: _____. Food Emulsions. 3.ed. New York: Friberg, S. E. and Larsson, K. 1997, p. 413-490.

BOLLIGER, S. et al. Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low-temperature extrusion processing. **International Dairy Journal**, v.10, p.497-504, 2000a.

BOLLIGER, S. et al. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v.10, p.303-309, 2000b.

BORTOLOZO, E. Q.; QUADROS, M. H. R. Aplicação de inulina e sucralose em iogurte. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 1, n. 1, p. 37-47, 2007.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 62-66, 1978.

BRASIL. Resolução n. 344 de 13 de dezembro de 2002. Regulamento técnico para a fortificação das farinhas de trigo e das farinhas de milho com ferro e ácido fólico. **Diário oficial da União**, 18 dez 2002. Disponível em: URL:<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=1679>, acesso em 21/07/2010.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 379 de 26 de Abril de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, abr. 1999.

BRASIL. Portaria n° 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, abr. 1998.

BRASIL. Portaria n° 730, de 13 de maio de 2005a. Institui o Programa Nacional de Suplementação de Ferro, destinado a prevenir a anemia ferropriva e dá outras providências. **Diário oficial da União**, 17 mai 2005. Disponível em: URL:<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18512>, acesso em 20/07/2010.

BRASIL. Resolução n. 269 de 22 de setembro de 2005b. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário oficial da União**, 26 set 2005. Disponível em: URL:<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18828>, acesso em 20/07/2010.

CAMPOS, M. B. Sucralose: A Revolução em Adoçantes, **Food Ingredients**, v. 4, n. 17, p 18-21, 2002.

CARVALHO, P.R.N. **Análises de vitaminas em alimentos: manual técnico**. Campinas : Instituto de Tecnologia de alimentos, 1988. 108p.

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

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.

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

COOK, J. D.; REED M. B. Effect of ascorbic acid intake on nonheme-iron absorption from a complete diet. **American Journal Of Clinical Nutrition**, New York, v.73, p.93-98, 2001.

COOK, K. L. K.; HARTEL, R.W. Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production, **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Madison v. 9, p. 213 – 222, mar. 2010, disponível em:
http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=40&SID=2DhL@mA3OGDPncb4lCO&page=1&doc=1,
acesso em 15 maio 2010

COSTA, F. F. **Efeitos da fortificação com cálcio na estrutura do sorvete**. 2008. 57p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

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

DONADIO, L. C. Study of some Brazilian Myrtaceae in Jaboticabal – SP. **Acta Horticulturae**, v.452, p.181-183, 1997.

DONHOWE, D. P.; HARTEL, R. W. Recrystallization of ice during bulk storage of ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 6, p. 1191-1208, nov/dez, 1996.

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.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007, 210 p.

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.

EL-NAGAR, G. et al. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, v.55, p.89-93, 2002.

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

FERREIRA, S. M. R. **Controle de qualidade em sistemas de alimentação coletiva**. Editora Varela, São Paulo: 2002, 173p.

FINCH, C. Regulators of iron balance in humans. **The American Society of Hematology**. v. 84, p. 1697-1702, 1994.

FOOD AND NUTRITION BOARD. Dietary Reference intakes (DRI's): recommended intakes for individuals, vitamins and elements. National Academic Press, Washington, D.C. 2001. Disponível em:<http://www.nap.edu>, acesso em 20 jul. 2010

FRANCO, G. **Tabela de composição dos alimentos**. 9.ed. São Paulo: Atheneu; 1996. p.232-237.

GARCIA-CASAL, M. N. et al. Vitamin A and beta-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. **Journal Of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, p. 646-650, 1998.

GARSID, J. General principles of crystallization. In: _____. **Food Structure and Behaviour**. [S.l.]: Academic, 1987. p.35-65.

GOFF, H. D. Ice cream. In: _____. **Advanced dairy chemistry**. 3.ed. [Sill.:s.n] 2003. Cap. 24, v. 1, p.1063-1085.

GOFF, H. D.; CALDWELL, K. B.; STANLEY, D. W. The influence of polysaccharides on the glass transition in frozen sucrose solutions and ice cream. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.1268-1277, 1993.

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.

GUEGOV, Y. Phase Transitions of water in some products of plant origin at low and superlow temperatures. **Advances in Food Research**, New York, v.27, p.297-361, 1981.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 8.ed. São Paulo: Guanabara; p.316-318, 1991.

HARTEL, R. W. Ice crystallization during the manufacture of ice cream. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.7, p.315-321, 1996.

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: International Dairy Federation special issue, p. 124-139, 2003.

HARSHMAN R. A.; Foundations of the PARAFAC procedure: Model and conditions for an 'explanatory' multi-mode factor analysis, **UCLA Working Papers in phonetics**, Michigan, v. 16,p 1- 84, 1970.

HAAS, J. D.; BROWNLIE, T. Iron Deficiency and Reduced Work Capacity: A Critical Review of the Research to Determine a Causal Relationship. **The Journal of Nutrition**, Ithaca: New York, v. 131, p.676-690, 2001.

INNOCENTE, N.; CAMPARIN, D.; CORRADINI, C. Proteoseptone whey fraction as emulsifier in ice-cream preparation. **International Dairy Journal**, Barking, v.12, p.69-74, 2002.

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

JANCIC, S. J.; GROOTSCHOLTEN, P. A. M. **Nucleation: mechanisms and sources of nuclei in industrial crystallizers**. In: _____. Industrial crystallization. Delft: Delft University, 1984. Cap. 2, p.15-37.

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

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

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.

KRAUSE, M. V.; MAHAN, L. K. Cuidado nutricional em anemias. **Alimentos nutrição e dietoterapia**. 7.ed. São Paulo: Roca, 1991. p.581-8.

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.

LEVINE, H.; SLADE, L. Principles of cryo-stabilization technology from structure/property relationships of carbohydrate/water systems: a review. **Cryo-Letters**, Cambridge, v.9, p.21-63, 1988.

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.

LÖNNERDAL, B.; DEWEY, K. G. Epidemiologia da deficiência de ferro no lactente e na criança. **Anais Nestlé**, São Paulo, v. 52, p. 11-17, 1996.

LYNCH, S. R. Interaction of iron with other nutrients. **Nutrition Reviews**, New York, v. 55, p. 102-110, 1997.

MACCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1993. 1130p.

MARSHALL, R. T.; ARBUCKLE, W. S. **Ice cream**. 5. ed. New York: Chapman & Hall, 1996. 349p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation Techniques**. 30.ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 388p.

MENDONÇA, J. E. **Estudo da viabilidade sensorial do enriquecimento com ferro, de vários produtos derivados de soja e a quantificação de seus teores em isoflavonas**. 2006. 60 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas Campus de Araraquara, Araraquara, SP.

MINHAS, K. S. et al. Effect of different concentrations of stabilizers and ageing times on the viscosity of plain ice cream mix made from buffalo milk. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.37, p.602-608, nov./dez. 2000.

MIRIN, V. P. R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. 1.ed.Viçosa, 2006, 225p.

MONTEIRO C. L. B. **Técnicas de avaliação sensorial**. Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA). 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1984, 101 p.

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.

NEWELL, G. J.; MACFARLANE, J. D. Expanded tables for multiples comparison procedures in the analyses of ranked data. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1721-1725, 1987.

NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M.; BASTOS, S. C. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). **Journal Sensory Stud.**, v. 26, p. 167-174, 2011.

OPPENHEIMER, S. J. Iron and Its Relation to Immunity and Infectious Disease. **Journal Of Nutrition**, Philadelphia, v.131, p. 616-635, 2001.

PEREIRA, G. G. **Utilização de extrato hidrossolúvel de soja na produção de sorvete**. 2010. 166 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, M.G.

PEREIRA, G. G. et al. Influence of the partial substitution of skim milk powder for soy extract on ice cream structure and quality. **European Food Research & Technology**, v. 232, p. 1093-1102, 2011.

PINEDA, O. El uso del hierro aminoquelado en el control de La deficiencia de hierro y de anemia ferropriva. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE NUTRICIÓN, 1994, Caracas. **Resúmenes...** Sociedad Latinoamericana de Nutrición, Caracas: 1994.

POWELL, J. J.; JUGDAOHISIGH, R., THOMPSON, R. P. The regulation of mineral absorption in the gastrointestinal tract. **Proceedings of The Nutrition Society**, Cambridge, p. 158, v. 147-153, 1999.

R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. **R Development Core Team**. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: 2007. Disponível em: <[http://www,R-project.org](http://www.R-project.org)>. Acesso em: 20 jul. 2010

RAMAKRISHNAN, U.; YIP, R. Experiences and challenges in industrialized countries: control of iron deficiency in industrialized countries. **Journal Of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, n. 4, p. 820-824, abr., 2002.

RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES, 10 ed. Washington: Academy Press; 1989. p.195-205.

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

REID, D.S. Crystalization Phenomena in the Frozen State. In: RAO, M.A.; HARTEL, R.W. (Ed.). **Phase/state transition in Foods**: chemical, structural and rheological changes. New York: Marcel Dekker, 1998. p.313-325.

SCALON, S. P. Q.; FILHO, H. S.; RIGONI, M. R. Armazenamento e germinação de sementes de Uvaia *Eugenia uvalha* Cambess. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1228-1234, nov./dez., 2004.

SCHLICH, P. Preference mapping: relating consumer preferences to sensory or instrumental measurements. In: ETIEVANT, P. SHREIER, P. **Bioflavor 95**: analysis/precursor studies/biotechnology. 2.ed. Orlando: Flórida Academic, 1995. 338p.

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.

SOLO, P. Deetrmining the odor thresholds for some compounds in alcoholic beaveranges. **Journal of Food Science**, v. 35, p. 95-99, 1970.

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.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill Book, 1960. 481p.

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

TORRES, A. A. et al. Fortificação de leite fluido na prevenção e formulação da anemia carencial ferropriva em crianças menores de 4 anos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 350-357, 1996.

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.

UMBELINO, D.C. et al. Efeito de diferentes sais de ferro sobre as características sensoriais do "iogurte" de soja. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.51, n. 2, p. 199-203, 2001.

UMBELINO, D. C.; ROSSI, E. A. Deficiência de ferro: conseqüências biológicas e propostas de prevenção. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, Araraquara, v. 27, n.2, p.103-112, 2006.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Milk and Milk Products**, London: Chapman & Hall, v.1. p.386-437, 1994.

VIGGIANO, C. E. O Produto Dietético no Brasil e sua Importância para Indivíduos Diabéticos. **Revista Brasileira de Ciência de Saúde**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 36-42, 2003.

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.

VITERI, F. E.; GARCIA-IBANEZ, R.; TORUN, B. Sodium iron NaFeEDTA as an iron fortification compound in Central America. Absorption studies. **American Journal Of Clinical Nutrition**, New York, v. 31, p. 961-971, 1978.

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.

WITTINGER, S.A.; SMITH, D.E. Effect of sweetener/stabilizer interaction on the viscosity and freezing point of ice cream mix. **Journal Of Food Processing And Preservation**, Westport, v.41, p.766-769, 1986.

ANEXOS

ANEXO A

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____ **Data:** _____

Faixa etária: () 15 a 30 anos; () 31 a 45 anos; () 45 a 60 anos; () mais que 60 anos

Frequência de consumo sorvete: () 1 vez ao mês; () 2 vezes ao mês; () 1 vez por semana; () 2 vezes por semana; () mais de 2 vezes por semana

Você está recebendo amostra de sorvete de Uvaia. Por favor, prove o sorvete e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência, sabor, textura e do aspecto global.

9 – gostei extremamente	Amostra N ^o _____
8 – gostei muito	
7 – gostei moderadamente	Nota aparência _____
6 – gostei ligeiramente	
5 – nem gostei/nem desgostei	Nota sabor _____
4 – desgostei ligeiramente	
3 – desgostei moderadamente	Nota textura _____
2 – desgostei muito	
1 – desgostei extremamente	Nota aspecto global _____

Comentários: _____

Avalie ainda, o quanto ideal está o sabor de uvaia da amostra de sorvete. Marque com o x, no parêntese, a resposta que achar mais adequada para o seu gosto.

Sabor de Uvaia

- () Sabor extremamente mais forte que o ideal
- () Sabor muito mais forte que o ideal
- () Sabor moderadamente mais forte que o ideal
- () Sabor ligeiramente mais forte que o ideal
- () Sabor ideal
- () Sabor ligeiramente menos forte que o ideal
- () Sabor moderadamente menos forte que o ideal
- () Sabor muito menos forte que o ideal
- () Sabor extremamente menos forte que o ideal

ANEXO B

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ESCALA DO IDEAL DE POLPA DE UVAIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
AMOSTRA	4	302.412000	75.603000	64.748	0.0000
PROV	99	365.072000	3.687596	3.158	0.0000
erro	396	462.388000	1.167646		

Total corrigido 499 1129.872000

CV (%) = 21.54
 Média geral: 5.0160000 Número de observações: 500

Regressão para a FV AMOSTRA

Média harmonica do número de repetições (r): 100
 Erro padrão de cada média dessa FV: 0,10805769128787

b1 : X
 b2 : X^2

Modelos reduzidos sequenciais

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	3.375000	0.11333186	29.780	0.0000
b1	0.547000	0.03417084	16.008	0.0000

R^2 = 98.94%

Valores da variável independente	Médias observadas	Médias estimadas
1.000000	3.870000	3.922000
2.000000	4.540000	4.469000
3.000000	5.080000	5.016000
4.000000	5.430000	5.563000
5.000000	6.160000	6.110000

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	3.340000	0.23175793	14.412	0.0000
b1	0.577000	0.17661495	3.267	0.0012
b2	-0.005000	0.02887963	-0.173	0.8626

R^2 = 98.95%

Valores da variável independente	Médias observadas	Médias estimadas
1.000000	3.870000	3.912000
2.000000	4.540000	4.474000
3.000000	5.080000	5.026000
4.000000	5.430000	5.568000
5.000000	6.160000	6.100000

Somos de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)					
Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
b1	1	299.209000	299.209000	256.250	0.000
b2	1	0.035000	0.035000	0.030	0.863
Desvio	2	3.168000	1.584000	1.357	0.259
Erro	396	462.388000	1.167646		

ANEXO C

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

NOME COMPLETO: _____

TEL. _____

Sexo: ()M

Data: _____

Frequência de consumo sorvete: () 1 vez por mês; () 2 vezes ao mês; () 1 vez por semana; () 2 vezes por semana; () mais de 2 vezes por semana.

Por favor avalie, utilizando a escala abaixo, na seguinte ordem, a aparência, o sabor, a textura (na boca) e o aspecto global das amostras de sorvete. Prove as amostras da esquerda para a direita, lavando a boca com água, entre uma amostra e outra.

	Nº Amostra	Nota Aparência	Nota Sabor	Nota Textura	Nota Aspecto global
9 – gostei extremamente	_____	_____	_____	_____	_____
8 – gostei muito	_____	_____	_____	_____	_____
7 – gostei moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
6 – gostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____	_____
5 – nem gostei/nem desgostei	_____	_____	_____	_____	_____
4 – desgostei ligeiramente	_____	_____	_____	_____	_____
3 – desgostei moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
2 – desgostei muito	_____	_____	_____	_____	_____
1 – desgostei extremamente	_____	_____	_____	_____	_____

Comentários: _____

Agora , utilizando a escala abaixo, avalie sua intenção de compra com relação ao produto.

	Nº Amostra	Intenção de compra
5 – certamente compraria	_____	_____
4 – provavelmente compraria	_____	_____
3 – talvez comprasse/talvez não comprasse	_____	_____
2 – provavelmete não compraria	_____	_____
1 – certamente não compraria	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

ATENÇÃO – VOÇE DEVE VOLTAR DAQUI UMA HORA OU À TARDE PARA FAZER OUTRA FICHA DE AVALIAÇÃO DE ANÁLISE SENSORIAL, POIS SÃO 12 (DOZE) AMOSTRAS DIVIDIDAS EM 1ª ETAPA (6 AMOSTRAS) E 2ª ETAPA (6 AMOSTRAS).