

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA E FARELO DE MANDIOCA NA
FORMULAÇÃO DE SORVETES**

DAIANA DE SOUZA FERNANDES

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia -
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Fevereiro de 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA E FARELO DE MANDIOCA NA
FORMULAÇÃO DE SORVETES**

DAIANA DE SOUZA FERNANDES

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. MAGALI LEONEL

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia -
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Fevereiro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F363a Fernandes, Daiana de Souza, 1990-
Adição de maltodextrina e farelo de mandioca na formulação de sorvetes / Daiana de Souza Fernandes. - Botucatu : [s.n.], 2016
xi, 99 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016

Orientador: Magali Leonel
Inclui bibliografia

1. Amido. 2. Mandioca. 3. Fibras. 4. Sorvetes - Armazenamento. I. Leonel, Magali. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA E FARELO DE MANDIOCA NA
FORMULAÇÃO DE SORVETES”**

AUTORA: DAIANA DE SOUZA FERNANDES

ORIENTADORA: MAGALI LEONEL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA
(ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. MAGALI LEONEL
CERAT / Faculdade de Ciências Agrônoma - UNESP


Profa. Dra. MARIANA CAMARGO SCHMIDT
Departamento de Alimentos / Instituto Federal de São Paulo


Profa. Dra. REGINA MARTA EVANGELISTA
Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônoma - UNESP

Botucatu, 23 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as coisas maravilhosas que ELE sempre fez e faz por mim.
À minha mãe Adriana e ao meu pai Wallace que são tudo para mim, por todo apoio, incentivo e por sempre acreditarem em mim, dando-me sustentação e força para realização de meus sonhos. Minha eterna gratidão!
Ao Joáz pelo amor, ajuda, dedicação e paciência.
As minhas amigas Marília e Elisa;
À minha orientadora Magali Leonel, que me acolheu e sempre me ajudou em tudo que precisei, obrigada pelos conhecimentos cedidos, pela compreensão, apoio, amizade e orientação prestada durante a realização deste trabalho;
A Prof^ª. Pricila Veiga dos Santos, por permitir a utilização dos equipamentos do seu laboratório, pela atenção, ajuda e participação no projeto.
Aos amigos de Laboratório e curso;
Aos funcionários do CERAT, Luiz Henrique, Alessandra, Danilo e Juliana pela amizade, ajuda e disposição sempre;
Aos técnicos do departamento de Tecnologia de produtos de origem animal, Cecília, Alexandra e João que sempre estavam dispostos a me ajudar;
Aos técnicos Iara e Thiago da Agricultura pela disposição e ajuda na análise de DSC;
À Prof.^a Martha Maria Mischon e Prof. Adalton Mazetti Fernandes pelo auxílio na análise estatística dos dados.
À banca, por aceitar o convite de participação e pelas contribuições fornecidas;
A empresa Cassava pela doação de maltodextrina de mandioca;
A empresa Flor de Lotus pela doação do farelo de mandioca;
Aos funcionários da biblioteca da FCA, pelo auxílio, atenção e amizade, durante a elaboração desse trabalho;
A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;
A todos que direta ou indiretamente fizeram parte desse momento da minha vida e deixaram sua contribuição, muito obrigada!

DEDICO,

Aos meus pais, Adriana e Wallace,

e ao meu avô João Coutinho (*In memorian*).

***“Confia os teus cuidados ao Senhor, e ele te sustentará, jamais permitirá que o justo
seja abalado.”***

Salmos 55:22

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMO.....	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Matérias-Primas	7
2.1.1 Farelo de Mandioca	7
2.1.2 Fibra alimentar.....	10
2.1.3 Maltodextrinas	12
2.2 Sorvete	17
2.2.1 Processo de obtenção do sorvete	24
2.2.2 Qualidade de Sorvete.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Matérias-primas	29
3.2 Caracterização do farelo de mandioca	30
3.2.1 Determinação do teor de umidade	30
3.2.2 Determinação do teor de cinzas	30
3.2.3 Determinação do teor de proteína.....	30
3.2.4 Determinação de matéria graxa	31
3.2.5 Determinação do teor de fibra	31
3.2.6 Determinação do teor de açúcares totais	31
3.2.7 Determinação do teor de amido	31
3.2.8 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	32
3.2.9 Determinação da acidez titulável.....	32
3.3 Delineamento experimental	33
3.3.1 Produção dos sorvetes	36

3.4	Determinações físico-químicas dos sorvetes	37
3.4.1	Determinação do teor de sólidos solúveis	38
3.4.2	Determinação do teor de carboidratos	38
3.4.3	Determinação da textura	38
3.4.4	Determinação da incorporação de ar (<i>overrun</i>)	38
3.4.5	Testes de derretimento (<i>melting test</i>)	38
3.4.6	Análise térmica (DSC)	39
3.5	Análise sensorial	40
3.6	Análise dos dados	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Caracterização do farelo de mandioca	42
4.2	Caracterização dos sorvetes	44
4.2.1	Caracterização visual dos sorvetes	44
4.2.2	Análises físico-químicas dos sorvetes	45
4.2.2.1	Umidade	47
4.2.2.2	Cinzas	48
4.2.2.3	Carboidratos	48
4.2.2.4	Matéria Graxa	50
4.2.2.5	Proteínas	51
4.2.2.6	Sólidos Solúveis	51
4.2.2.7	pH	52
4.2.2.8	Acidez	53
4.2.3	Análises físicas dos sorvetes	53
4.2.3.1	<i>Overrun</i>	54
4.2.3.2	Textura	56
4.2.3.3	Cor	58
4.2.3.4	Derretimento	60
4.2.4	Análise calorimétrica (DSC)	63
4.2.4.1	Variação de entalpia (ΔH)	64
4.2.4.2	Quantidade de gelo por grama de sorvete (IC)	65
4.2.4.3	Teor de água não congelada (UFW)	66
4.2.4.4	Ponto de congelamento (PC)	67

4.2.5	Análise sensorial.....	68
4.2.5.1	Aroma	70
4.2.5.2	Aparência.....	70
4.2.5.3	Cor	71
4.2.5.4	Textura.....	71
4.2.5.6	Intenção de compra.....	73
4.3	Período de armazenamento.....	74
4.3.1	Textura	75
4.3.2	Característica de Derretimento.....	76
4.3.3	Cor.....	77
4.3.4	Análise Sensorial.....	79
4.3.5	Presença de cristais de gelo.....	81
5	CONCLUSÕES.....	83
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	Anexos	97

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Características da maltodextrina de mandioca Neomalt 5010-B ®.....	29
Tabela 2: Variáveis independentes codificadas e reais do planejamento experimental. ...	34
Tabela 3: Formulações dos sorvetes e teor de fibras calculado por tratamento.....	35
Tabela 4: Composição físico-química média e cor do farelo de mandioca.	43
Tabela 5: Coeficientes de regressão das análises físico-químicas dos sorvetes.	46
Tabela 6: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados das análises físico-químicas dos sorvetes.....	47
Tabela 7: Coeficientes de regressão das análises físicas dos sorvetes.....	53
Tabela 8: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados das análises físicas dos sorvetes.....	54
Tabela 9: Coeficientes de regressão das propriedades térmicas dos sorvetes.	63
Tabela 10: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados das propriedades térmicas dos sorvetes.....	64
Tabela 11: Coeficientes de regressão da análise sensorial dos sorvetes.....	69
Tabela 12: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados da análise sensorial dos sorvetes.....	69
Tabela 13: Resultados das análises colorimétricas e desvio padrão do sorvete durante o período de armazenamento.	78
Tabela 14: Média das notas atribuídas ao sorvete e desvio padrão da análise sensorial e intenção de compra durante o período de armazenamento.....	80
Tabela 15: Valor de F calculado dos parâmetros sensoriais do sorvete.....	80
Tabela 16: Número de respostas quanto à presença de cristais de gelo no sorvete pela percepção de 60 provadores durante o armazenamento do sorvete.....	82

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Evolução da produção brasileira de fécula de mandioca.	8
Figura 2: Esquema geral do processamento de mandioca para produção de fécula.	9
Figura 3: Principais componentes estruturais da maltodextrina.	13
Figura 4: Consumo de sorvete do ano de 2003 a 2014 no Brasil em milhões de litros...18	
Figura 5: Estrutura do sorvete.	21
Figura 6: Efeito do tamanho das bolhas de ar no crescimento de cristais de gelo.	22
Figura 7: Transformações do glóbulo de gordura no sorvete.	23
Figura 8: Etapas do processamento de sorvete.	25
Figura 9: Fluxograma das etapas de preparo dos sorvetes.	36
Figura 10: Sorveteira utilizada no preparo dos sorvetes.....	37
Figura 11: Equipamentos utilizados na avaliação da resistência ao derretimento.	39
Figura 12: Imagens dos sorvetes após o preparo.	45
Figura 13: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca na umidade dos sorvetes. .47	
Figura 14: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca no teor de carboidratos do sorvete.....	49
Figura 15: Efeito da maltodextrina no teor de matéria graxa dos sorvetes.	50
Figura 16: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca no teor de sólidos solúveis dos sorvetes.....	52
Figura 17: Efeito do farelo de mandioca sobre o <i>overrun</i> (quantidade de ar incorporado) nos sorvetes.....	54
Figura 18: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre a textura dos sorvetes.	56
Figura 19: Gráficos dos parâmetros de cor, L*, a*, b* e h* dos sorvetes.	58
Figura 20: Gráficos do comportamento dos sorvetes no derretimento em função do tempo.	61
Figura 21: Efeito do farelo de mandioca sobre a variação de entalpia de fusão (ΔH) dos sorvetes.....	64
Figura 22: Efeito da maltodextrina de mandioca e do farelo de mandioca sobre a quantidade de gelo por grama de amostra (IC).....	65
Figura 23: Efeito do farelo de mandioca sobre o teor de água não congelada (UFW) nos	

sorvetes.....	66
Figura 24: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre o ponto de congelamento dos sorvetes.	67
Figura 25: Gráficos do efeito do farelo de mandioca sobre parâmetros sensoriais aroma, aparência, cor e textura dos sorvetes.	70
Figura 26: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre o atributo sabor dos sorvetes.....	72
Figura 27: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre a intenção de compra dos sorvetes.....	74
Figura 28: Efeito do armazenameto sobre a textura do sorvete.	75
Figura 29: Efeito do armazenameto sobre o comportamento de derretimento do sorvete em função do tempo.	77
Figura 30: Efeito do armazenameto sobre os parâmetros de cor L*, a*, b* e h* do sorvete.....	79

RESUMO

A procura por alimentos com um apelo mais saudável aumentou, com isso, as indústrias estão em constante busca pelo desenvolvimento de produtos que atendam a essa demanda. O desenvolvimento de alimentos com reduzido teor de gordura e alto teor de fibras está direcionado a consumidores que buscam alimentos com baixo valor calórico e com apelo funcional. O trabalho objetivou desenvolver sorvetes com menor teor de gordura e maior teor de fibras, utilizando na formulação produtos derivados da mandioca, e avaliar as características físicas, químicas e sensoriais dos produtos obtidos. O delineamento experimental utilizado foi o central composto rotacional para dois fatores, totalizando onze tratamentos com diferentes concentrações de farelo (fonte de fibras) e maltodextrina de mandioca (substituto de gordura). O farelo de mandioca utilizado foi desidratado e caracterizado quanto à composição físico-química. Os sorvetes preparados nas diferentes condições experimentais foram analisados para: umidade, cinzas, carboidratos, matéria graxa, proteínas, sólidos solúveis, pH, acidez, textura, incorporação de ar (*overrun*), derretimento (*melting test*), cor, análise térmica (DSC), análise sensorial e intenção de compra. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente e, com base nesta análise, estabeleceu-se a condição de concentração de maltodextrina e farelo de mandioca que atendeu o maior número de parâmetros de qualidade e aceitação. O sorvete preparado na condição estabelecida no primeiro ensaio foi dividido em porções e avaliou-se as alterações na textura, cor, derretimento, análise sensorial, intenção de compra e presença de cristais durante o armazenamento dos sorvetes nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias. Os resultados obtidos mostraram não terem ocorrido efeitos significativos dos parâmetros variáveis da formulação do sorvete sobre os teores de cinzas, proteínas,

pH e acidez. A adição de maiores concentrações de farelo de mandioca reduziu a incorporação de ar, aumentou o tempo de derretimento, reduziu a dureza dos sorvetes e influenciou de forma negativa todos os parâmetros sensoriais avaliados. Já a adição de maltodextrina aumentou os teores de carboidrato e sólidos solúveis dos sorvetes, reduziu a dureza e foi eficiente na substituição da gordura vegetal hidrogenada reduzindo o teor de matéria graxa em cerca de 58 %. A adição de até 50 % de maltodextrina em substituição a gordura aumentou a aceitação sensorial e intenção de compra dos sorvetes. Durante o armazenamento do sorvete ocorreram alterações na cor, derretimento, textura e presença dos cristais de gelo, porém, essas alterações não afetaram significativamente os parâmetros sensoriais durante todo o armazenamento. Os resultados mostraram que o farelo e a maltodextrina de mandioca tem potencial para serem usados como ingredientes em sorvetes.

PALAVRAS-CHAVE: Amido; Mandioca; Fibras; Resíduo; Armazenamento.

MALTODEXTRIN ADDITION AND CASSAVA BRAN IN ICE CREAM FORMULATION. Botucatu, 2016. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
Author: DAIANA DE SOUZA FERNANDES
Adviser: Prof^ª. Dra. MAGALI LEONEL

SUMMARY

The demand for foods with a healthier appeal increased. As a result, industries are constantly looking for developing products that meet this demand. The development of foods with reduced fat and high fiber content is directed at consumers who have been looking for foods with low caloric value and functional appeal. The objective of this study was to develop an ice cream using cassava derivative products in the formulation and to evaluate the physical, chemical and sensory characteristics of the products obtained. The experimental design was rotational central composite for two factors, totaling eleven treatments with different concentrations of cassava bran (source of fiber) and cassava maltodextrin (a fat substitute). The cassava bran was dehydrated and characterized for the physical and chemical composition. The ice cream prepared in different experimental conditions were analyzed for: moisture, ash, carbohydrates, fatty matter, protein, soluble solids, pH, acidity, texture, overrun, meltingtest, color, thermal analysis (DSC), sensory evaluation and purchase intent. The results were statistically analyzed and, based on this analysis, it was established the condition of concentration of maltodextrin and cassava bran that met the highest

number of quality parameters and acceptance. A mass batch prepared in the condition set out in the first experiment was divided into portions and evaluated the changes in texture, color, melting, sensory analysis, purchase intent and presence of crystals during storage of ice cream at 0, 30, 60 and 90 days. The results showed no significant effects of cassava bran and maltodextrin on the contents of ash, protein, pH and acidity. The addition of higher concentrations of cassava bran reduced the incorporation of air increased melting time, reduced the hardness of the ice cream and it influenced negatively all sensory parameters. The addition of maltodextrin increased the contents of total carbohydrate, and soluble solids of ice cream, reducing hardness and it was efficient in the lowering of 58% of the levels of fatty matter. The addition of up to 50% maltodextrin increased the sensory acceptance and purchase intent of ice cream. The storage of ice cream promoted changes in color, melting texture and presence of ice crystals, however, these changes did not affect the sensory parameters throughout the storage time. The results showed that the cassava bran and maltodextrin has potential to be used as ingredients in ice cream.

KEYWORDS: Starch; Cassava; Fibers; Residue; Storage.

1 INTRODUÇÃO

Uma dieta balanceada é essencial para viver de forma saudável, entretanto, atualmente a população é afetada por hábitos inadequados, como o consumo excessivo de açúcares e gorduras, que aumentam a possibilidade de doenças crônico-degenerativas.

Os cuidados com a saúde, o aumento da expectativa de vida e o desejo em melhorar a qualidade de vida têm levado grande parte da população a buscar alimentos que tragam benefícios à saúde, havendo uma crescente valorização desses produtos e provocando uma intensa competição entre os setores de desenvolvimento de produtos nas indústrias para suprir essa demanda (SIRÓ et al., 2008).

Considerando a necessidade cada vez maior de ingestão de produtos com menos calorias, menor teor de gordura e, além disso, ingredientes funcionais visando benefícios à saúde, inovações que levem ao desenvolvimento de sorvetes que atendam essas demandas têm sido uma constante no setor (ABIS, 2015).

No Brasil, o mercado de sorvetes movimentava cerca de R\$ 2 bilhões por ano, ocorrendo no período de 2003 a 2014 um aumento significativo de 90,5 % no consumo de sorvetes no país. O mercado de sorvetes não foi prejudicado pela crise mundial da economia e se manteve aquecido tanto em termos de vendas quanto com relação a lançamentos (ABIS, 2015).

O sorvete é uma emulsão aerada parcialmente congelada de estrutura complexa. Sua fase contínua contém sólidos dissolvidos como açúcares, proteínas e estabilizantes, e a fase dispersa possui a gordura emulsificada. Uma parte

das indústrias de sorvetes utiliza a gordura vegetal hidrogenada na fabricação de seus produtos pelos efeitos que propicia à textura e pelo seu baixo custo (SU, 2012).

Porém, tem havido uma busca por alternativas para reduzir o valor energético e diminuir a concentração de isômeros *trans*, em sorvetes, buscando obter as mesmas características benéficas de textura e custo oferecidas pela gordura vegetal hidrogenada. No entanto, a utilização de substitutos de gordura deve manter as características sensoriais e nutricionais do produto, ou melhorá-las (ADAPA et al., 2000; WELTY et al., 2001; SU, 2012).

Amidos modificados como as maltodextrinas podem ser utilizados como substitutos de gordura quando possuem baixo teor de dextrose equivalente, pois nessas condições possuem características próximas a da gordura e menor valor energético, 4 kcal ou 16,8 kJ g⁻¹ de energia (PINHEIRO; PENNA, 2004).

Além da busca por alimentos que auxiliem em uma dieta de baixa caloria e nutricionalmente balanceada, tem havido aumento na procura por alimentos que tragam algum benefício a saúde e ao bom funcionamento do organismo.

Com o conhecimento de que o consumo de fibras alimentares possui papel importante em muitos processos fisiológicos e na prevenção de algumas doenças, o uso dessas como ingrediente em produtos alimentícios tem aumentado e levado ao desenvolvimento dos mais diversos produtos (RODRÍGUEZ et al., 2006).

No processo de extração da fécula de mandioca é gerado o farelo, também chamado de massa ou bagaço. Esse resíduo sólido é composto pelo material fibroso da raiz e parte da fécula que não foi possível extrair no processamento, apresentando em sua composição elevado teor de fibra alimentar total (TROMBINI, 2010).

Considerando a crescente demanda por alimentos mais saudáveis, o mercado crescente de consumo de sorvetes no país e a necessidade de ampliação de usos de derivados da mandioca para incremento no setor agroindustrial dessa raiz, este estudo teve por objetivo desenvolver e avaliar quanto à composição química, propriedades físicas e parâmetros de aceitação sensorial e intenção de compra sorvetes com reduzido teor de gordura e apelo funcional, utilizando maltodextrina de mandioca como substituto de gordura e farelo como fonte de fibras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matérias-Primas

2.1.1 Farelo de Mandioca

A mandioca é cultivada em todo território brasileiro e sua importância está no fato de suas raízes serem comestíveis e possuírem alto teor de amido, ou seja, grande potencial energético, podendo ser utilizada tanto para o consumo alimentar quanto para o processamento industrial (CEREDA et al., 2003; TROMBINI; LEONEL; MISCHAN, 2013).

A raiz da mandioca é um dos alimentos básicos da população brasileira, principalmente para a de baixa renda, além disso, a indústria de beneficiamento da raiz tem se desenvolvido, com a produção de produtos diversificados indo desde produtos para uso alimentar como mandioca minimamente processada, mandioca pré-cozida e congelada, mandioca *chips*, farinhas, farofas, fécula, polvilho azedo, sagu, até produtos de maior valor agregado como os amidos modificados e o etanol, com diversas aplicações industriais (FRANCO et al., 2002; LEONEL et al., 2015).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAOSTAT, 2015) a produção mundial de mandioca tem crescido, com aumento na produção de 2,8 % em 2013 em relação ao ano de 2012.

Um dos principais produtos obtidos a partir do processamento industrial da mandioca é a fécula. A produção de fécula de mandioca no Brasil apresentou grande crescimento no período de 1990 a 2002 e a partir disso a produção tem se mantido praticamente constante com pequena queda registrada em 2013. A Figura 1 mostra a evolução da produção de fécula de mandioca no país.

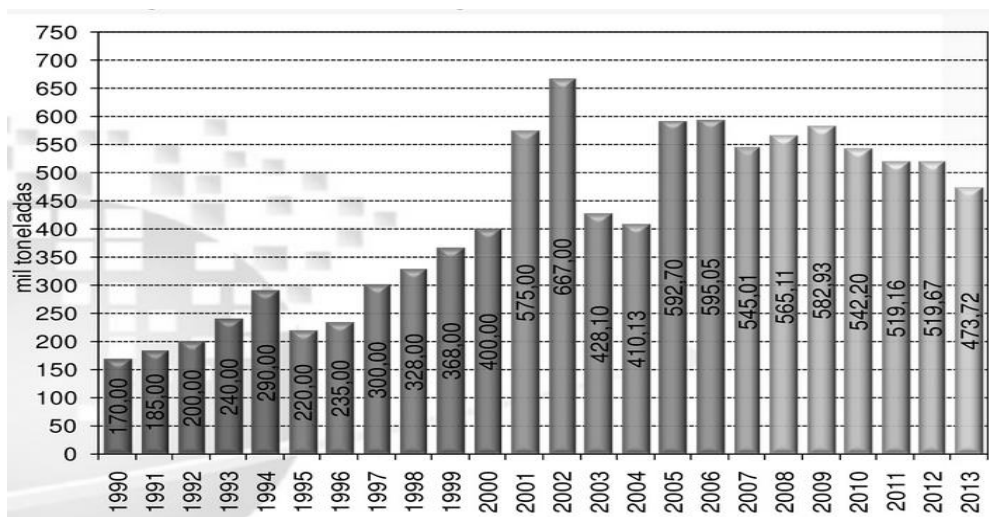


Figura 1: Evolução da produção brasileira de fécula de mandioca.

Fonte: ABAM (2014).

O processo de produção de fécula de mandioca, qualquer que seja o grau de tecnologia empregado, consiste nas etapas de lavagem, descascamento das raízes, trituração para a desintegração das células e liberação dos grânulos de amido, separação do farelo e da fécula e por fim secagem da fécula (FIORDA, 2011; LEONEL et al., 2015).

O resíduo sólido gerado na etapa de separação da fécula nas indústrias produtoras de fécula e polvilho azedo é composto pelo material fibroso da raiz e parte do amido que não foi possível retirar no processamento. Esse é identificado por farelo, bagaço, massa ou polpa residual. Por embeber-se de água, apresenta em volume maior quantidade que a própria matéria-prima, contendo cerca de 75 a 85 % de umidade e geralmente é utilizado na alimentação animal (CEREDA, 2001; LEONEL, 2001) apresentando baixo ou nenhum retorno econômico para as empresas.

A Figura 2 representa o processamento da mandioca para a obtenção de fécula de mandioca e geração de seus resíduos.

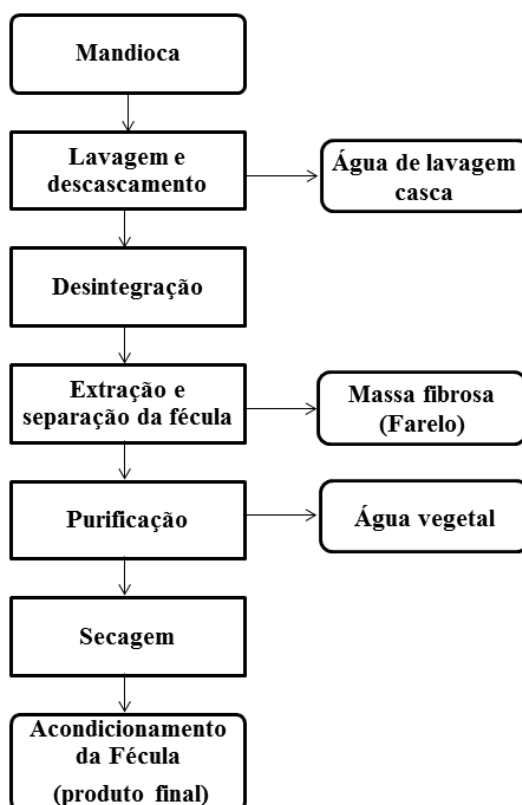


Figura 2: Esquema geral do processamento de mandioca para produção de fécula.

Para cada tonelada de raiz processada são produzidos cerca de 250 kg de fécula de mandioca, com 12 % de umidade, e 928,6 kg de farelo, com 85 % de umidade, totalizando 35,93 % de matéria seca nas raízes. Na produção brasileira de fécula de mandioca, são geradas 2,09 milhões de toneladas desse resíduo úmido e, no mundo, 28,6 milhões de toneladas (LEBOURG 1996; LEONEL; CEREDA, 1999; FIORDA et al., 2013).

O aproveitamento desse resíduo como um subproduto da indústria processadora de mandioca para a extração de fécula vem de encontro ao citado por Camacho (2009) que enfoca que o aproveitamento de resíduos tem se tornado cada vez mais importante, tanto para reduzir os impactos negativos no ambiente quanto para reduzir os custos de produção e aumentar a receita das agroindústrias.

Existem muitas possibilidades para o uso do farelo de mandioca já pesquisadas, como seu uso juntamente com complementos protéicos na formulação de rações para bovinos, como matéria-prima para produção de etanol, produção de carvão, enchimento para comprimidos, embalagens biodegradáveis e como fonte de

fibras em alimentos (LEONEL; CEREDA; ROAU, 1998; LEONEL; CEREDA; ROAU, 1999, LEONEL, 2001, LEONEL et al., 2008, TROMBINI et al., 2013).

O farelo de mandioca é rico nutricionalmente, com elevados teores de fibra alimentar total, tendo em média 15 % de fibras, 75 % de amido, 1,6 % de cinzas, 2 % de proteína, 1 % de açúcares e 0,8 % de matéria graxa (base seca) (LEONEL, 2001; FIORDA, 2011).

2.1.2 Fibra alimentar

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a fibra alimentar é definida como qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano (BRASIL, 2001). A fibra alimentar, também denominada fibra dietética, é constituída de polímeros de carboidratos com três ou mais unidades monoméricas mais a lignina, um polímero de fenilpropano (ANDERSON et al. 2009; HOWLETT et al. 2010).

As características físico-químicas das fibras promovem diferentes efeitos no organismo humano. As diferenças quanto à capacidade de retenção de água, viscosidade, fermentação, adsorção, entre outras, são responsáveis por implicações metabólicas (efeitos sistêmicos), bem como, efeitos no trato gastrointestinal (efeitos locais) (BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

Os componentes da fibra alimentar dividem-se nos grupos: polissacarídeos não amido, oligossacarídeos, carboidratos análogos, lignina, compostos associados à fibra alimentar (compostos fenólicos, proteína de parede celular, oxalatos, fitatos, ceras, cutina e suberina) e fibras de origem animal (quitina, quitosana, colágeno e condroitina) (TUNGLAND; MAYER, 2002).

As diferentes fibras podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade em água em fibra solúvel e fibra insolúvel.

As fibras solúveis são compostas por polissacarídeos não amiláceos, tais como: β - glucanas, gomas e pectinas. Apresentam a tendência de formação de géis quando em contato com a água formando uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e intestino delgado, o que dificulta a absorção de açúcares e de gorduras. Esse é o mecanismo pelo qual contribuem com a redução dos níveis lipídicos sanguíneos e teciduais, assim como, diminuição da glicemia (PERES, 2010).

Ainda, uma característica fundamental da fibra solúvel é a sua capacidade de ser metabolizada por bactérias, sendo fermentáveis, com a conseguinte produção de flatulência (RODRÍGUEZ; MEGÍAS; BAENA, 2003).

A celulose, a lignina e algumas hemiceluloses são classificadas como fibras insolúveis, não são solúveis em água, não formam géis, sua fermentação é limitada, possuem forte capacidade higroscópica e podem absorver acima de 20 vezes seu peso em água (THEBAUDIN et al., 1997).

Essa característica explica a habilidade de produtos ricos em fibras insolúveis aumentarem o peso do bolo fecal, acelerarem o trânsito intestinal e ainda desacelerar a hidrólise do amido e retardar a absorção da glicose, contribuindo para a redução do risco de alguns males do cólon (LEONEL; CEREDA; ROAU, 1999).

Em raízes de mandioca são encontrados em média 84,9 % de amido, 5,8 % de pectina, 2,7 % de hemicelulose, 1,9 % de celulose e 1,1 % de lignina em peso seco (HOLLOWAY et al., 1985). Rivera et al. (1993), caracterizando a fração fibrosa de raízes de mandioca utilizando métodos gravimétricos, encontraram em base seca 39,7 % de fibra detergente neutro (FDN), 23,8 % de fibra detergente ácido (FDA), 16,7 % de hemicelulose, 15 % de celulose, 4,8 % de lignina e 10 % de pectina.

As recomendações atuais de ingestão de fibra alimentar na dieta variam de acordo com a idade, o sexo e o consumo energético, sendo a recomendação adequada em torno de 14 g de fibra para cada 1.000 kcal ingeridas (IOM, 2005). O regulamento técnico referente à informação nutricional, RDC N° 54, DE 12 de novembro de 2012 da ANVISA, considera que um alimento pode ser fonte de fibra alimentar quando apresentar no mínimo 3 g de fibra 100 g⁻¹ (BRASIL, 2012).

As fibras podem ser utilizadas no enriquecimento de produtos ou como ingrediente, pois sua composição de polissacarídeos, lignina, oligossacarídeos, amido resistente, dentre outras substâncias, conferem diferentes propriedades funcionais, aplicáveis à indústria de alimentos, podendo ser aproveitada na produção de diferentes produtos (GIUNTINI; LAJOLO; MENEZES, 2003).

Os principais critérios para aceitação de alimentos enriquecidos com fibras alimentares são bom comportamento no processamento, boa estabilidade, aparência, textura e satisfação no aroma, na cor e na sensação deixada pelo alimento na boca. A adição de fibras alimentares em alimentos confere diferentes tipos de benefícios à saúde, o que motiva consumidores a aumentar o seu consumo (THEBAUDIN et al., 1997).

Uma alternativa para o aumento do consumo de fibras é aumentar a disponibilidade de produtos enriquecidos com fibras a preços acessíveis a maior parte dos consumidores, isso é possível com a utilização de fibras obtidas de resíduos industriais (OLIVEIRA, 2002).

Em sorvetes a adição de fibras tem visado não somente o incremento no teor desse importante componente funcional, mas também, na redução do teor de gordura, podendo ser utilizada como substituto desse (DERVISOGLU; YAZICI, 2006; BOFF et al., 2013).

2.1.3 Maltodextrinas

Os primeiros registros sobre a produção de maltodextrina datam de 1878 Herzfeld (1878), citado por Baker e Hulton (1938), foi o primeiro pesquisador a usar o termo maltodextrina para descrever produtos da degradação do amido.

A hidrólise do amido e seus componentes amilose e amilopectina resulta na produção de D-glicose, maltose e uma série de oligossacarídeos e polissacarídeos que possuem uma estrutura similar à do polissacarídeo original. Os membros dessa série, que possuem um grau de polimerização (GP) na faixa de 3 a 20, são conhecidos como maltodextrinas, e normalmente contêm um baixo teor de glicose e maltose (RODRIGUES, 2012).

O *The United States Pharmacopeia and National Formulary*, define maltodextrina como uma mistura de polímeros não-doces e nutritivos formados somente por unidades de D-glicose unidas, principalmente por ligações α -1,4, com dextrose equivalente (medida dos açúcares redutores na base seca, e que fornece a extensão da hidrólise que a maltodextrina possui) inferior a 20 (MOLLAN; ÇELIK, 1993). A Figura 3 apresenta a composição estrutural das maltodextrinas.

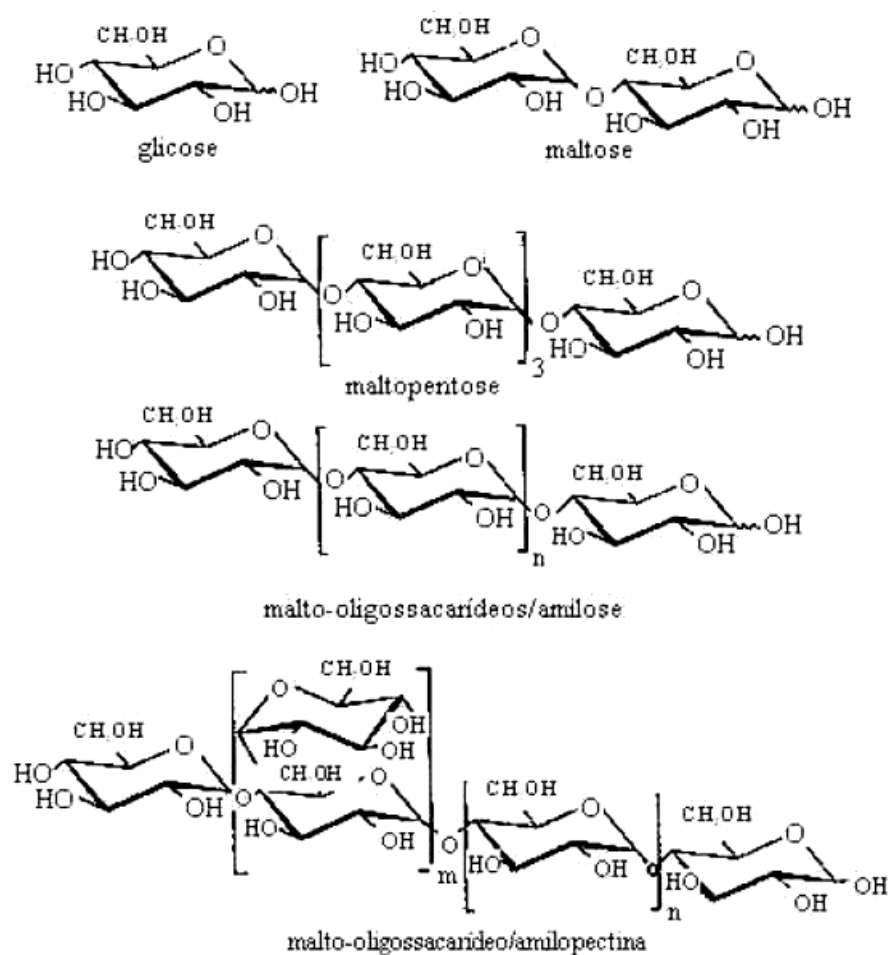


Figura 3: Principais componentes estruturais da maltodextrina.

Fonte: Kennedy, Knill e Taylor (1995).

As maltodextrinas consistem em uma mistura de sacarídeos com uma ampla distribuição de massa molecular, estando disponíveis no mercado na forma de pó e como soluções concentradas. Diferentemente do amido nativo, a maltodextrina é solúvel em água, tem baixa densidade, não apresenta sabor adocicado e não possui sabor de amido, por isso são muito utilizadas nas indústrias de alimentos (CHRONAKIS, 1998).

Maltodextrinas possuem uma média de 5 a 10 unidades de glicose por molécula, possuem diversas aplicações, principalmente na indústria de alimentos. As variações da fonte botânica, tipo de hidrólise e condições do processo (pré-tratamento, temperatura, tempo de hidrólise, tipo de enzima e concentração) resultam em maltodextrinas com propriedades físico-químicas diferentes (CHRONAKIS, 1998).

Para a produção da maltodextrina os amidos podem ser hidrolisados de forma química por meio de um ácido, usualmente ácido clorídrico (HCl), ou enzimática com o uso de α -amilase ou pululanase. Alguns processos de obtenção empregam ambos os métodos (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Maltodextrinas produzidas por hidrólise catalisada por ácidos têm uma forte tendência à retrogradação e escurecimento, pois fragmentos lineares de amido hidrolisado com ácido são grandes o suficiente para reassociar formando agregados insolúveis. Estas partículas retrogradadas atribuem às maltodextrinas uma coloração escura e um sabor amargo, o que é uma característica indesejável em várias aplicações (LLOYD; NELSON, 1984). Devido a esses fatores, maltodextrinas comerciais são preparadas por hidrólise enzimática do amido (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Para uma hidrólise ácido-enzimática, Armbruster e Harjes (1971), recomendam inicialmente a hidrólise ácida da suspensão de amido até a faixa de dextrose equivalente de 5-15. Após esse processo o hidrolisado é neutralizado e submetido à hidrólise com α -amilase bacteriana, obtida a partir do *Bacillus subtilis* ou *Bacillus mesentericus*, obtendo assim maltodextrina com menor tendência a retrogradação e escurecimento.

A maioria dos processos enzimáticos utilizados na produção de maltodextrinas são patenteados, e em geral o processo consiste na mistura da suspensão de amido com a enzima, aquecimento até a temperatura de gelatinização ($\pm 75\text{ }^{\circ}\text{C}$) e manutenção por um tempo determinado. Após a hidrólise a enzima é inativada em altas temperaturas ($\pm 105\text{ }^{\circ}\text{C}$) ou por acidificação do produto ($\text{pH} \pm 3,5$), as condições ótimas de pH e temperatura do processo dependem da enzima utilizada. Após esse processo o produto é filtrado, descolorido, neutralizado e seco (COUTINHO, 2007).

Maltodextrinas em alimentos podem ser usadas como espessante, ligante, substitutos de gordura, usadas para fornecer consistência, prevenir a cristalização e controlar o congelamento, bem como, melhorar a solubilidade e dar claridade em sobremesas e podem ser aplicadas no encapsulamento de essências e aromas. Também fornecem consistência e corpo aos produtos secos como condimentos, e são usadas como enchimento em comprimidos (COUTINHO, 2007).

Os benefícios promovidos à saúde pela ingestão de maltodextrina têm sido valorizados em produtos destinados a esportistas. Nesta área a maltodextrina é utilizada como um suplemento alimentar. Por serem carboidratos

complexos e possuírem uma digestão mais lenta, com liberação lenta de açúcar na corrente sanguínea, as maltodextrinas também são utilizadas em bebidas energéticas, auxiliando no desempenho durante os exercícios físicos, e na recuperação corporal prevenindo fadiga. Este carboidrato também tem sido bastante aplicado em fórmulas infantis e produtos enterais (BRAGANÇA, 2005).

A maltodextrina é recomendada em sorvetes com baixo teor de gordura, pois sua aplicação confere maior sensação de cremosidade na boca, em comparação a outros substitutos, os quais geralmente aumentam a dureza dos sorvetes (ROLLER, 1996).

2.1.4 Substitutos de gordura

Os alimentos e suas funcionalidades no organismo são fatores importantes para a melhoria e manutenção da saúde, sendo que a composição, a qualidade e quantidade de alimentos ingeridos influenciam diretamente a saúde e a estética do corpo (TRICHES; GIUGLIANI, 2005).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a ingestão diária de gorduras deve ser entre 15 e 30 % do total de energia ingerida por dia e a ingestão de gorduras saturadas deve ser menor que 10 % (WHO, 2003).

A energia fornecida pelas gorduras é de 9 kcal g⁻¹, mais que o dobro de calorias fornecidas pelas proteínas e carboidratos (4 kcal g⁻¹). Nos alimentos a gordura influencia na firmeza, adesividade, elasticidade, paladar, cremosidade e ação lubrificante (LIMA; NASSU, 1996).

A gordura é de grande importância na alimentação por suas propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais. É necessária para o metabolismo pleno do organismo com o fornecimento de ácidos graxos essenciais importantes para estrutura das membranas celulares e prostaglandinas, além de agir como transportadora das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (ROLLER; JONES, 1996).

Apesar da importância da gordura na saúde, estudos têm demonstrado existir alta correlação entre o excesso de gorduras na dieta e os riscos de doenças cardiovasculares, a incidência de certos tipos de câncer (especialmente do cólon, mama e próstata), diabetes e também na diminuição da expectativa de vida (VIANA et al., 2003). Isso tem preocupado os consumidores, levando-os a serem cada vez mais cautelosos quanto ao consumo de gorduras.

A gordura influencia qualitativamente e quantitativamente na textura e sabor do sorvete. Assim, características como viscosidade, cristalização da água e derretimento podem variar de acordo com o teor de gordura presente no produto (KOEFERLI; PICCINALI; SIGRIST, 1996).

As formulações tradicionais de sorvete geralmente contêm uma alta concentração de gorduras, as quais estão relacionadas principalmente com a textura e o sabor do produto. No Brasil as gorduras mais utilizadas para a fabricação de sorvete são a gordura vegetal e gordura de fonte láctea (SOLER; VEIGA, 2001).

Com a conscientização dos consumidores com a relação saúde e alimentação, manutenção do peso saudável e estética corporal, aumentou a busca por alimentos com menor teor de gordura. Isso fez com que as indústrias de alimentos oferecessem produtos alternativos com características especiais (CASTRO; FRANCO, 2002; MESICH, 2006).

Associado a isso, sorvetes podem ser elaborados com ingredientes diversificados, substituindo ingredientes tradicionais, como a gordura, por outros que tenham a mesma funcionalidade e sejam menos calóricos (MALANDRIN; PAISANO; COSTA, 2001).

Os substitutos de gorduras devem ter características sensoriais as mais próximas possíveis da gordura, além de proporcionarem a redução de calorias e manterem a estabilidade térmica (ZAMBRANO et al., 2005).

Diversos substitutos de gorduras estão disponíveis no mercado e sua classificação está baseada, principalmente, na natureza química, origem do produto, e valor energético (SIVIERI; OLIVEIRA, 2003). Podem ser classificados de acordo com seu mecanismo de ação em:

Fat substitutes (substitutos de gordura): são macromoléculas que se assemelham física e quimicamente as gorduras e óleos convencionais (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996);

Fat mimetic (imitadores de gordura): são compostos que imitam uma ou algumas das características sensoriais ou físicas das gorduras (PINHEIRO; PENNA, 2004);

Fat extenders (extensores de gordura): são um sistema de substituição de gorduras contendo uma mistura de gorduras ou óleos convencionais que estão combinados com outros ingredientes. Otimizam a funcionalidade da gordura existente no alimento e permite o uso de menor quantidade de gordura no produto (PINHEIRO; PENNA, 2004);

Fat analogs (análogos de gordura) ou *low-calorie fat* (gorduras de baixa caloria): são

triglicerídeos sintéticos, que combinam ácidos graxos não-convencionais na cadeia de glicerol, fazendo com que tenham um valor calórico reduzido (ROLLER; JONES, 1996; PINHEIRO; PENNA, 2004).

Os substitutos de gordura podem ser elaborados a base de proteínas, de carboidratos ou gorduras, podendo ser utilizados de forma isolada ou combinados, fornecendo entre 0 a 9 kcal g⁻¹ (MONTEIRO et al., 2006).

Produtos a base de carboidratos podem ser usados para substituir total ou parcialmente óleos e gorduras em uma grande variedade de alimentos, fornecendo 4 kcal g⁻¹ (LIMA; NASSU, 1996). Neste grupo encontram-se maltodextrinas, amidos modificados, polidextrose, gomas, pectina e celulose.

Os substitutos compostos por carboidratos são termoestáveis e promovem redução da atividade de água, dada a higroscopicidade das moléculas, podendo ser utilizadas associações de vários carboidratos para conferir a textura desejada.

O uso de carboidratos como substitutos de gordura em sorvetes pode aumentar a viscosidade sem influenciar as propriedades elásticas. Nos sorvetes, as maltodextrinas e os amidos modificados absorvem a água e formam géis que simulam a textura e a sensação de gordura na boca (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996; ADAPA et al., 2000).

2.2 Sorvete

O sorvete é um alimento reconhecido mundialmente e com grande perspectiva de crescimento comercial. Seu surgimento possui poucas evidências, sendo que um dos primeiros relatos afirma que o imperador Nero se alimentava de frutas congeladas na neve trazidas das montanhas por escravos. Existem também indícios de que cavaleiros da Mongólia teriam inventado o sorvete e espalhado a criação pela China durante a expansão de seu império, e em 1296 ao retornar de uma viagem à China, Marco Polo levou a ideia do produto para a Itália (CLARKE, 2004).

Em 1834 o sorvete ficou conhecido no Brasil, quando um navio americano aportou no Rio de Janeiro com toneladas de gelo e dois comerciantes cariocas compraram 217 toneladas deste gelo e começaram a fabricar sorvetes com frutas brasileiras. Na época, não havia uma forma de conservar o sorvete gelado, assim ele era consumido logo após o preparo (ABIS, 2015).

Desde então se vem agregando ao sorvete novos sabores, texturas, formas e processos tecnológicos de fabricação (GRANGER et al., 2005). Fabricantes de sorvetes estão investindo em produtos nutritivos e menos calóricos para atrair o consumidor, e junto com fornecedores de ingredientes estão sempre em busca de novidades, pois o mercado exige inovações, dinamismo e oferta de novas opções (MALANDRIN; PAISANO; COSTA, 2001).

Os gelados comestíveis são definidos, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pela RDC nº 266/05 como “produto (s) congelado (s) obtido (s) a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas ou de uma mistura de água e açúcar (es). Podem ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto” (BRASIL, 2005).

O consumo de sorvetes no Brasil apresentou aumento significativo de 90,5 % nos últimos anos, passando de 685 milhões de litros consumidos no ano de 2003 para 1305 milhões de litros no ano de 2014, apresentando um crescimento no consumo per capita de 3,83 para 6,43 litros/ano (Figura 4). O sorvete de massa representa cerca de 72 % da produção nacional e é onde as inovações tecnológicas têm maiores possibilidades de implementação pelas indústrias (ABIS, 2015).

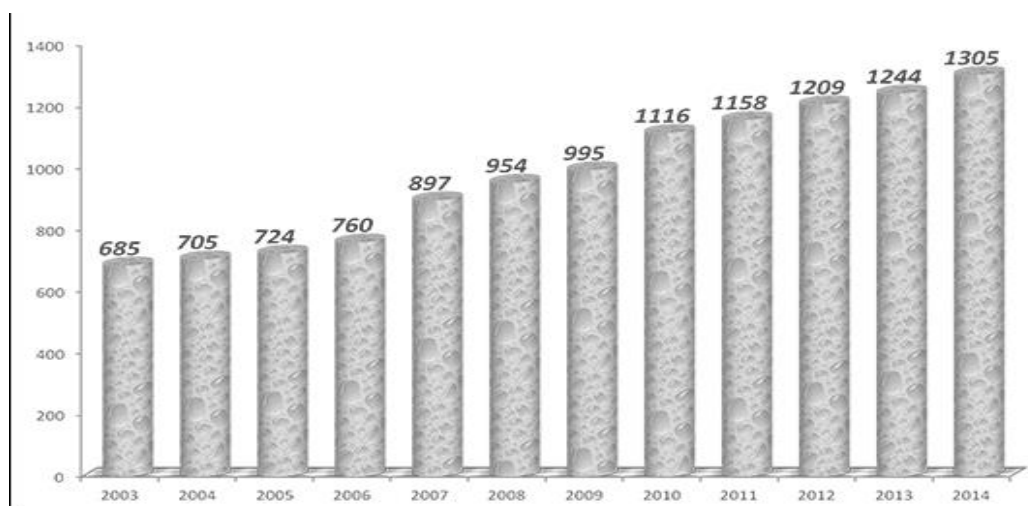


Figura 4: Consumo de sorvete do ano de 2003 a 2014 no Brasil em milhões de litros.

Fonte: ABIS (2015).

Os sorvetes são compostos por uma mistura de vários ingredientes, sendo os básicos a gordura, sólidos não gordurosos do leite, adoçantes,

estabilizantes, emulsificantes, aromatizantes e água. (PEREDA et al., 2005).

A proporção dos componentes se faz por peso, tanto da mistura como do sorvete congelado. Quando congelado, cerca da metade do volume do produto se constitui de ar, ao passo que a proporção dos componentes por volume pode se reduzir pela metade. A formulação de sorvetes depende dos ingredientes utilizados para suprir os componentes necessários para formação da sua estrutura (GOFF, 1997).

As proteínas são importantes para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, contribuem para emulsificação, desenvolvimento de corpo, auxiliam na aeração, contribuem para o aumento do tempo de derretimento e têm a capacidade de reter água, melhorando a viscosidade da mistura e reduzindo a formação de gelo no sorvete (SOUZA et al., 2010).

A presença de gordura no sorvete contribui para o desenvolvimento de uma textura suave, fornece energia, transporta os sabores solúveis em gorduras, confere cremosidade, melhora o corpo do produto, interage com outros ingredientes desenvolvendo a estrutura e o sabor (AMIOT, 1991; AKOH, 1998).

Os glóbulos de gordura concentrados na superfície das células de ar durante o congelamento melhoram o sabor do sorvete. No processamento, a quantidade de ar incorporado ao sorvete, define a área superficial do ar a ser recoberta pela gordura livre e pelos glóbulos isolados (MARSHAL; ARBUCKLE, 1996; MOSQUIM, 1999).

Os açúcares constituem uma das fontes mais econômicas de energia e de sólidos para o sorvete. Uma concentração de 15 a 18 % de açúcares é considerada ideal em sorvetes e constituem metade dos sólidos do produto (COSTA; LUSTOZA, 2000). A principal função da sacarose no sorvete é conferir sabor doce, aumentar o teor de sólidos, contribuir para o aumento da viscosidade, favorecer a textura do sorvete e regular seu ponto de congelamento (SOLER; VEIGA, 2001).

Os principais carboidratos presentes no sorvete são a sacarose, mais comumente utilizada, e a lactose presente naturalmente no leite. A lactose interfere na textura do sorvete e auxilia na doçura, porém, é pouco solúvel e em excesso pode cristalizar causando alterações indesejáveis na textura (AMIOT, 1991). Na temperatura de 25 °C, apenas 17,8 g de lactose é solúvel em 100 g de solução, e em determinadas condições pode formar grandes cristais provocando uma textura arenosa, produzindo uma sensação desagradável ao degustar o sorvete (ROBINSON, 1987).

Os açúcares, incluindo a lactose, contribuem para a redução do

ponto de congelamento de forma que no produto final apenas 72 % da água se encontre congelada. O restante da água encontra-se em uma solução de alta concentração de açúcar que juntamente com o ar incorporado, permite que o alimento possa ser consumido a temperaturas de -15° a -18 °C (GOFF, 1997).

Os estabilizantes melhoram a estabilidade da emulsão e influenciam na velocidade e temperatura de derretimento do sorvete (GOLF, 1997). Os emulsificantes auxiliam na formação de uma membrana protetora que evita a floculação excessiva e facilita a incorporação de ar. Os aromatizantes e corantes atuam na incorporação de sabores e cores ao sorvete (OLIVEIRA et al., 2005).

Os ingredientes utilizados e os processos implementados na produção de sorvetes podem afetar significativamente as propriedades químicas, físicas e a funcionalidade do produto final (MARSHALL, 2003).

A percepção do sabor e da textura do sorvete pelo consumidor está baseada na estrutura desse alimento, sendo considerada como um dos seus principais atributos (GOFF, 1997).

O sorvete é composto por glóbulos de gordura, bolhas de ar e cristais de gelo que ocupam a maior parte do espaço e estão dispersos em uma solução de proteínas, sais, polissacarídeos e açúcares. Os finos glóbulos de gordura, alguns deles floculados e rodeando as bolhas de ar, também formam a fase dispersa. Proteínas e emulsificantes encontram-se em torno dos glóbulos de gordura (GOFF, VERESPEJ; SMITH, 1999).

A composição química do sorvete pode variar, mas em geral tem 10 % de gordura, 10 % de sólidos não gordurosos, 15 % de açúcar, 65 % de água e uma pequena quantidade de estabilizantes e emulsificantes (GILLIES; GREENLEY, 2006).

A Figura 5 é uma representação esquemática da microestrutura do sorvete baseada em imagens geradas por microscopia eletrônica de varredura e mostra a presença dos principais elementos da estrutura: bolhas de ar, glóbulos de gordura, proteínas, cristais de gelo e matriz não congelada (THARP, 2015).

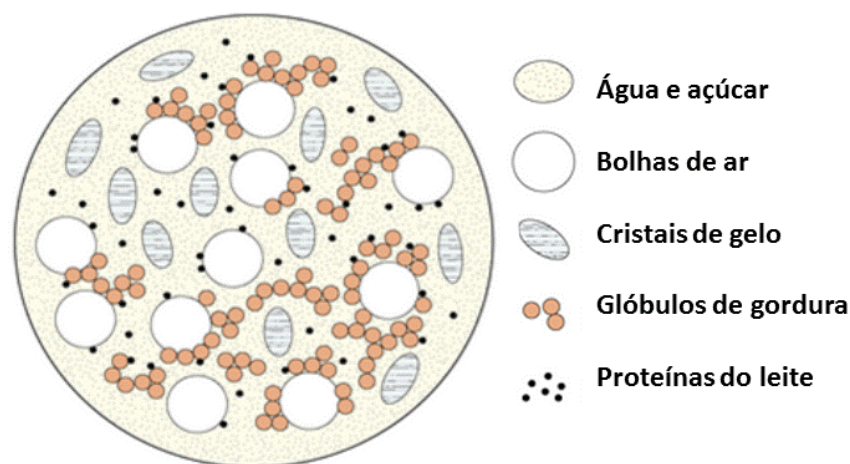


Figura 5: Estrutura do sorvete.

Fonte: Adaptado de Roth-Johnson (2013).

O ar compõe em média 50 % do volume no sorvete congelado. Essa incorporação de ar que ocorre durante o batimento é conhecida como *overrun*, e este parâmetro é considerado como indicador de rendimento da produção. Uma vez no freezer, o ar é subdividido em pequenas bolhas, que ficam envolvidas pelos glóbulos de gordura dando leveza ao produto (TAMIME; ROBINSON, 2007).

Os principais efeitos do ar na estrutura do sorvete são: (a) tornar a textura mais leve e suave. Sem ar incorporado a textura seria semelhante ao gelo; (b) interferir na cor. As bolhas de ar dispersam a luz e, portanto, afetam a aparência do produto, assim o produto final tem aparência mais clara que a mistura base; (c) auxiliar no controle do tamanho dos cristais de gelo, por oferecer uma barreira ao crescimento dos cristais; (d) aumentar a resistência do sorvete ao derretimento (CLARKE, 2004; SOFJAN; HARTEL, 2004; PEREIRA et al., 2011).

O tamanho das bolhas de ar é importante para a cremosidade, a qual aumenta à medida que o tamanho das bolhas diminui no sorvete acabado. Pequenas bolhas de ar contribuem indiretamente para o controle do crescimento de cristais de gelo, uma vez que limitam o espaço no qual o crescimento pode ocorrer (THARP, 2015). A Figura 6 mostra como as bolhas de ar podem reduzir o crescimento dos cristais de gelo por impedimento físico.

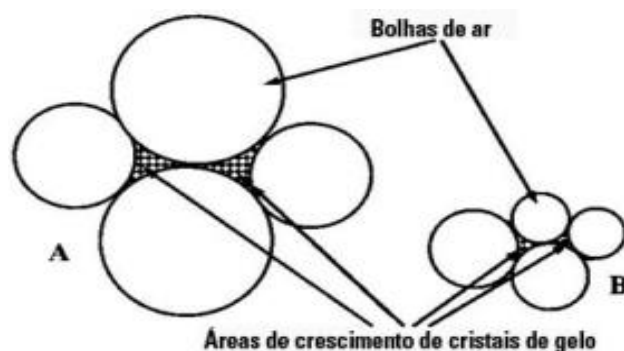


Figura 6: Efeito do tamanho das bolhas de ar no crescimento de cristais de gelo.

Fonte: Tharp (2015).

A cristalização é a organização das moléculas em uma fase sólida no interior de um fluido. Um soluto pode ser cristalizado a partir de uma solução, como na cristalização da lactose em produtos lácteos, e alternativamente, o solvente pode se cristalizar, como acontece com a formação de cristais de gelo nos sorvetes (PEREIRA et al., 2011).

Os cristais de gelo são partículas amorfas com tamanho entre 10 a 35 μm . A contribuição desses para a estrutura também tem uma influência direta devido à natureza sólida, cristalina, e o potencial para crescer e formar estruturas de cristais. Embora não esteja diretamente relacionado com a estrutura, o tamanho dos cristais de gelo é crítico para o desenvolvimento e manutenção de uma textura desejável no sorvete (THARP, 2015).

Apesar da estrutura interna do gelo ser geralmente uniforme, as condições de crescimento têm efeito sobre a forma, tamanho e morfologia dos cristais (PEREIRA et al., 2011). O tamanho do cristal de gelo varia inversamente com o número de núcleos formados. Em altas taxas de congelamento, um grande número de núcleos é formado e a massa de gelo é distribuída em um grande número de pequenos cristais. Sob baixas taxas de congelamento poucos núcleos são formados, levando ao desenvolvimento de grandes cristais de gelo (ZARITZKY, 2006).

A formulação do sorvete pode afetar a cristalização do gelo pela influência no ponto de início de congelamento e/ou no mecanismo de cristalização. As proteínas, com um alto peso molecular, difundem mais lentamente que os outros solutos, o que poderia levá-las a interferir na etapa de incorporação de água na rede cristalina. Os açúcares e sais da mistura base de sorvete afetam o ponto de congelamento do sorvete, sendo que em excesso o sorvete pode não ter um

congelamento adequado. Por fim, os glóbulos de gordura íntegros e parcialmente coalescidos, tem um papel na manutenção dos cristais de gelo pequenos (SOFJAN, HARTEL, 2004; PEREIRA et. al., 2011).

O desenvolvimento da estrutura dos glóbulos de gordura no sorvete é responsável por muitas propriedades desejáveis, incluindo a formação de flavor característico, desenvolvimento de uma textura suave, melhoria no corpo do produto e resistência ao derretimento (GOFF, 2006; PEREIRA et al., 2011).

Os glóbulos de gordura se apresentam tanto individuais quanto agregados, os quais são produzidos pela aglomeração que ocorre quando glóbulos individuais de gordura colidem durante a agitação rápida aplicada na sorveteira durante o congelamento (THARP, 2015).

O glóbulo de gordura sofre duas modificações durante o processamento do sorvete: a formação da emulsão ou estabilização e a coalescência parcial ou desestabilização. A Figura 7 representa a estrutura tridimensional do sorvete e transformação do glóbulo de gordura.

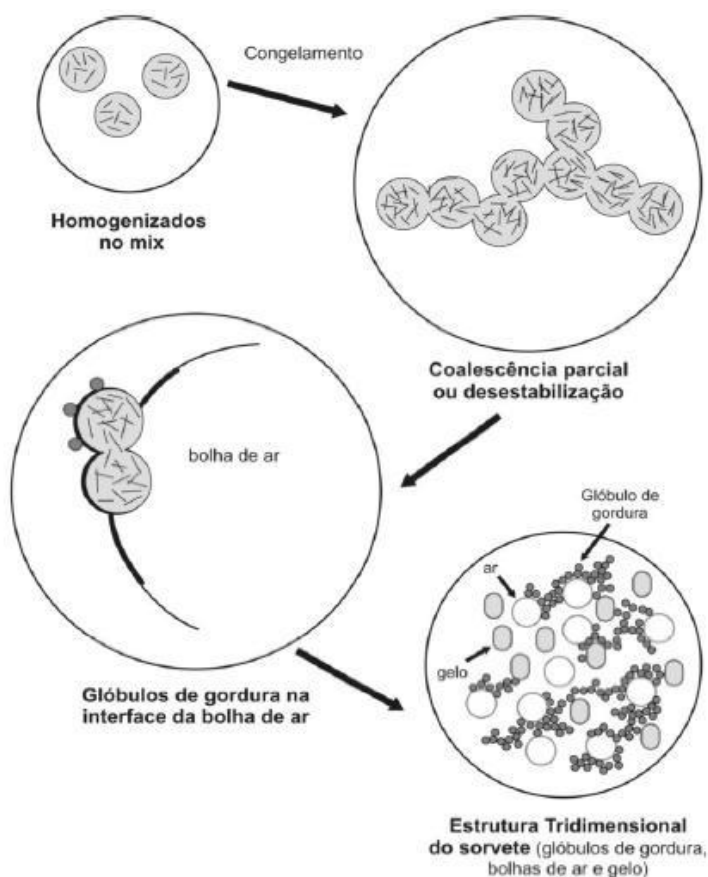


Figura 7: Transformações do glóbulo de gordura no sorvete.

Fonte: Cruz et al. (2011).

A homogeneização inicia o processo de formação da estrutura da gordura, pois, promove a ruptura dos glóbulos íntegros originando um grande número de pequenos glóbulos de gordura (aproximadamente 1 μm de diâmetro). Com o aumento da área superficial, o material de membrana nativo não é suficiente para recobrir todos os glóbulos recém-formados, e por esse motivo, ocorre à adsorção de certas moléculas com características anfífilas, tais como as caseínas, as proteínas do soro e os emulsificantes (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006; PEREIRA et al., 2011).

A natureza da fase contínua e não congelada do sorvete é muito importante para a sua estrutura e propriedades. Ela é composta pela água não congelada e todo o material que foi originalmente dissolvido ou suspenso na fase aquosa da mistura de sorvete. O gelo não contém material dissolvido e suspenso, assim, quando o sorvete congela, o nível desses componentes presentes na água não congelada aumenta, em um processo conhecido como concentração por congelamento (THARP, 2015).

Açúcares, estabilizantes, sais minerais e proteínas estão dissolvidos ou dispersos na fração de água que não foi congelada. Desta forma, à medida que a temperatura decresce, esses produtos tornam-se mais concentrados provocando inúmeras mudanças físicas e químicas na matriz não congelada (CLARKE, 2004; PEREIRA et al., 2011).

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

Os estabilizantes são um dos principais componentes da fração não congelada. Eles estão relacionados com o aumento da viscosidade da mistura base e, consequentemente, da matriz não congelada, reduzem a taxa de derretimento, estabilizam a espuma e reduzem o crescimento dos cristais de gelo (recristalização) e de lactose (RINCÓN et al., 2006).

2.2.1 Processo de obtenção do sorvete

O processo de obtenção do sorvete de massa pode variar em função do estágio tecnológico, dos tipos de equipamentos e escala de produção

(CLARKE, 2004), mas as etapas básicas do fluxograma de produção podem ser visualizadas na Figura 8.

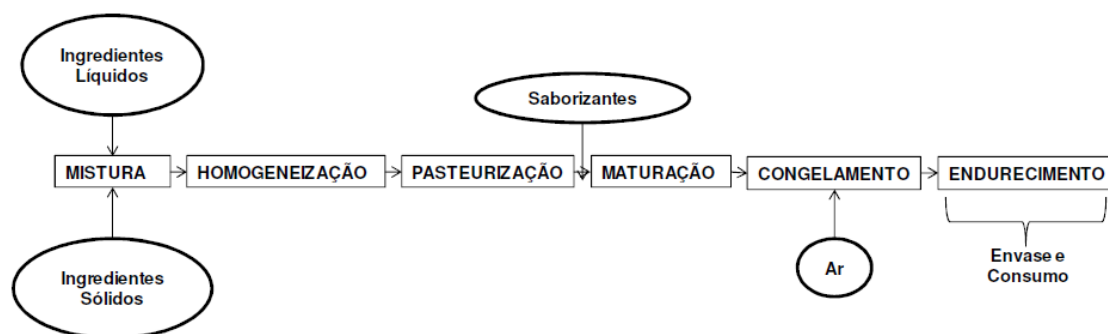


Figura 8: Etapas do processamento de sorvete.

Fonte: Clarke (2004).

Os ingredientes devem ser dosados em quantidades precisas, devido às características diferentes que possuem, e existe uma ordem de adição para se produzir uma ótima qualidade da mistura. Deve-se iniciar com os ingredientes líquidos (água, leite, etc.) sob agitação e aquecimento. Em seguida, os ingredientes sólidos (açúcar, estabilizantes, leite em pó, etc.) são adicionados, sendo os estabilizantes os ingredientes mais difíceis de dissolverem (CLARKE, 2004).

A função da etapa de homogeneização é reduzir o diâmetro dos glóbulos de gordura, favorecendo a formação de um produto mais homogêneo e cremoso, facilitando a ação dos agentes emulsificantes e estabilizantes sobre a superfície das partículas, além de aumentar a eficiência da pasteurização e diminuir o tempo de maturação da mistura (PORTO, 1998).

Devido à ação protetora da gordura e do açúcar sobre os microrganismos a pasteurização é necessária. No processo contínuo em alta temperatura e curto tempo (*High Temperature Short Time*) (HTST), as condições empregadas são 80 °C por 25 segundos. Já no processo em batelada (*Batch*), utiliza-se 70 °C por 30 minutos (BRASIL, 2005). A pasteurização além de reduzir a carga microbiana e eliminar microrganismos patogênicos, auxilia também na hidratação das proteínas e estabilizantes (ALDAZABAL et al., 2006).

Devido à pasteurização, grandes glóbulos de gordura são formados, e caso o sorvete seja produzido com esta mistura, poderá ocorrer uma distribuição inadequada da gordura e das bolhas de ar. Assim, a homogeneização reduz

o tamanho dos glóbulos de gordura, tornando-os uniformes (ALDAZABAL et al., 2006).

A maturação (0-4 °C por 12-24h) ocorre para melhor hidratação das proteínas do leite e do estabilizante, além de melhorar a qualidade de aeração da mistura (GOFF, 1997). Nesta etapa, o emulsificante é adsorvido na superfície das gotículas de gordura, substituindo algumas proteínas do soro e caseínas o que enfraquece a membrana e promove a desestabilização parcial de gordura, ocorrendo também à cristalização da gordura. A maturação deve durar tempo suficiente para que ocorra a cristalização da gordura e que os emulsificantes desloquem algumas proteínas (CLARKE, 2004).

A etapa de congelamento transforma a mistura em sorvete pelo processo de congelamento e agitação para geração dos cristais de gelo e das bolhas de ar (CLARKE, 2004). 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 nas descontínuas o sistema de incorporação se processa, exclusivamente, pela agitação constante a que a mistura é submetida (PEREIRA et al., 2011).

O batimento e a cristalização desestabilizam a emulsão da gordura na mistura, formando aglomerados de glóbulos de gordura que atuam como um agente compactante, fornecendo suporte para as bolhas de ar primariamente circundadas por proteínas. A combinação de proteínas de leite e gordura parcialmente coalescida, fornece força e estrutura para o sorvete (MARSHALL; ARBUCKLE, 1996).

2.2.2 Qualidade de Sorvete

A qualidade do sorvete está relacionada à composição, valor nutritivo, propriedades de manipulação (viscosidade, ponto de congelamento e taxa de aeração da mistura), propriedades sensoriais (sabor, corpo, textura, cor, palatabilidade geral), características de derretimento, embalagem e custo do produto final (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária pela resolução RDC nº 266/05 (BRASIL, 2005), os sorvetes devem ser obtidos, processados, embalados, armazenados, transportados e conservados em condições que não produzam, desenvolvam e ou agreguem substâncias físicas, químicas ou biológicas. Devem atender

aos Regulamentos Técnicos específicos de Aditivos Alimentares e Coadjuvantes de Tecnologia de Fabricação; Contaminantes; Características Macroscópicas, Microscópicas e Microbiológicas; Rotulagem de Alimentos Embalados; Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados; Informação Nutricional Complementar, quando houver; e outras legislações pertinentes. A utilização de ingrediente que não é usado tradicionalmente como alimento pode ser autorizada, desde que seja comprovada a segurança de uso em atendimento ao Regulamento Técnico específico (BRASIL, 2005).

O sorvete ideal deve ter características esperadas pelo consumidor e pelo fabricante, quanto aos atributos de qualidade: sabor, corpo, textura, características de derretimento, cor, embalagem e composição. Deve possuir um sabor típico, frescor agradável e delicado, ter textura definida e macia, derreter lentamente em forma de líquido sem separações de fases e possuir partículas regularmente distribuídas (SOUZA et al., 2010).

Segundo a *Food Ingredients* Brasil (2011), existem fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam a vida de prateleira (*shelf life*) do sorvete. Os fatores intrínsecos são: qualidade da matéria-prima, formulação do produto e estrutura. Os extrínsecos são: perfil de tempo e temperatura durante o processamento; variabilidade espacial de pressão; controle de temperatura durante o armazenamento e distribuição; umidade relativa durante o processamento, armazenamento e distribuição; exposição à luz durante o processamento, armazenamento e distribuição; carga microbiana ambiental; composição da atmosfera no interior da embalagem; e manuseio do consumidor.

Um dos maiores defeitos que limita a qualidade do sorvete durante o armazenamento é a recristalização de gelo. Ela está relacionada principalmente com a temperatura de armazenamento e variações de temperatura, e também devido à complexidade da matriz do sorvete, ação do agente emulsionante, a desestabilização de gordura e separações de fase (TSEVDOU et al., 2014). Segundo Goff (2011) a recristalização é um fator que limita o prazo de validade, ela é minimizada por meio da manutenção de baixas temperaturas durante o tempo que o sorvete permanece na cadeia de frio (transporte, armazenamento e consumo).

A incorporação de ar, *overrun*, também é um fator de qualidade, e tem influência no corpo do produto, textura e sabor. Ar incorporado em excesso resultará em um sorvete de textura esponjosa e com pouco sabor, enquanto a ausência ou quantidade insuficiente de ar incorporado produzirá um sorvete pegajoso e de

aparência compacta (RECHSTEINER, 2009).

A incorporação de ar é importante para o aumento do rendimento, permitindo a redução do preço do sorvete, e aumentando o faturamento da indústria (RECHSTEINER, 2009). Se o sorvete derrete, o ar pode escapar e, dessa forma, o produto diminui de volume e assume aspecto compacto. A legislação vigente no Brasil permite um peso mínimo de 475 g de sorvete por litro de sorvete (BRASIL, 2005).

A textura do sorvete depende do estado de agregação dos glóbulos de gordura, quantidade de ar, viscosidade da fase aquosa e do tamanho e estado de agregação dos cristais de gelo. A viscosidade é afetada principalmente pela gordura, estabilizantes, tipo e qualidade dos ingredientes, processamento e manipulação da mistura e concentração de sólidos totais, sendo que o aumento da viscosidade aumenta a resistência ao derretimento e a maciez (KUŞ; ALTAN; KAYA, 2005).

A aparência do sorvete durante seu derretimento pode trazer informações importantes quanto a fatores de variação na qualidade, tais como estabilidade da proteína e aglomeração de gordura, os quais afetam a cremosidade e suavidade do sorvete (RECHSTEINER, 2009).

Apesar das características sensoriais serem correlacionadas com as propriedades visco-elásticas e alterações de textura no sorvete durante o armazenamento, há poucos dados na literatura sobre o efeito da temperatura no armazenamento ou o efeito do tempo de armazenamento sobre as propriedades sensoriais do sorvete (TSEVDOU et al., 2014).

O atendimento dos requisitos químicos e biológicos na produção de sorvetes é importante devido ao fato de que o mesmo possui estrutura muito sensível e qualquer ganho de temperatura pode ocasionar o aumento da atividade de água (A_w) e o surgimento de características indesejáveis, como a formação de cristais de gelo e a proliferação de microrganismos causadores de toxinfecções (MAGALHÃES; BROIETTI, 2010).

A adição de fibras, substitutos de gordura, proteínas entre outros ingredientes promovem alterações nos parâmetros de qualidade e aceitação sensorial do sorvete. Tanto a adição de fibras como a redução do teor de gordura em sorvetes pode causar redução na incorporação de ar e também na aceitação sensorial do produto (YILSAI; YILMAZ; BAYIZIT, 2005; DERVISOGLU; YAZICI, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matérias-primas

Para o preparo dos sorvetes foram utilizados os seguintes ingredientes: Açúcar cristal Guarani ®, Leite em pó desnatado Piracanjuba ®, essência de baunilha Dr. Oetker ®, Gordura vegetal hidrogenada Primor ®, Emulsificante Emustab Selecta ® e Liga Neutra Selecta ®. Para os ingredientes estabilizantes e emulsificantes, esses foram adicionados, conforme a Resolução RDC nº 3, de 15 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007), que permite a adição desses aditivos na proporção de 0,05 a 1,0 g por 100 ml para sorvetes.

A maltodextrina de mandioca utilizada foi a Neomalt 5010-B ®, doada pela indústria Agro comercial Cassava S/A situada em Rio do Sul – SC. A Tabela 1 apresenta as características da maltodextrina de mandioca utilizada.

Tabela 1: Características da maltodextrina de mandioca Neomalt 5010-B ®.

Parâmetros Neomalt 5010-B®.	g 100 g⁻¹
D.E. (dextrose equivalente)	10,95
Sólidos Solúveis	99,6
Umidade	5,0
Cinzas	0,34
pH	4,96

A maltodextrina de mandioca foi obtida pela conversão

enzimática do amido de mandioca de grau alimentício, purificado, clarificado, filtrado à vácuo e seco por atomização em *spray dryer*.

O farelo de mandioca utilizado foi doado pela fecularia Flor de Lotus situada em Cândido Mota-SP. Antes de ser utilizado o farelo de mandioca foi seco em estufa $\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, triturado em moinho de facas e peneirado em peneira com abertura de 0,09 mm para padronização da granulometria. Após esse processo, o farelo de mandioca foi caracterizado quanto à umidade, cinzas, proteína, matéria graxa, fibras, açúcares totais, amido, pH, acidez titulável e cor.

3.2 Caracterização do farelo de mandioca

3.2.1 Determinação do teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade as amostras foram colocadas em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 8 horas até a obtenção de massa constante. Após esse período foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e posteriormente pesadas, obedecendo ao método AOAC (2012). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.2.2 Determinação do teor de cinzas

Para a determinação do teor de cinzas as amostras foram submetidas à combustão em mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Logo após as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas posteriormente (AOAC, 2012). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.2.3 Determinação do teor de proteína

Para determinar o teor de proteínas foi utilizado o método de Kjeldahl, conforme AOAC (2012). O fator utilizado para conversão do teor de nitrogênio em proteína bruta foi de 6,25. Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{ g}^{-1}$.

3.2.4 Determinação de matéria graxa

Para determinação da matéria graxa foram utilizados aproximadamente 3 g de cada amostra e realizadas em extrator Soxhlet, utilizando éter de petróleo para a extração, conforme metodologia descrita por AOAC (2012). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

3.2.5 Determinação do teor de fibra

O teor de fibra total foi determinado por hidrólise ácida seguida de hidrólise alcalina. Foram utilizados 3 g de cada amostra processadas em bloco digestor de fibras, obedecendo à metodologia proposta por AOAC (2012). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

3.2.6 Determinação do teor de açúcares totais

Para a determinação do teor de açúcares totais pesou-se aproximadamente 500 mg de cada amostra em erlenmeyer, acrescentou-se 60 mL de álcool 50 %, e em seguida foi colocado em banho com aquecimento a 60 a 65 °C por 60 minutos. Depois foi acrescentado 1 mL de HCl p.a. e as amostras retornaram ao banho por mais 60 minutos, sendo após resfriadas, neutralizadas e diluídas. O teor de açúcares totais foi determinado pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

3.2.7 Determinação do teor de amido

O teor de amido foi determinado pelo método de hidrólise enzimática segundo metodologia ISO-6647 (1987). Foram transferidos 200 mg de amostra para erlenmeyers de 125 mL adicionaram-se em seguida 42 mL de água destilada, 100 μL de solução de alfa-amilase (Sigma-Aldrich) e 1 mL de solução tampão Acetato de Sódio 2 mols L^{-1} em pH 5,35. As amostras foram colocadas em banho com agitação à temperatura de 90 °C por duas horas. Posteriormente, as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente e adicionados 100 μL de Amiloglucosidase (Sigma-Aldrich) voltando-as ao banho maria por mais duas horas sob agitação constante a uma

temperatura de 55 °C. Posteriormente amostras foram resfriadas e transferidas para balão volumétrico de 250 mL. Retirou-se uma alíquota de 5 mL colocando-a em balão volumétrico de 100 mL, onde o pH foi corrigido para 7. Após a hidrólise do amido o teor foi determinado pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944). A conversão para amido foi feita pela multiplicação da porcentagem de açúcar obtida pelo fator 0,9. Os resultados foram expressos na base úmida em g 100g⁻¹.

3.2.8 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do potencial hidrogeniônico foi realizada em pHmetro à temperatura de 24 °C. Foram utilizados 5g da amostra condicionadas em erlenmeyers de 250 mL, segundo metodologia descrita pela AOAC (2012).

3.2.9 Determinação da acidez titulável

A determinação da acidez titulável (mL de NaOH g⁻¹) foi realizada na mesma amostra após a determinação do pH. Sob agitação magnética, a amostra foi titulada com a solução padronizada de NaOH a 0,1 mol L⁻¹ até ser atingido o pH 8,2 a 8,3 no pH-metro, anotando-se o volume gasto, seguindo a metodologia descrita pela AOAC (2012).

3.2.10 Cor

A cor foi avaliada em um colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing). Os resultados foram expressos em valores L*, a*, b* e h* onde os valores de L* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), os valores do croma a* variam do verde (-60) ao vermelho (+60), valores do croma b* variam do azul (-60) ao amarelo (+60), e h* (tonalidade cromática). Para h*, o 0 representa vermelho puro; o 90, o amarelo puro; o 180, o verde puro; e o 270, o azul puro. Assim, valores de h* próximos de 90, indicam tonalidade amarela, e, quanto mais próximos de 0, tonalidade vermelha.

3.3 Delineamento experimental

Planejamentos experimentais baseados em princípios estatísticos permitem a obtenção do maior número possível de informações sobre o sistema em estudo através da realização de um número mínimo de experimentos (BARROS NETO et al., 2003).

Para avaliar o efeito das concentrações de maltodextrina e farelo de mandioca sobre os parâmetros de qualidade dos sorvetes foram realizados ensaios seguindo o delineamento central composto rotacional para dois fatores e três níveis codificados, totalizando 11 tratamentos, a saber:

- quatro tratamentos correspondentes ao fatorial 2^2 , onde os dois fatores são: maltodextrina de mandioca (MD) (%) e farelo de mandioca (FM) (%), cada qual em dois níveis, codificados como -1 e $+1$;
- quatro tratamentos com níveis mínimo e máximo de cada fator, codificados como $-\alpha$ e $+\alpha$, respectivamente, sendo $\alpha = 1,41$;
- um tratamento central repetido três vezes, onde os fatores estão todos em um nível médio, codificado como zero.

A Tabela 2 mostra os 11 tratamentos com as diferentes condições experimentais.

Tabela 2: Variáveis independentes codificadas e reais do planejamento experimental.

Tratamentos	Variáveis independentes codificadas		Variáveis independentes reais	
	X1	X2	MD	FM
T1	-1	-1	29	1,5
T2	-1	1	29	8,5
T3	1	-1	71	1,5
T4	1	1	71	8,5
T5	-1,41	0	20	5
T6	1,41	0	80	5
T7	0	-1,41	50	0
T8	0	1,41	50	10
T9	0	0	50	5
T10	0	0	50	5
T11	0	0	50	5

X1= MD = Maltodextrina de mandioca (%); X2 = FM = Farelo de mandioca desidratado (%).

Foram realizados ensaios experimentais a partir de uma formulação padrão com adição de variadas concentrações de farelo de mandioca como fonte de fibras. A escolha do ponto ótimo levou em consideração a adição de um teor de farelo de mandioca que fosse aceitável sensorialmente.

A Tabela 3 apresenta todas as formulações para o preparo dos sorvetes e o teor de fibras encontrado em cada formulação, calculado a partir do teor de fibras encontrado no farelo de mandioca em sua caracterização.

Tabela 3: Formulações dos sorvetes e teor de fibras calculado por tratamento.

Ingredientes	g 100g⁻¹								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9,10,11
Aroma	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Leite	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Liga neutra	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Emulsificante	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Açúcar	19,5	12,5	19,5	12,5	16,0	16,0	21,0	11,0	16,0
Farelo de mandioca	1,5	8,5	1,5	8,5	5,0	5,0	0,0	10,0	5,0
Gordura	5,18	5,18	2,11	2,11	5,84	1,46	3,65	3,65	3,65
Maltodextrina	2,11	2,11	5,18	5,18	1,46	5,84	3,65	3,65	3,65
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Teor de fibras calculado*	0,31	1,8	0,31	1,8	1,05	1,05	0	2,11	1,05

*Teor de fibras calculado a partir da composição centesimal do farelo de mandioca utilizado.

3.3.1 Produção dos sorvetes

As condições de processamento e equipamentos foram fixadas e determinadas a partir de testes preliminares. O processamento dos sorvetes foi realizado em sistema tipo batelada. Para a produção do sorvete foi utilizada uma adaptação do método proposto por Clarke (2004). A Figura 9 mostra o fluxograma do preparo dos sorvetes.

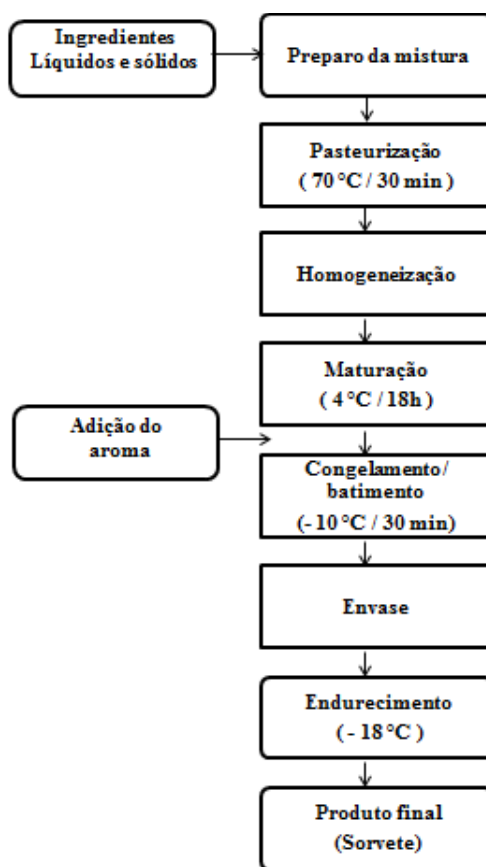


Figura 9: Fluxograma das etapas de preparo dos sorvetes.

Cada etapa do processamento dos sorvetes encontra-se especificadas a seguir:

a) Mistura

Os ingredientes líquidos foram previamente misturados, e então acrescidos aos ingredientes secos. Em seguida, foram agitados em um recipiente de aço inox com a utilização de mixer (Arpifrio) até a mistura se tornar homogênea.

b) Pasteurização

A mistura foi pasteurizada em banho maria com temperatura de 70 °C por 30 minutos como preconizado pela legislação (BRASIL, 2005).

c) Homogeneização

Esta etapa foi efetuada com a utilização de mixer (Arpifrio) durante 10 minutos com banho de gelo para resfriar a mistura.

d) Resfriamento e Maturação

A mistura pasteurizada e homogeneizada foi armazenada sob refrigeração a 4 °C por 18 ($\pm$ 2) horas. Após este período, foi adicionada a essência de baunilha à mistura.

e) Batimento e congelamento

Após o período de maturação a mistura foi agitada e congelada em sorveteira (Refrigia) (Figura 10) a uma temperatura de -10 °C 30 min⁻¹. O sorvete foi retirado da sorveteira e imediatamente colocado em recipientes plásticos de capacidade de 2 litros para armazenamento a -18 °C em freezer. As amostras de sorvetes para as análises foram colocadas diretamente em recipientes que seriam utilizados nas análises.



Figura 10: Sorveteira utilizada no preparo dos sorvetes.

3.4 Determinações físico-químicas dos sorvetes

As análises físico-químicas das diferentes formulações do sorvete foram realizadas em triplicata no Laboratório de Análises do Centro de Raízes e Amidos Tropicais, UNESP. As análises de umidade, cinzas, proteínas, matéria graxa, pH, acidez titulável e cor foram realizadas como descrito anteriormente no item 3.2.

3.4.1 Determinação do teor de sólidos solúveis

Os valores de sólidos solúveis (°Brix) foram tomados em refratômetro HANNA (HI 96801) a $\pm 26^{\circ}\text{C}$.

3.4.2 Determinação do teor de carboidratos

A composição em carboidratos foi determinada por diferença. O teor de carboidratos totais (Tc) foi calculado, em porcentagem, de acordo com a equação:

$$\text{Tc} = 100 - (\text{U} + \text{C} + \text{L} + \text{P})$$

Onde U, C, L e P representam, respectivamente, as porcentagens de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas.

3.4.3 Determinação da textura

Para avaliação da textura Newton (N) a amostra foi colocada em potes cilíndricos de 100 mL. Foi utilizado um texturômetro modelo TA.XT. Plus Texture Analyser, com a distância de penetração de 25 mm e velocidade de 2,0 mm seg.⁻¹, utilizando probe p/2N (RECHSTEINER, 2009).

3.4.4 Determinação da incorporação de ar (*overrun*)

A incorporação de ar (*overrun*) foi calculada segundo Arbuckle (1986), onde:

% *overrun* =

$$\frac{(\text{massa de um volume de mistura} - \text{massa de um mesmo volume de sorvete}) \times 100}{\text{Massa de um mesmo volume de sorvete}}$$

3.4.5 Testes de derretimento (*melting test*)

O teste foi realizado de acordo com o procedimento descrito por Granger et al. (2005), com modificações. Inicialmente 100 g de cada amostra de sorvete foram armazenadas em potes cilíndricos de 250 mL, para padronização da amostra e armazenados em freezer até o momento da análise. Cada bloco de sorvete foi colocado

sobre peneira metálica, com abertura de 5,6 mm apoiada em um funil colocado sobre um béquer de 250 mL por meio de um suporte. O béquer foi mantido sobre uma balança analítica para pesagem da massa derretida (Figura 11). A massa de sorvete derretida foi registrada a cada 5 minutos ao longo de 60 minutos. A partir dos dados obtidos foram construídos gráficos da massa de sorvete derretida em função do tempo.



Figura 11: Equipamentos utilizados na avaliação da resistência ao derretimento.

Para avaliar o comportamento dos sorvetes durante o derretimento ao longo do tempo, foram mantidas condições experimentais idênticas para todas as amostras, a temperatura ambiente foi mantida a 26 °C (± 1) durante a análise de modo a minimizar a influência da temperatura exterior e taxa de transferência de calor.

Para que todos os dados de massa derretida do sorvete em função do tempo fossem analisados, estes foram submetidos à análise de variância. Os efeitos das concentrações de farelo de mandioca e maltodextrina foram avaliados mediante análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo, a magnitude dos coeficientes de regressão significativos ao nível de 5 % de significância pelo teste F, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

3.4.6 Análise térmica (DSC)

Os termogramas foram obtidos em calorímetro Perkin-Elmer (DSC 8500) e software Pyris versão 11.0.0.0449 para Windows. O equipamento foi calibrado com padrão de Índio puro antes da análise. Alíquotas de 15 mg da mistura de

sorvete foram seladas em painéis de alumínio (50 l, Perkin- Elmer) e colocadas no equipamento (DSC). O protocolo de temperatura utilizado foi: (a) resfriamento a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$, (b) aquecimento de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e recozimento à mesma temperatura durante 30 min para promover formação máxima de gelo, (c) resfriamento a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ mantendo durante 5 min, e (d) aquecimento de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $5\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$, metodologia adaptada de Soukoulis, Lebesi e Tzia (2009).

Os pontos de congelamento das formulações foram calculados a partir das curvas de fusão obtidas no DSC, determinando a temperatura à qual o mais íngreme declive foi observado, também foi determinado variação da entalpia de fusão (ΔH), a quantidade de gelo formada por grama de amostra (IC) foi determinada por integração das curvas de fusão e dividindo a ΔH com o calor latente de fusão do gelo puro (334 J g^{-1}). A porcentagem de água não congelada (ligada) (UFW) foi calculada utilizando a fórmula: $\% \text{ UFW} = \% \text{ umidade} - \text{IC } \%$ (ALVAREZ et al., 2005).

3.5 Análise sensorial

A aceitação sensorial dos sorvetes foi realizada por 60 provadores não treinados com idades entre 18 e 67 anos. As análises sensoriais foram realizadas na escola técnica Maria Vitória na cidade de Botucatu. As amostras foram servidas em copos descartáveis de 50 mL, com cerca de 30 g de amostra, codificados com números de três dígitos aleatórios. Foi utilizada escala hedônica de nove pontos, com os pontos extremos, 1 – “Desgostei MUITÍSSIMO” e 9 – “Gostei MUITÍSSIMO” (DUTCOSKY, 1996). Foram avaliados os atributos aroma, aparência geral, cor, textura e sabor. Também foi realizada a intenção de compra dos sorvetes utilizando escala de cinco pontos com extremos, 1 - “Certamente não compraria” e 5 - “certamente compraria” (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). Foi aprovada a realização da análise sensorial pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UNESP de Botucatu, sob protocolo de número (51005415.4.0000.5411). O modelo de ficha utilizada no teste de aceitação sensorial está apresentado nos anexos.

3.6 Análise dos dados

Para a análise estatística dos resultados experimentais foi utilizado o modelo:

$$y_k = b_0 + \sum_{i=1}^2 b_i x_{ik} + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{ij} x_{ik} x_{jk} + e_k$$

onde:

y_k = valor observado da variável dependente no nível K , $K = 1, \dots, 11$;

x_{iK} = i -ésima variável independente, no nível K , $i = 1, 2$;

b_0 = parâmetro do modelo, independente de x ;

b_i = parâmetros correspondentes aos efeitos lineares de x_i ;

b_{ij} = parâmetros correspondentes aos efeitos de 2ª ordem de $x_i x_j$, $i = 1, 2, j = 1, 2$;

e_k = erro experimental associado à k -ésima parcela.

O processamento dos dados e a análise estatística foram realizados com o auxílio do sistema SAS. A significância do modelo foi testada pela análise de variância (ANOVA), sendo adotado o nível de significância alfa de 5 %.

3.7 Período de armazenamento

O tratamento central dos sorvetes, 5 % de farelo e 50 % de maltodextrina de mandioca, foi produzido em triplicata e armazenado em freezer a -18°C (± 2). As amostras foram armazenadas por 90 dias para avaliação das alterações ocorridas durante esse período, realizando-se análises nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento. Foram realizadas análises de textura, derretimento, cor, análise de aceitação sensorial e intenção de compra conforme descrito nos itens 3.4 e 3.5. Foi realizada também avaliação da presença de cristais de gelo no sorvete pelos provadores, juntamente com o teste de aceitação sensorial. Os efeitos das concentrações de farelo de mandioca e maltodextrina sobre o sorvete no período de armazenamento foram avaliados mediante análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo, a magnitude dos coeficientes de regressão significativos ao nível de 5 % de significância pelo teste F, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). O modelo de ficha utilizada no teste de aceitação sensorial durante o período de armazenamento do sorvete está apresentado nos anexos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do farelo de mandioca

O farelo de mandioca, resíduo da extração da fécula, apresentou considerável teor de fibras justificando seu uso como fonte de fibras no sorvete. Leonel et al. (2008) caracterizando farelo de mandioca para uso na produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo obtiveram 9,9 % de fibras, 6,0 % de umidade, 76,32 % de amido, 0,92 % de proteínas, 5,3 % de matéria-graxa e 1,3 % de cinzas. Estes resultados diferem dos obtidos neste experimento, principalmente quanto ao teor de fibras, o que pode ser reflexo de uma melhor extração do amido na empresa que cedeu o material. Trombini, Leonel e Mischán (2013), no desenvolvimento de *snacks* extrusados a partir de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca encontram valor de fibras de 21,37 % no farelo de mandioca, semelhante ao encontrado neste estudo.

A Tabela 4 apresenta a composição físico-química do farelo de mandioca utilizado nos sorvetes.

Tabela 4: Composição físico-química média e cor do farelo de mandioca.

Caracterização do farelo de mandioca	g 100 g⁻¹
Açúcar solúvel total	0,39 ± 0,07
Proteínas	1,80 ± 0,11
Amido	67,68 ± 0,49
Fibras	21,16 ± 0,64
Umidade	6,24 ± 0,36
Cinzas	1,50 ± 0,02
Matéria graxa	1,23 ± 0,02
pH	4,89 ± 0,06
Acidez (mL NaOH g⁻¹)	11,69 ± 0,02
Parâmetros de Cor	
Luminosidade (L*)	76,57 ± 0,18
Croma a*	4,56 ± 0,17
Croma b*	15,66 ± 0,13
Tonalidade cromática (h*)	73,81 ± 0,42

Obs.: Composição média de três amostras de farelo de mandioca.

Analisando a composição química de farelos derivados do processamento do trigo e da soja, os quais têm sido comumente utilizados como fonte de fibras no desenvolvimento de produtos alimentícios verifica-se que o farelo de trigo, subproduto da moenda dos grãos de trigo, contém em torno de: 35 a 48 % de fibras, 9 % de umidade, 6,81 % de cinzas, 14,48 % proteínas e 4,26% de lipídios (PIEKARSKI, 2009) evidenciando um teor de fibras superior ao encontrado no farelo de mandioca. Já o farelo de soja, resíduo obtido a partir da moagem dos grãos de soja, possui 8,57 % de fibras, 5,86 % de umidade, 5,60 % de cinzas, 35,79 % proteínas, 12,83 % de lipídios e 31,35 % de carboidratos (MORGUETE et al., 2007) com teor de fibras inferior ao farelo de mandioca.

A cor é um parâmetro muito importante em ingredientes, pois pode levar a alterações significativas na cor do produto final. Assim sendo, a análise dos parâmetros de cor do farelo de mandioca mostraram que este apresentou menor valor de luminosidade e maiores valores de coordenadas de cromaticidade a* e b*, quando comparado a fécula de mandioca (L*= 82, 22, b*= 2,37, a*= 6,64), analisada por Fiorda

et al. (2013). Esta diferença se deve principalmente a presença maior de outros componentes presentes no farelo o que não ocorre na fécula. Esta tonalidade mais escura do farelo de mandioca é observada em todas as farinhas integrais que possuem teores elevados de fibras e minerais, pois os mesmos se acumulam nas camadas exteriores dos grãos e, quanto menor o grau de polimento destes grãos, menor a remoção das camadas periféricas, ocasionando maior escurecimento das farinhas (LAMBERTS et al. 2008). Fiorda et al. (2013) e Rodrigues, Caliari e Asquieri (2011), observaram farelos de mandioca menos claros ($L^* = 41,0$ e $28,7$), mais avermelhados ($a^* = 7,01$ e $7,1$) e menos amarelos ($b^* = 20,28$ e $12,9$) que o farelo de mandioca utilizado no presente estudo, o que provavelmente se deve a composição química variável desse resíduo, a qual também está diretamente relacionada com a eficiência do processamento de extração da fécula.

4.2 Caracterização dos sorvetes

4.2.1 Caracterização visual dos sorvetes

Todos os tratamentos dos sorvetes produzidos com a utilização de maltodextrina de mandioca como substitutos de gordura e farelo de mandioca como fonte de fibras apresentaram aparência e cremosidade semelhantes aos sorvetes de massa industrializados, conforme ilustrado na Figura 12.



Figura 12: Imagens dos sorvetes após o preparo.

4.2.2 Análises físico-químicas dos sorvetes

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados da análise dos coeficientes de regressão para o efeito dos parâmetros variáveis sobre as análises físico-química dos sorvetes.

Tabela 5: Coeficientes de regressão das análises físico-químicas dos sorvetes.

	Umidade	Cinzas	Carboidratos totais	M. graxa	Proteína	Sólidos solúveis	pH	Acidez
Intercepto	65,50	0,65	29,25	1,35	3,46	32,54	6,44	0,14
MD	-0,13	-0,0006	1,24*	-1,25**	0,13	1,16**	0,01	0,00
FM	1,86**	0,006	-1,95**	-0,007	0,08	-1,81**	-0,06	0,003
MD*MD	1,09	0,002	-1,55	0,57*	-0,23	-1,42*	0,03	0,014
FM*FM	-0,16	0,005	-0,17	0,32	-0,11	-0,26	0,06	0,00
MD*FM	-0,20	0,27	0,32	0,08	-0,22	-0,06	0,002	0,01
Pr>f	0,04	0,8851	0,0099	0,0105	0,0842	0,0398	0,4260	0,6455
R²	0,8499	0,2392	0,9168	0,9147	0,7921	0,8503	0,5438	0,4129

MD = Maltodextrina de mandioca, FM = Farelo de mandioca, R² = coeficiente de determinação, *p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001

Na Tabela 6 estão apresentados os coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

Tabela 6: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados das análises físico-químicas dos sorvetes.

Parâmetros	Equações	Pr >F	R ²
Umidade	$U = 65,34 + 1,86FM + 1,14 MD^2$	0,0007	0,8396
Carboidratos	$C = 29,1 + 1,24MD - 1,95FM - 1,5MD^2$	0,0005	0,9079
M. graxa	$MG = 1,65 - 1,25MD + 0,48MD^2$	0,0002	0,8759
Sólidos Solúveis	$SS = 32,30 + 1,62MD - 1,81FM - 1,34MD^2$	0,0032	0,8446

Obs.: Valores estatisticamente significativos a 95 % de significância ($p < 0,05$).

4.2.2.1 Umidade

Para o teor de umidade dos sorvetes observou-se variação de 63,57 a 69,84 % com efeitos do farelo de mandioca e da maltodextrina na formulação.

A superfície de resposta traçada a partir do modelo ajustado (Tabela 6) mostra que nas condições de baixo teor de farelo de mandioca e valores intermediários de maltodextrina foram obtidos sorvetes com menor teor de umidade (Figura 13).

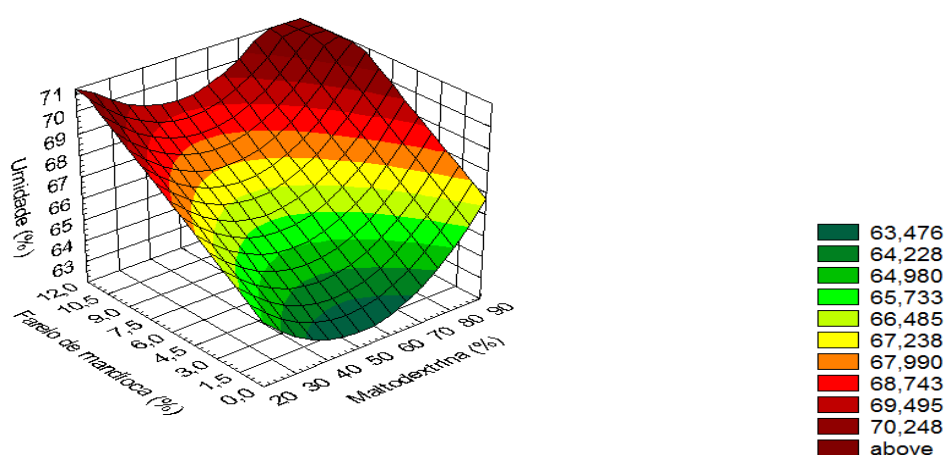


Figura 13: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca na umidade dos sorvetes.

Por outro lado, observa-se que os maiores teores de umidade foram observados nas condições extremas opostas do teor de maltodextrina na formulação e alto teor de farelo de mandioca. Este resultado pode estar relacionado à capacidade de retenção

de água diferenciada dos dois ingredientes, principalmente devido ao considerável teor de fibras do farelo de mandioca.

Boff et al. (2013) utilizando fibra de laranja como substituto de gordura em sorvete observaram que o teor de umidade encontrado nas diferentes formulações dos sorvetes variou de 63 % a 70 %, o sorvete controle apresentou menor valor de umidade do que os sorvetes adicionados de fibra, mostrando que a adição de fibras ao sorvete tende a aumentar a umidade.

A redução de gordura vegetal hidrogenada substituída pela maltodextrina de mandioca, nos teores de maltodextrina de 71 e 80 % aumentaram a umidade dos sorvetes. Segundo Pinheiro e Penna (2004), na formulação do sorvete, quanto maior a quantidade de gordura, menor a quantidade de água, pois esta dificulta a ligação das moléculas de água.

4.2.2.2 Cinzas

Quanto ao teor de cinzas nos sorvetes não houve efeito dos ingredientes adicionados sobre este componente (Tabela 5) o qual variou de 0,6 a 0,72 % nos sorvetes. O teor de cinzas é uma indicação do conteúdo mineral presente nas amostras de sorvete e, apesar do farelo de mandioca conter um teor considerável de resíduo mineral (1,5 %), sua variação não influenciou no teor final de cinzas dos sorvetes.

Boff et al. (2013) também notaram que não houve diferença significativa entre as amostras de sorvete com fibras de laranja para o teor de cinzas, obtendo uma média de 3,79 % em base seca. Rossa, Burin e Bordignon-luiz (2012) avaliando o efeito da transglutaminase microbiana nas propriedades funcionais e reológicas de sorvete com diferentes teores de gordura, igualmente relataram que não houve diferença significativa nos teores de cinzas dos sorvetes com uma média de 0,9 % de cinzas.

Devido ao baixo teor de cinzas em muitos dos ingredientes utilizados, a variação da porcentagem desses na formulação muitas vezes não acarreta em alteração significativa no teor do produto final.

4.2.2.3 Carboidratos

Para carboidratos, os valores observados nas diferentes

formulações variaram de 22,89 a 31,11 %. A análise dos dados apresentou efeito da maltodextrina e efeito do farelo de mandioca (Tabelas 5 e 6).

Conforme mostra a superfície de resposta traçada a partir do modelo ajustado teores mais elevados de carboidratos nos sorvetes são observados nas condições de elevado teor de maltodextrina e teores menores de farelo de mandioca, o que já era esperado devido à composição química desses ingredientes (Figura 14).

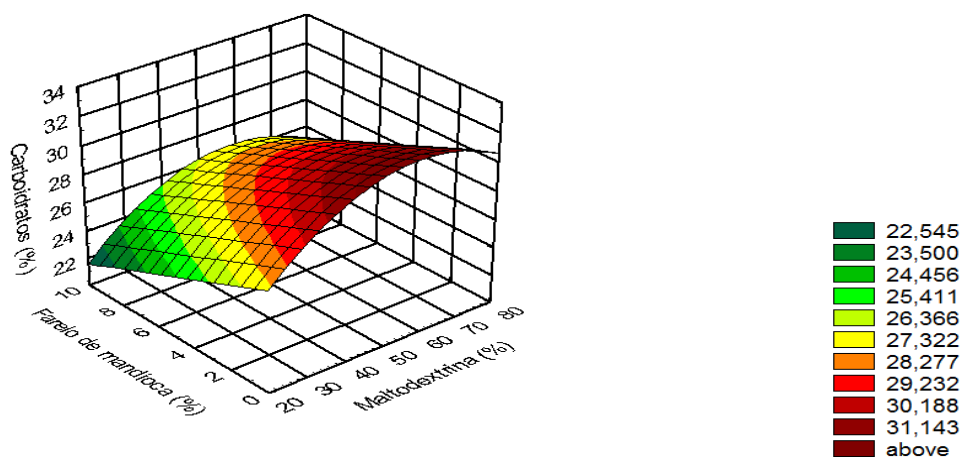


Figura 14: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca no teor de carboidratos do sorvete.

Boff et al. (2013) observaram que não houve diferença significativa nos teores de carboidratos entre as formulações de sorvete com fibras de laranja, obtendo uma média de 68,11 % de carboidrato em base seca. Chinellato et al. (2011) avaliando a adição de fibras alimentares em sorvete de leite de búfala, também observaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos no teor de carboidratos, com uma média de 22,23 %.

Sousa (2013) avaliando a adição de inulina, culturas probióticas e concentrado de proteínas de soro de leite como substituto de gordura em sorvete, observou que a adição de 6 % de inulina no sorvete aumentou a quantidade de carboidratos totais no produto final.

Assim, a variação no teor de carboidratos depende da composição dos ingredientes adicionados. Como o farelo de mandioca é rico em carboidratos em sua composição, mas também outros componentes (minerais, matéria graxa e proteínas) e substituiu parte do açúcar que possui um maior teor de carboidratos em sua composição, era esperado que houvesse uma pequena redução no teor de carboidratos com o aumento

da porcentagem de farelo. Em contrapartida na substituição da gordura por maltodextrina era esperado que o teor de carboidratos aumentasse.

4.2.2.4 Matéria Graxa

Quanto ao teor de matéria graxa, obteve-se uma variação de 1,26 a 4,20 % entre os tratamentos. A análise dos dados evidenciou efeito da maltodextrina de mandioca sobre este parâmetro, não apresentando efeito do farelo de mandioca (Tabelas 5 e 6).

Conforme pode ser observado na Figura 15 o aumento do teor de maltodextrina promoveu redução significativa do teor de matéria graxa no sorvete.

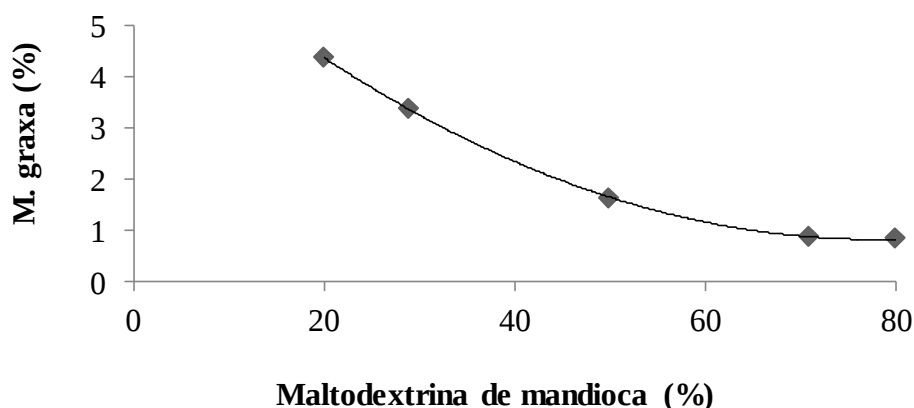


Figura 15: Efeito da maltodextrina no teor de matéria graxa dos sorvetes.

Obteve-se uma redução média de 58 % na matéria graxa dos sorvetes. Nos extremos, a formulação com maior teor de maltodextrina (80 %) para a formulação com menor teor de maltodextrina (20 %) a redução foi de 98 %.

Crizel et al. (2014), aplicando fibra de laranja como um substituto de gordura em sorvete, obtiveram uma redução média de 51 % do teor de gordura em comparação a amostra controle de sorvete (sem adição de fibra). Santos e Silva (2012) e Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) conseguiram uma redução de gordura de 41 % no desenvolvimento de sorvetes utilizando Dairy-Lo (um concentrado de proteína de soro de leite) e inulina como substitutos.

Além da redução do teor de gordura no sorvete, com sua substituição pela maltodextrina também ocorreu redução no valor calórico dos sorvetes,

devido a maltodextrina oferecer 4 Kcal g⁻¹, enquanto a gordura oferece 9 Kcal g⁻¹, sendo um benefício tanto para a saúde como para a estética corporal dos consumidores.

4.2.2.5 Proteínas

Para os teores de proteínas nos sorvetes observou-se uma variação de 2,62 a 3,64 % não havendo efeito significativo dos ingredientes variáveis sobre este parâmetro (Tabela 5). O farelo de mandioca utilizado contém baixo teor de proteínas e a maltodextrina de mandioca não contém proteínas em sua composição. A principal fonte de proteínas nas formulações dos sorvetes era o leite, como esse não variou entre as formulações era esperado que não houvesse diferença significativa no teor de proteínas entre os tratamentos.

Boff et al. (2013) relatou que não houve diferença significativa em relação ao teor de proteína das diferentes formulações de sorvete com fibra de laranja como substituto de gordura. Silva Júnior e Lannes (2011) avaliaram sorvetes com tipos diferentes de gordura e observaram que o conteúdo de proteínas também não variou entre as formulações. Assim como Rossa, Burin e Bordignon-luiz (2012) avaliando o efeito da enzima transglutaminase em sorvete com diferentes teores de gordura também observaram que não houve diferença significativa no teor de proteínas. Esses relatos concordam com o observado neste estudo.

4.2.2.6 Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis variou de 27,4 a 32,83 %. A análise dos dados revelou efeito da maltodextrina e efeito do farelo de mandioca sobre este parâmetro (Tabelas 5 e 6, Figura 16).

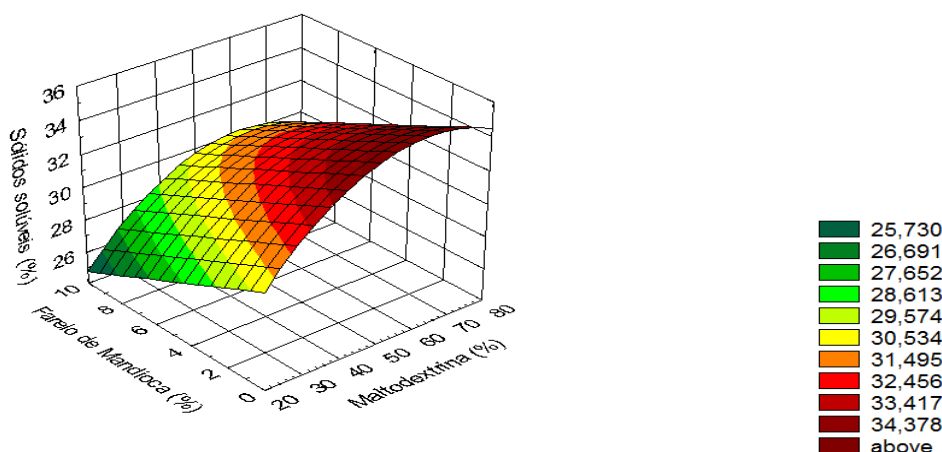


Figura 16: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca no teor de sólidos solúveis dos sorvetes.

A superfície de resposta traçada a partir do modelo ajustado mostra que com o aumento do teor de farelo de mandioca houve redução no teor de sólidos solúveis devido à redução no teor de açúcar proporcional ao aumento de farelo nos tratamentos. Com o aumento da maltodextrina aumentou o teor de sólidos solúveis, devido à maltodextrina conter mais de 99 % de sólidos solúveis em sua composição (Tabela 1).

Rossa, Burin e Bordignon-luiz (2012) avaliando o efeito da transglutaminase microbiana em sorvete com diferentes teores de gordura observaram que não houve diferença significativa no teor de sólidos solúveis apresentando média de 22,4 %. A variação no teor de sólidos solúveis é dependente dos ingredientes variados entre as formulações, como os ingredientes variados no presente estudo continham alto teor de sólidos solúveis, como a maltodextrina e o açúcar, houve diferença significativa.

4.2.2.7 pH

A análise dos dados de pH dos sorvetes mostrou não ter ocorrido efeito dos parâmetros variáveis testados sobre esta variável dependente (Tabela 5). Os resultados obtidos variaram de 6,37 a 6,73.

Dervisoglu e Yazici (2006), avaliando os efeitos da fibra de *citrus* sobre as propriedades de sorvete, observaram que a adição de fibra não afetou significativamente os valores de pH, mas reduziu numericamente os valores. Já Santos e Silva (2012) concluíram que o pH baixo observado nas formulações de sorvete de mangaba foi devido à adição de polpa de mangaba à mistura a qual possuía pH ácido.

Sorvetes de sabores como baunilha e chocolate apresentam valores de pH em torno de 6,0 (BAER; WOLKOW; KASPERSON, 1997), assim o sorvete no presente estudo obteve valores de pH dentro do esperado.

4.2.2.8 Acidez

Da mesma forma que o pH dos sorvetes, a análise dos dados mostrou não ter ocorrido influência significativa das porcentagens de maltodextrina e farelo de mandioca na formulação sobre a acidez dos sorvetes (Tabela 5). Os valores de acidez variaram de 0,13 a 0,20 mL NaOH g⁻¹. Dervisoglu e Yazici (2006), avaliando os efeitos da fibra de *citrus* em sorvete, observaram que a adição de fibra não afetou significativamente os valores de acidez.

4.2.3 Análises físicas dos sorvetes

A partir dos resultados obtidos nas análises físicas dos sorvetes, foi verificada a interferência dos parâmetros variáveis e determinados os coeficientes de regressão para as variáveis dependentes, os quais estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes de regressão das análises físicas dos sorvetes.

	<i>Overrun</i>	Textura	L*	a*	b*	h*
Intercepto	23,38	12,1	74,45	4,67	13,19	71,49
MD	-0,66	-1,28	0,06	0,19	0,30	-0,32
FM	-2,95**	5,66**	-6,79**	1,80***	1,75**	-8,92**
MD*MD	-0,92	3,58*	-0,37	-0,04	0,45	-1,01
FM*FM	-0,69	3,56*	2,89**	-0,53	-0,76	5,16*
MD*FM	-6,04***	0,37	0,01	-0,04	0,51	1,14
Pr>f	0,0217	0,0026	0,0004	0,0011	0,0122	0,0152
R²	0,8844	0,9521	0,9765	0,9661	0,9091	0,9005

MD = Maltodextrina de mandioca, FM = Farelo de mandioca, R² = coeficiente de determinação, *p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001.

Na Tabela 8 estão apresentados os coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

Tabela 8: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados das análises físicas dos sorvetes.

Parâmetros	Equações	Pr >F	R ²
Overrun	$O = 22,21 - 2,95FM - 6,03FM*MD$	0,0005	0,8475
Textura	$T = 12,1 + 5,66FM + 3,58 MD^2 + 3,56FM*MD$	0,0004	0,9179
Cor L*	$L^* = 74,11 - 6,79FM + 3FM^2$	<.0001	0,9747
Cor a*	$a^* = 4,63 + 1,80FM - 0,51FM^2$	<.0001	0,9555
Cor b*	$b^* = 13,61 + 1,76FM - 0,90FM^2$	0,0009	0,8278
Cor h*	$h^* = 70,54 + 8,92FM + 5,45FM^2$	0,0002	0,8878

Obs.: Valores estatisticamente significativos a 95 % de significância ($p < 0,05$).

4.2.3.1 Overrun

A incorporação de ar durante o processamento do sorvete refere-se ao aumento do volume do produto em relação à calda. (NAZARUDDIN; SYALISA; ROSNANI, 2008; CRUZ et al., 2009). A incorporação de ar no produto (*Overrun*) variou de 14,44 a 30,94 %. A análise dos dados mostrou ter ocorrido efeito do farelo de mandioca e efeito da interação entre o farelo de mandioca e a maltodextrina no *overrun* (Tabela 8). O aumento do teor de farelo de mandioca na formulação promoveu redução significativa do *overrun* (Figura 17).

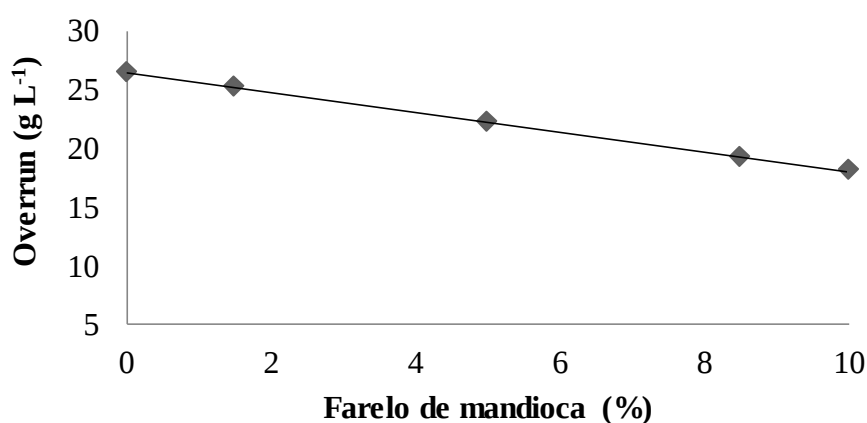


Figura 17: Efeito do farelo de mandioca sobre o *overrun* (quantidade de ar incorporado) nos sorvetes.

A diminuição na incorporação de ar no produto pela maior

proporção de farelo de mandioca na formulação possivelmente ocorreu devido ao aumento da viscosidade da calda, diminuindo a mobilidade molecular, o que dificultou a incorporação de ar durante o batimento do sorvete.

De acordo com Goff (2002), o volume de ar incorporado pode ser de mais de 50 % a um mínimo de 10 % a 15 %. Os sorvetes obtidos neste estudo apresentaram porcentagens maiores que os mínimos, mas não chegaram ao máximo, apresentado pelo autor.

Segundo a Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005, os sorvetes podem apresentar densidade aparente mínima de 475 g L⁻¹, ou seja, podem conter no máximo 110 % de ar incorporado no produto, não havendo um mínimo exigido (BRASIL, 2005). Assim, os sorvetes elaborados encontraram-se dentro do preconizado pela legislação brasileira em vigor.

Dervisoglu e Yazici (2006), usando fibras de *citrus* em sorvete, obtiveram valores para *overrun* entre 39 % e 22 %, e observaram que a adição de fibras reduziu o *overrun* obtido nos sorvetes, já que essas aumentaram a viscosidade da calda, reduzindo a incorporação de ar.

Crizel et al. (2014) observaram que os sorvetes adicionados de fibras de laranja como substituto de gordura apresentaram valores de *overrun* mais baixos (17,3 %) em comparação aos sorvetes controle (54,5 %). Resultados semelhantes foram obtidos por Adapa et al. (2000), que verificaram que adição de substituto de gordura a base carboidratos na calda reduziram a incorporação de ar devido ao aumento da viscosidade.

De acordo com Aime et al. (2001), substitutos de gorduras provindo de carboidratos estão associados com o aumento da viscosidade em sorvetes, consequentemente reduzem a incorporação de ar.

Santos e Silva (2012) notaram que formulações testadas com substitutos de gordura e açúcares no sorvete apresentaram redução no aumento de volume quando comparado com o controle. Yilsay et al. (2005), também observaram redução no *overrun* de sorvetes de baunilha, quando adicionaram proteína de soro de leite em substituição à gordura.

De acordo com esses relatos e os resultados encontrados neste estudo tanto a incorporação de fibras quanto a redução da gordura podem ocasionar a redução da incorporação de ar nos sorvetes, porém essa redução na incorporação de ar pode ser superada com o emprego de sorveteiras com injeção de ar, que já são comumente utilizadas em indústrias.

4.2.3.2 Textura

A textura do sorvete é um fator importante para a aceitabilidade do produto, e é afetada por vários fatores, como tamanho dos cristais de gelo, *overrun*, o grau de desestabilização de gordura e componentes não congelados (MUSE; HARTEL, 2004).

De acordo com Soukoulis, Chandrinos e Tzia (2008) a dureza instrumental pode ser usada como uma medida de crescimento de cristais de gelo. O número e o tamanho dos cristais de gelo formados a partir da água disponível durante o congelamento influencia na formação de cristais e no seu crescimento durante o armazenamento.

A análise dos dados de textura evidenciou efeito do farelo de mandioca e efeito da maltodextrina, interação dos dois fatores sobre esse parâmetro (Tabela 8). A textura nos sorvetes variou de 10,13 a 29,83 Newton (N).

A superfície de resposta traçada a partir do modelo ajustado evidencia que valores de elevada força de penetração são obtidos nos sorvetes com teores baixos de maltodextrina e baixo teor de farelo de mandioca, indicando maior dureza dos sorvetes (Figura 18).

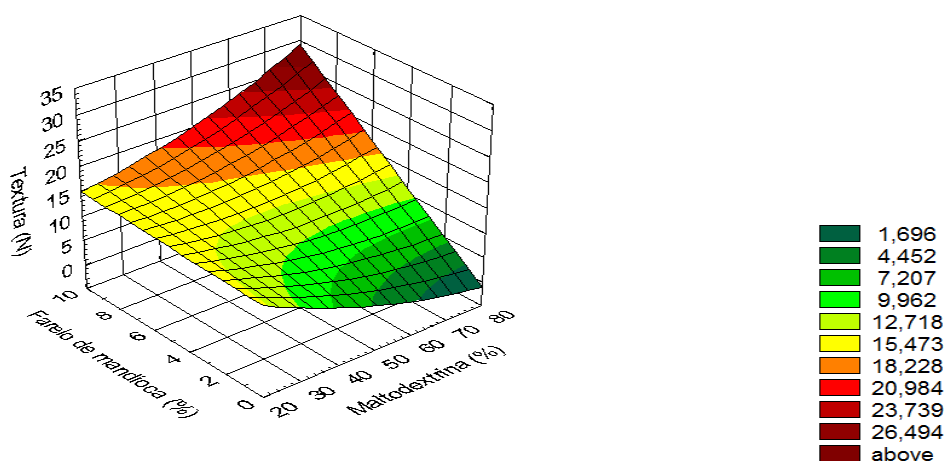


Figura 18: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre a textura dos sorvetes.

Com menores teores de farelo de mandioca e maiores teores de maltodextrina ocorreu menor requerimento de força (N) de penetração, o que pode ser devido à maltodextrina ter dificultado a formação de cristais de gelo no sorvete. Segundo Aime et al. (2001) a presença de amido modificado pode superar o problema do aumento

do volume de cristais de gelo em sorvetes com redução de gordura, fornecendo um produto com os valores equivalentes de dureza ao de sorvetes com teor regular de gordura.

O teor de gordura influência na textura de sorvetes, estudos de Guinard et al. (1997), Alamprese et al. (2002), El Nagar et al. (2002) e Akalin, Karagözlü e Ünal (2008), mostram que a dureza foi inversamente proporcional ao conteúdo de gordura. Guinard et al. (1997) com ensaios de textura em sorvete com o nível de gordura de 8,73 % a 19,3 % observou que a força de deformação para o sorvete de baixo teor de gordura foi duas vezes maior do que a força da medida do sorvete com alto nível de gordura e elevado teor de sólidos.

Segundo Guinard et al. (1997) a redução do teor de gordura proporciona aumento na formação de cristais de gelo, o que pode proporcionar maior dureza nos sorvetes com concentração menor de gordura. No presente estudo foi observado que a maltodextrina supriu a redução da gordura nos sorvetes, não permitindo que a dureza dos sorvetes aumentasse com a redução da gordura, reduzindo formação de cristais de gelo.

O farelo de mandioca também reduziu o requerimento de força de penetração. A desejável leveza do sorvete está intimamente relacionada com sua dureza, um sorvete mais leve, menos denso, apresentará menor dureza e menor força será necessária para cisalhá-lo (SILVA, 2004).

Resultados semelhantes foram apresentados no trabalho de Ahmadi et al. (2014), onde amostras de frozen iogurte suplementadas com 4 e 8 % de frutooligossacarídeos (FOS) apresentaram valores de dureza significativamente menores em relação a amostra controle (0 % de FOS). De acordo com observações desses autores, a solubilidade do FOS na fase aquosa do sorvete foi eficiente na manutenção do tamanho dos cristais de gelo frente ao processo de recristalização durante todo o período de armazenamento.

Varela, Pintor e Fiszman (2014), avaliando as propriedades de sorvetes com hidrocolóides, observaram no teste de penetração dos sorvetes que as amostras que obtiveram maior dureza continham o maior teor de água na mistura, consequentemente, mais gelo e rede de formação de gelo.

Tanto o farelo de mandioca quanto a maltodextrina se mostraram eficientes em proporcionar uma textura mais leve, cremosa e menos rígida nos sorvetes, ambos auxiliando na menor formação de cristais de gelo, que é um parâmetro de qualidade do produto.

4.2.3.3 Cor

Os coeficientes de regressão dos modelos ajustados das medidas colorimétricas das amostras de sorvetes contendo maltodextrina e farelo de mandioca em diferentes concentrações estão apresentados na Tabela 8. Houve efeito do teor de farelo de mandioca nos valores de L^* (luminosidade), a^* (componente verde-vermelho), b^* (componente amarelo-azul) e h^* (tonalidade cromática) (Figura 19).

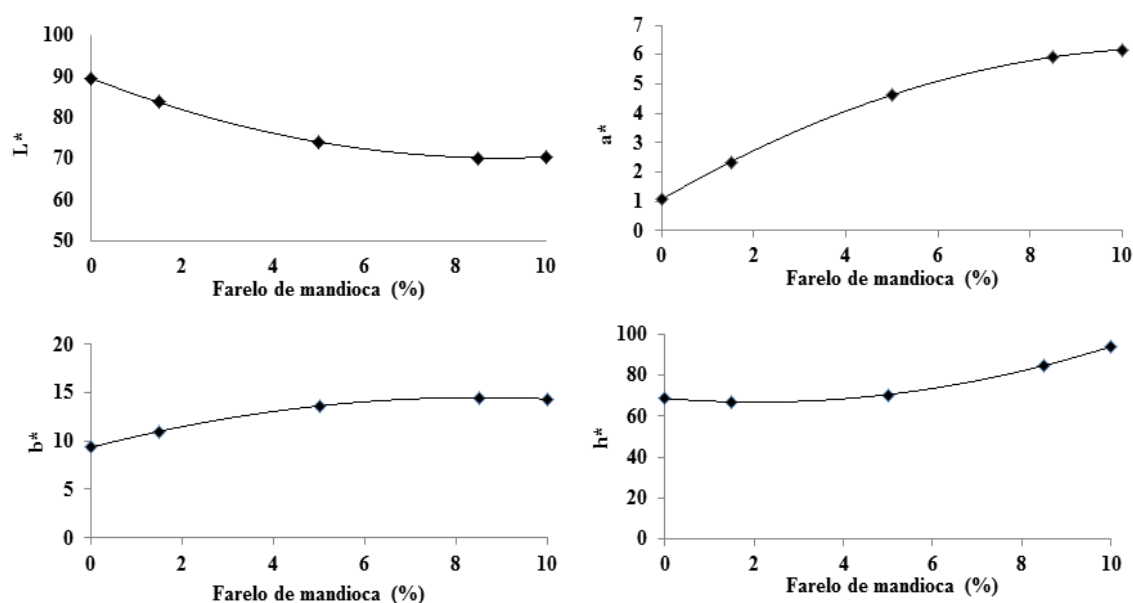


Figura 19: Gráficos dos parâmetros de cor, L^* , a^* , b^* e h^* dos sorvetes.

A análise dos dados mostrou ter ocorrido efeito do farelo de mandioca sobre o parâmetro de cor L^* , o qual variou de 69,9 a 91,6. Quanto maior o teor de farelo de mandioca menor foi a luminosidade do sorvete (Figura 19), indicando escurecimento dos sorvetes a medida que aumentou-se o teor de farelo, o que já esperado devido a baixa luminosidade desse ingrediente (Tabela 4).

Crizel et al. (2014) notaram que em sorvetes com fibra de laranja como substituto de gordura, os valores de luminosidade (L^*) dos sorvetes contendo fibra não diferiram significativamente das amostras controle, mas essas amostras tinham valores mais elevados do que os das amostras de sorvete suplementado com fibra. Dervisoglu e Yazici (2006), avaliando os efeitos da fibra de *citrus* sobre as propriedades sensoriais, físicas e químicas de sorvete, observaram que os valores de luminosidade de amostras de sorvete com fibras foram significativamente menores do que as outras amostras,

evidenciando a interferência da cor das fibras sobre o produto final.

Para o parâmetro de cor a^* a análise de dados também mostrou efeito da adição do farelo de mandioca, com os valores variando de 1,47 a 6,03. Com o aumento no teor de farelo de mandioca houve aumento do parâmetro a^* , com presença da tonalidade vermelha.

Crizel et al. (2014) observou que a adição de fibra de laranja nos sorvetes aumentou significativamente os valores a^* (+), o que indica que os sorvetes com fibra tinham uma cor vermelha mais intensa em comparação com a de outras amostras de sorvete, provavelmente devido as fibras serem obtidas a partir da polpa de laranja que são mais escuras do que as obtidas a partir da casca segundo Garau et al. (2007).

Para o parâmetro de cor b^* a análise de dados evidenciou efeito do farelo de mandioca sobre a cor. Os resultados do parâmetro de cor b^* variaram de 8,5 a 14,18. No farelo de mandioca o parâmetro b^* foi de 15,66 (Tabela 4). O aumento no teor de farelo de mandioca aumentou a tendência a coloração amarela dos sorvetes. Crizel et al. (2014) encontrou valores da coordenada b^* entre 8,80 e 15,08, em sorvetes com fibras de laranja, em que a amostra controle apresentou o menor valor.

Esse parâmetro está relacionado com o componente amarelo-azul do diagrama de cromaticidade, em que os valores positivos desta variável são refletidos por uma cor amarelada. Um resultado similar foi obtido por Dervisoglu e Yazici (2006) para o sorvete suplementado com fibra de *citrus*, em que a adição de fibra aumentou significativamente valores de b^* das amostras.

A análise dos dados mostrou efeito do farelo de mandioca sobre o parâmetro de cor h^* . Os valores de h^* variaram de 66,73 a 99,81. Para o farelo de mandioca o parâmetro h^* foi de 73,81 (Tabela 4). Os valores de h^* próximos a 90, com o aumento no teor de farelo de mandioca, confirmam a tendência da coloração amarela nos sorvetes.

As amostras com maior concentração de farelo de mandioca apresentaram maior tendência à coloração amarela, sendo que a variação nos teores de maltodextrina de mandioca na formulação não influenciou na cor dos sorvetes.

As cores dos alimentos sempre foram um importante atributo para a sua aceitabilidade por parte de seus consumidores, pois além de torná-los mais atrativos, é um indicativo de sua qualidade e sabor. Principalmente em sorvetes a cor é o fator que mais atrai o consumidor, a adição do farelo de mandioca causou alteração na cor dos sorvetes, apresentando uma cor não característica de sorvetes de creme, porém com a

adição de corantes ou saborizantes como de chocolate, por exemplo, que já são comumente utilizados, os sorvetes poderiam ter características de cor mais atrativas aos consumidores.

4.2.3.4 Derretimento

O fenômeno do derretimento é governado por vários fatores, entre eles, a taxa de incorporação de ar, as interações lipídicas, tipo e concentração de emulsificante, além do diâmetro dos glóbulos de gordura (KOXHOLT et al., 2001; SOFJAN; HARTEL, 2004; GRANGER et al., 2005).

O derretimento envolve tanto o aquecimento quanto o fenômeno de transferência de massa. O aquecimento gradual ocorre da região externa para o interior do sorvete causando o derretimento dos cristais de gelo. A fase líquida produzida é difundida juntamente com a fase contínua descongelada (mais viscosa) e começa fluir, devido à gravidade, por meio da estrutura complexa da espuma do sorvete (MUSE; HARTEL, 2004; SOUKOULIS; CHANDRINOS; TZIA, 2008). A Figura 20 mostra as curvas de derretimento dos sorvetes.

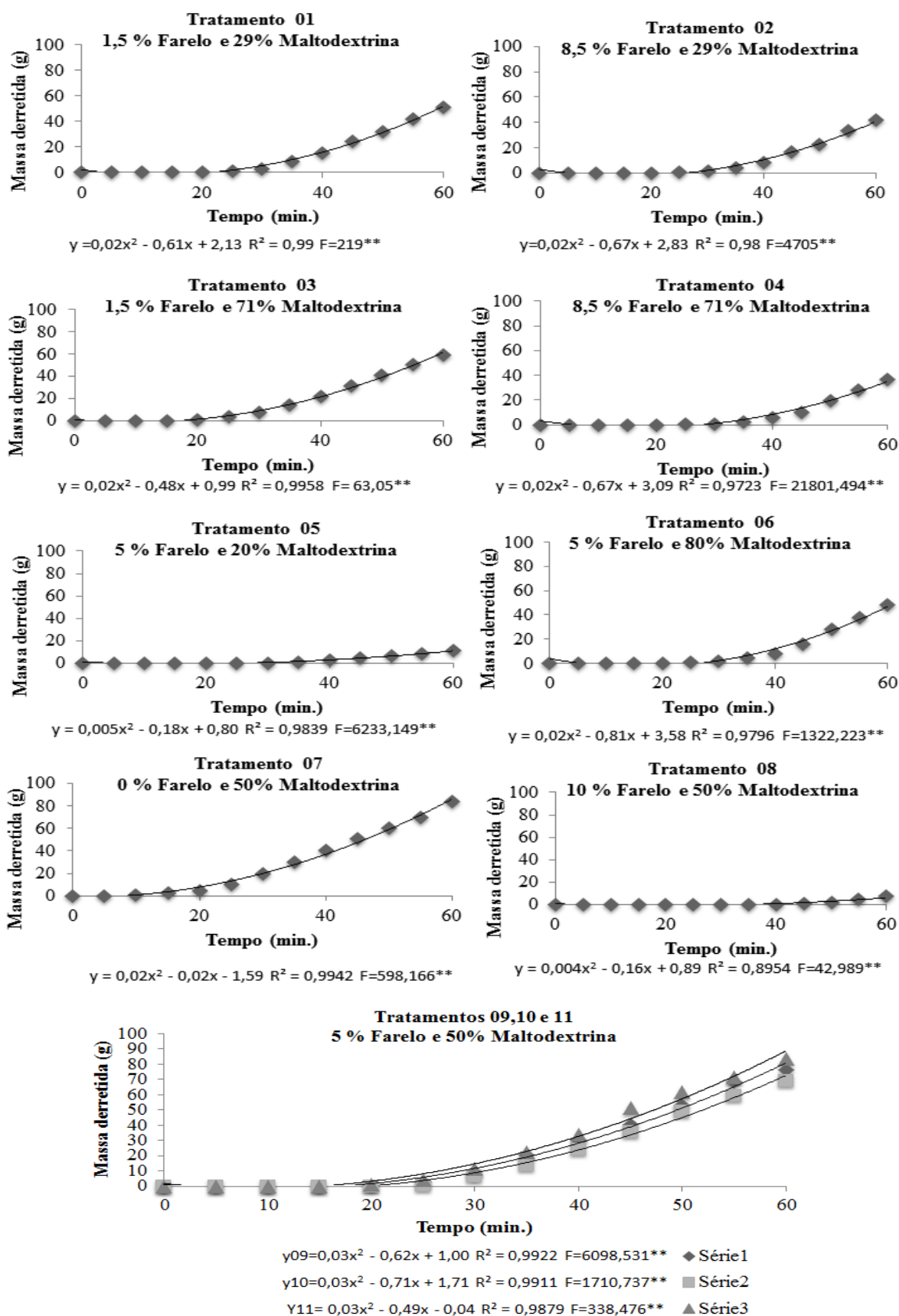


Figura 20: Gráficos do comportamento dos sorvetes no derretimento em função do tempo.

Observa-se que os sorvetes com maiores percentuais de farelo de mandioca mantiveram sua estrutura e forma por mais tempo, quando comparados aos com menor teor de farelo. Conforme pode ser observado na Figura 20 o aumento do teor de farelo de mandioca promoveu redução significativa na velocidade de derretimento dos sorvetes com o passar do tempo.

Essa redução na velocidade de derretimento em função do teor de farelo ocorreu devido à capacidade de absorção de água do farelo de mandioca e aumento da viscosidade reduzindo a mobilidade molecular e o tempo para a transferência da água do interior para o exterior, retardando o derretimento.

Outros autores relatam a interferência de diferentes tipos de fibras e carboidratos sobre o derretimento de sorvetes. El-Nagar et al. (2002) concluíram que o aumento da adição de inulina ao sorvete reduziu sua velocidade de derretimento. Soukoulis, Chandrinos e Tzia, (2008) afirmam que o aumento do teor de hidrocolóides em sorvetes levou a diminuição da taxa de derretimento dos sorvetes, e explicam que o aumento do teor de hidrocolóides promove aumento de microviscosidade no soro e, assim, é necessário mais tempo para que a água se difunda para a fase de soro concentrado antes que ele comece a fluir a partir do interior para o exterior do sorvete.

A redução no teor de gordura e substituição pela maltodextrina também afetou o comportamento dos sorvetes durante o derretimento. Os sorvetes com maior substituição de gordura derreteram mais rapidamente, como observado entre os tratamentos 5 e 6 (Figura 20).

Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) observaram que sorvetes com diminuição da gordura adicionados de inulina derreteram mais rapidamente em relação ao sorvete controle. De acordo com Prindiville, Marshall e Heymann. (1999), a adição de substitutos de gordura (Lo Dairy e Simplese) aumentou a taxa de derretimento do sorvete.

Roland et al. (1999) também verificaram que o sorvete livre de gordura (0,1 % de gordura) com maltodextrina, derretiam mais rápido do que o sorvete controle (10 % de gordura).

Rossa, Burin e Bordignon-luiz, (2012) observaram que os sorvetes com 8 g 100 g⁻¹ de gordura demonstraram maior resistência ao derretimento em comparação a sorvetes com 4 a 6 g 100 g⁻¹ de gordura.

Os sorvetes que contém gordura devem derreter mais lentamente do que os sorvetes com baixo teor de gordura, pois a gordura diminui a taxa de transferência de calor (AKALIN; KARAGÖZLÜ; ÜNAL, 2008).

O farelo de mandioca conferiu maior estabilidade às amostras, proporcionando maior resistência ao derretimento em relação aos sorvetes com menor teor de farelo. Em contrapartida, a redução da gordura pela adição de maltodextrina ocasionou menor resistência ao derretimento nos sorvetes, resultados correspondentes aos encontrados na literatura.

4.2.4 Análise calorimétrica (DSC)

Um conhecimento preciso das várias propriedades térmicas do sorvete é essencial para estimar o tempo de congelamento e também para simular as variações de temperatura durante todo o período de armazenamento. Estes dados são essenciais para controlar a qualidade e a estabilidade de alimentos congelados em geral e, particularmente, no caso de sorvetes, que necessitam de um controle rigoroso de temperatura para manter sua qualidade.

Além disso, a simulação do processo de congelamento tem uma grande importância para o dimensionamento eficiente dos equipamentos de congelamento industrial e para controlar seus custos operacionais.

Os coeficientes de regressão dos resultados das propriedades térmicas dos sorvetes de variação de entalpia de fusão (ΔH), conteúdo de gelo por grama de amostra (% IC), conteúdo de água não congelada (% UFW) e ponto de congelamento estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Coeficientes de regressão das propriedades térmicas dos sorvetes.

	$\Delta H \text{ J g}^{-1}$	IC g^{-1}	UFW %	PC $^{\circ}\text{C}$
Intercepto	168,20	54,42	16,4	-1,42
MD	-0,016	-0,005	-0,12	-0,05*
FM	-1,38	-0,41**	2,27*	0,19
MD*MD	-0,87*	-2,3**	0,72	0,09
FM*FM	-3,1**	-2,97*	0,13	-0,08
MD*FM	5,9**	1,8*	1,99	0,15*
Pr>f	0,0153	0,0041	0,0987	0,0101
R²	0,9001	0,9423	0,7767	0,9160

MD = Maltodextrina de mandioca, FM = Farelo de mandioca, R² = coeficiente de determinação, *p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001%. ΔH = Variação de entalpia; IC = quantidade de gelo g^{-1} ; % UFW = teor de água não congelada; PC = ponto de congelamento.

Na Tabela 10 estão apresentados os coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

Tabela 10: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados das propriedades térmicas dos sorvetes.

Parâmetros	Equações	Pr > F	R ²
ΔH (J g ⁻¹)	$\Delta H = 167,38 - 2,5FM^2 + 5,6MD*FM$	0,0011	0,8171
IC (quantidade de gelo g ⁻¹)	$IC = 54,42 - 2,3MD^2 - 2,3FM^2 + 1,8MD*FM$	0,0003	0,9254
UFW % (água não congelada)	$UFW = 17,02 + 2,27FM - 2MD*FM$	0,0048	0,7371
Ponto de congelamento (°C)	$PC = - 1,5 + 0,19FM + 0,12MD^2 + 0,15 MD*FM$	0,0057	0,8169

Obs.: Valores estatisticamente significativos a 95 % de significância ($p < 0,05$).

4.2.4.1 Variação de entalpia (ΔH)

Foi evidenciado na análise dos dados efeito do teor de farelo de mandioca e da interação dos dois ingredientes sobre a variação de entalpia de fusão (ΔH) do sorvete. Os valores de ΔH das formulações variaram de 155,51 a 173,61 J g⁻¹. Conforme observado na Figura 21, na condição intermediária de concentração de farelo de mandioca na formulação o sorvete obtido mostra maior requerimento de energia para a fusão (ΔH), já nas condições de maiores porcentagens ocorreu decréscimo no ΔH .

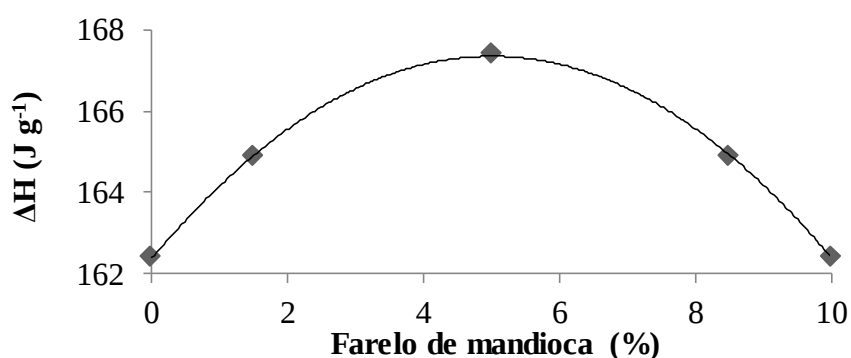


Figura 21: Efeito do farelo de mandioca sobre a variação de entalpia de fusão (ΔH) dos sorvetes.

De maneira geral, a entalpia de fusão do gelo aumenta com a umidade do produto (TELIS; SOBRAL, 2002). Como já relatado neste trabalho, o teor de umidade dos sorvetes foi maior nas maiores concentrações de farelo, contudo, faz-se importante observar que nas condições elevadas de farelo de mandioca o teor de água congelável pode ser menor, interferindo assim na energia para a fusão.

Soukoulis, Lebesi e Tzia (2009), avaliando o efeito da adição de fibras em sorvete notaram que os valores mais elevados de variação de entalpia de fusão eram nos sorvetes com maior teor de água. Oliveira et al. (2005) avaliando as propriedades físico-químicas de misturas para sorvete de mangaba, observaram que a calda produzida com a maior concentração de polpa de mangaba (28,6 %) apresentou maior valor médio da variação de entalpia de fusão (ΔH) 206,2 J g⁻¹, o que segundo os autores possivelmente foi devido ao maior teor de água presente na polpa.

A adição da borra de vinho nos sorvetes feita por Hwang, Shyu e Hsu (2009) diminuiu os valores de variação de entalpia de fusão. Os autores explicam que a diminuição do valor de entalpia pode ter duas possíveis razões: a diminuição do teor de umidade final e a diminuição da água congelável na amostra.

4.2.4.2 Quantidade de gelo por grama de sorvete (IC)

Na análise de quantidade de gelo por grama de amostra (IC) a análise dos dados mostrou efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca e de interação entre os dois fatores (Tabelas 9 e 10). O índice de congelamento dos sorvetes variou de 46,56 a 55,49 % (Figura 22).

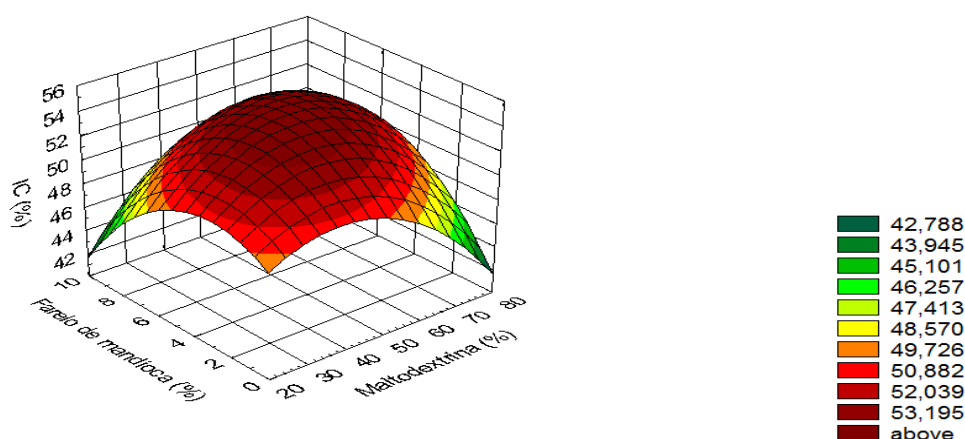


Figura 22: Efeito da maltodextrina de mandioca e do farelo de mandioca sobre a quantidade de gelo por grama de amostra (IC).

Nas condições intermediárias testadas de porcentagem de maltodextrina e farelo de mandioca na formulação são observados maiores valores de IC. Soukoulis, Lebesi e Tzia (2009) observaram que a adição de fibra de aveia e trigo em sorvetes aumentou significativamente a porcentagem de água congelada, já a adição de fibras de maçã e inulina conduziram a um decréscimo significativo na porcentagem de água congelada nos sorvetes.

O conhecimento da quantidade de gelo presente no sorvete é importante para compreender seu comportamento durante o processo de congelamento e para analisar sua estrutura física (FAYDI 1999). Sorvetes com menor teor de gelo são mais agradáveis ao paladar, o farelo e a maltodextrina contribuíram para um sorvete com menor teor de gelo, assim nas condições extremas opostas de porcentagens de farelo de mandioca e maltodextrina na formulação são obtidos sorvetes com baixo IC.

4.2.4.3 Teor de água não congelada (UFW)

A análise dos dados do teor de água não congelada (UFW) evidenciou efeito do farelo de mandioca (Tabelas 9 e 10). O teor de água não congelada nas amostras variou de 15,21 a 23,27 % com aumento desta nas condições de maior teor de farelo (Figura 23). Este resultado corrobora com os resultados obtidos para ΔH .

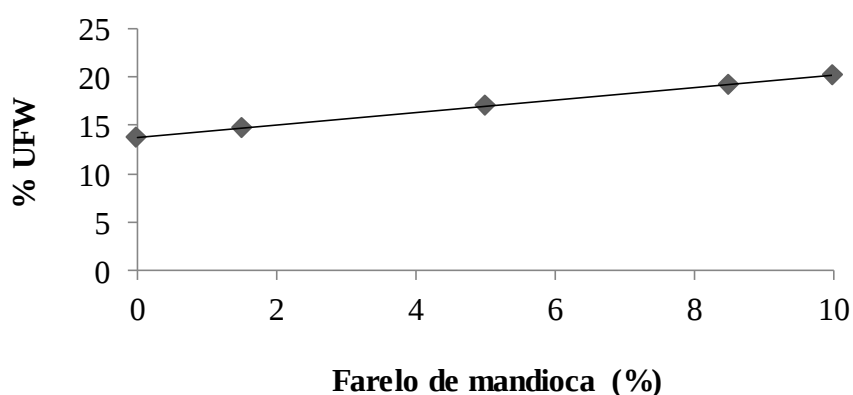


Figura 23: Efeito do farelo de mandioca sobre o teor de água não congelada (UFW) nos sorvetes.

Na matriz do sorvete a água pode estar no estado livre ou de água ligada aos sítios hidrofílicos dos vários componentes (carboidratos, proteínas, etc.), mas

somente a água livre pode sofrer cristalização.

Oliveira et al. (2005) observam uma diminuição significativa da fração de água não congelada entre as amostras com 21,1 % e 28,6 % de polpa de fruta, devido ao aumento do teor de água contido na polpa.

O aumento ou redução no teor de água não congelada é dependente das características dos ingredientes adicionados ao sorvete, ingredientes secos com capacidade de absorção de água irão aumentar a UFW, como ocorrido no presente estudo, já ingredientes com alto teor de água livre irão reduzir a UFW.

Quanto menor o teor de água livre nos alimentos, no caso de sorvete, melhor a qualidade, pois esta água pode servir de meio de cultivo para microrganismos (provocando alterações nos alimentos, na maioria das vezes indesejáveis) e como meio para reações químicas e bioquímicas provocando alterações no produto.

4.2.4.4 Ponto de congelamento (PC)

A análise de dados do ponto de congelamento dos sorvetes evidenciou efeito do farelo de mandioca e da maltodextrina (Tabelas 9 e 10). O ponto de congelamento dos sorvetes variou de -1,16 a -1,78 °C. Nas condições de elevada porcentagem de farelo de mandioca e maltodextrina nas formulações são observados os maiores pontos de congelamento dos sorvetes (Figura 24).

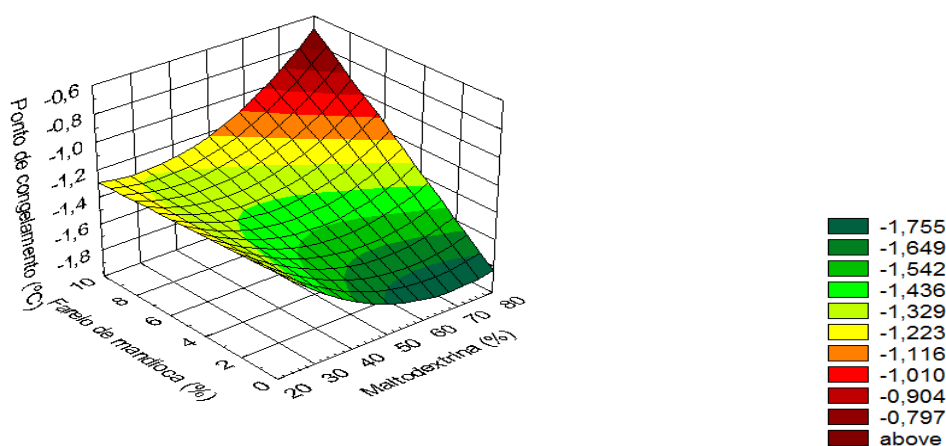


Figura 24: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre o ponto de congelamento dos sorvetes.

A diminuição do ponto de congelamento é um parâmetro crítico

para a produção de sorvetes, uma vez que influencia o tamanho médio inicial dos cristais de gelo formados e também a sua instabilidade termodinâmica, que leva ao seu crescimento gradual. Se o sorvete for armazenado em uma temperatura maior que a do ponto de congelamento o tamanho dos cristais pode aumentar (HARTEL, 2001).

Segundo Soukoulis, Lebesi e Tzia, (2009) embora os açúcares tenham um efeito sobre o ponto de congelamento, a adição de biopolímeros de elevado peso molecular, tais como polissacarídeos, não induz uma depressão do ponto de congelamento significativa. O tipo e a porcentagem de fibras utilizadas por Soukoulis, Lebesi e Tzia, (2009) afetou significativamente as temperaturas de congelamento dos sorvetes. A adição de fibra de aveia e trigo levou a significativa redução do ponto de congelamento, enquanto a fibra de maçã e inulina teve o efeito oposto, levando a um ligeiro aumento do ponto de congelamento.

Quanto menor o ponto de congelamento menor o teor de água livre para o congelamento. Como a adição do farelo e maltodextrina ocorreu redução no teor de água congelada era esperado a redução no ponto de congelamento dos sorvetes com maiores teores de farelo e maltodextrina, essa redução proporciona um sorvete mais cremoso a baixas temperaturas com menor formação de gelo.

4.2.5 Análise sensorial

A qualidade sensorial está estreitamente ligada à escolha de produtos alimentares. Esta técnica de avaliação pode ser aplicada desde a concepção de um novo produto alimentar para a padronização até a avaliação de referência da qualidade do produto. Os coeficientes de regressão dos resultados das análises sensoriais dos sorvetes se encontram nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11: Coeficientes de regressão da análise sensorial dos sorvetes.

	Aroma	Aparência	Cor	Textura	Sabor	Intenção de compra
Intercepto	5,44	5,60	5,57	5,25	5,39	0,00005
MD	0,10	0,005	0,12	-0,06	0,17*	-0,007
FM	-0,64*	-0,63*	-0,64**	-0,64**	-1,41***	-0,29**
MD*MD	-0,05	-0,002	0,01	0,10	-0,31*	-0,03
FM*FM	0,17	0,19	0,28	0,19	0,06	0,03*
MD*FM	0,08	0,10	0,01	-0,06	-0,13	0,01
Pr>f	0,2029	0,1782	0,0541	0,0347	<0,0001	0,0393
R²	0,6880	0,7068	0,8290	0,8588	0,9876	0,8510

MD = Maltodextrina, FM = Farelo de mandioca, R² = coeficiente de determinação,

*p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001.

Na Tabela 12 estão apresentados os coeficientes de regressão dos modelos ajustados.

Tabela 12: Coeficientes de regressão dos modelos ajustados da análise sensorial dos sorvetes.

Parâmetros	Equações	Pr > F	R²
Aroma	A = 5,53 – 0,64FM	0,0037	0,6255
Aparência	Ap = 5,74 – 0,63FM	0,0025	0,6550
Cor	C = 5,77 – 0,64FM	0,0013	0,7000
Textura	T = 5,47 – 0,64FM	0,0002	0,7929
Sabor	S = 5,44 + 0,17MD – 1,41FM – 0,32MD ²	<.0001	0,9827
Intenção de Compra	IC = 3,15 – 0,64FM – 0,26MD ²	<.0001	0,9237

Obs.: Valores estatisticamente significativos a 95 % de significância (p<0,05).

A adição de farelo de mandioca influenciou todos os parâmetros analisados, sendo que para os parâmetros aroma, aparência, cor e textura o incremento da porcentagem de farelo levou a um decréscimo na pontuação obtida no parâmetro avaliado (Figura 25).

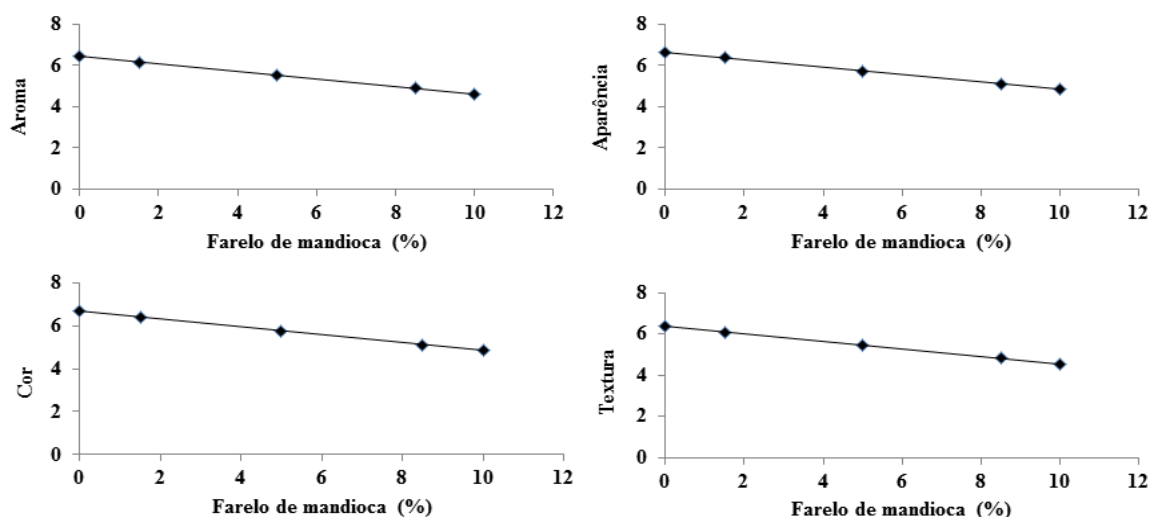


Figura 25: Gráficos do efeito do farelo de mandioca sobre parâmetros sensoriais aroma, aparência, cor e textura dos sorvetes.

4.2.5.1 Aroma

A pontuação para aroma dos sorvetes (Figura 25) variou de 4,4 a 6,41 estando entre desgostei ligeiramente e gostei ligeiramente na escala hedônica. Karaca et al. (2009) constataram que a redução da gordura nos sorvetes com adição de substitutos de gordura à base de carboidratos obtiveram pontuação para aroma mais baixos do que os da amostra controle.

4.2.5.2 Aparência

A pontuação para aparência dos sorvetes (Figura 25) variou de 4,4 a 7,05 estando na escala hedônica entre desgostei ligeiramente e gostei moderadamente. A aparência dos sorvetes com maiores teores de fibra não eram reconhecidas como familiar para os provadores, pela cor e pela aparência de “arenoso” causado pelo farelo de mandioca, devido à presença das fibras. Dervisoglu e Yazici (2006) também observaram menor pontuação para aparência em sorvete suplementado com fibras de *citrus* em comparação com a amostra controle sem a fibra.

4.2.5.3 Cor

Para o atributo cor (Figura 25) a pontuação variou de 4,85 a 7,25 na escala hedônica equivalente a desgostei ligeiramente e gostei moderadamente. A coloração “amarelo-amarronzada” causada pela presença do farelo de mandioca pode ter causado a redução da pontuação dos sorvetes com maiores teores de farelo. Crizel et al. (2014) observaram que os valores médios de aceitação do atributo de cor dos sorvetes com fibra de laranja foram inferiores quando comparados com aqueles do sorvete controle.

4.2.5.4 Textura

A pontuação para textura (Figura 25) variou de 4,4 a 6,9, o que equivale a desgostei ligeiramente e gostei moderadamente na escala hedônica. A textura dos sorvetes com farelo de mandioca foi afetada pela arenosidade causada pela fibra presente. Dervisoglu e Yazici (2006) também observaram menor pontuação para textura em sorvetes suplementados com fibras de *citrus* em comparação com a amostra controle sem a fibra.

4.2.5.5 Sabor

Já a análise de dados de aceitação do atributo sabor dos sorvetes mostrou efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca (Tabelas 11 e 12). A pontuação para sabor dos sorvetes variou de 4,4 a 7,65, equivalendo na escala hedônica a desgostei ligeiramente e gostei moderadamente. Conforme a superfície de resposta traçada a partir do modelo ajustado, os sorvetes produzidos com baixo teor de farelo de mandioca e valores intermediários de maltodextrina tiveram maior pontuação para sabor (Figura 26).

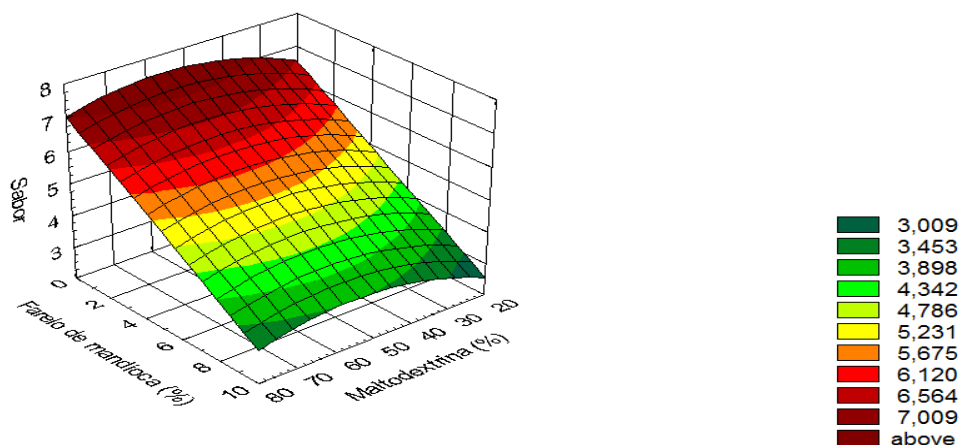


Figura 26: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre o atributo sabor dos sorvetes.

A aceitação dos sorvetes em relação ao atributo sabor diminuiu com a adição do farelo de mandioca. A adição do farelo causa mudanças na cor, na textura e sabor do sorvete, devido ao sabor residual causado pela presença das fibras. O provador ao receber um produto com características diferentes às do produto convencional geralmente tende a não aceitar tão bem o novo produto.

De acordo com Dervisoglu e Yazici (2006), que utilizaram 0,8 % e 1,2 % de fibras de *citrus* na produção de sorvetes, a adição da fibra reduziu as notas atribuídas pelos julgadores para o sabor, diferindo significativamente da amostra controle (sem adição de fibra). Crizel et al. (2014) concluíram que o sabor dos sorvetes foram negativamente afetados pela redução de gordura e adição de fibra de laranja.

Chen et al. (2010), que analisaram sorvetes com baixo teor de gordura enriquecido por polissacarídeos extraídos de soja como fonte de fibra obtiveram escores médios de aceitação global na escala hedônica entre 5 e 6,2, mas os sorvetes com maior porcentagem de fibras obtiveram as médias mais baixas de aceitação, como ocorrido neste estudo.

A maltodextrina apresentou pouca influência no sabor dos sorvetes, obtendo maior aceitação os sorvetes com 50 % de maltodextrina e baixo teor de farelo de mandioca. Segundo Li et al. (1997) a gordura é um solvente para diversos compostos de sabor e atua como um reservatório, liberando lentamente o sabor. No entanto, este efeito não é replicado pela maioria dos substitutos de gordura.

A influencia no sabor pela redução da gordura era esperada, sorvetes com baixo teor de gordura sempre deixam a desejar em cremosidade, corpo e

sabor quando comparados a um sorvete com as quantidades tradicionais de gordura (CADENA, 2008).

Sonwane e Hembade (2014) avaliando a influência da substituição de gordura láctea em sorvete por maltodextrina nos parâmetros sensoriais de cor, textura, sabor e aceitação global observaram que o tratamento com 30 % de maltodextrina em substituição a gordura láctea teve a maior pontuação comparada com os tratamentos controle, com 10 %, 20 % e 40 % de maltodextrina. Foi observado que a adição de maltodextrina não alterou a cor dos sorvetes, como também foi observado no presente estudo.

Em sorvetes a adição de ingredientes não convencionais pode causar redução na aceitação do produto, porém quando é atribuída uma alegação funcional ao alimento pela inclusão desses ingredientes, ocorre uma maior aceitação do produto.

A avaliação sensorial dos sorvetes foi realizada sem o conhecimento dos ingredientes testados, o que pode ter interferido negativamente nos resultados. Uma forma de aumentar a aceitação do produto seria a adição de saborizantes como de chocolate, por exemplo. Essa técnica pode ser uma estratégia eficaz para reduzir o sabor residual do farelo de mandioca (característico de fibras) quando utilizado como um suplemento de fibras em sorvete, e também mascarar a cor deixada pelo farelo que não é característica de sorvetes. Contudo, a adição desse novo ingrediente deve ser avaliada para não alterar propriedades do produto.

4.2.5.6 Intenção de compra

A análise de dados de intenção de compra dos sorvetes apresentou efeito do farelo de mandioca e da maltodextrina de mandioca (Tabelas 11 e 12). A intenção de compra dos sorvetes variou de 2 a 4,2 equivalendo na escala a possivelmente não compraria a possivelmente compraria.

Nas condições intermediárias de maltodextrina e menores porcentagens de farelo de mandioca os sorvetes produzidos apresentaram maiores intenções de compra (Figura 27).

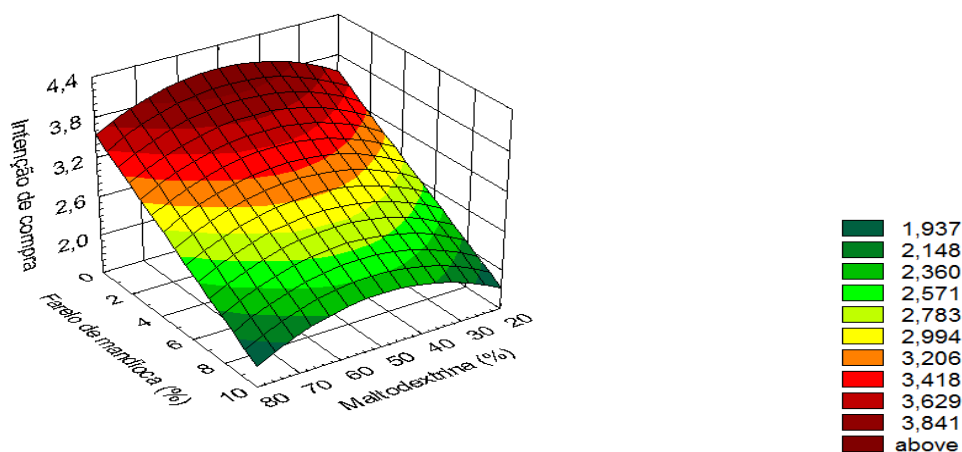


Figura 27: Efeito da maltodextrina e do farelo de mandioca sobre a intenção de compra dos sorvetes.

Apesar das menores pontuações serem atribuídas aos sorvetes com maiores teores de farelo de mandioca e reduzido teor de gordura, a partir de comentários realizados pelos provadores durante o teste sensorial, foi possível verificar que, se uma alegação funcional fosse atribuída ao produto, este teria uma maior intenção de compra por parte dos consumidores, o que poderia levar a uma melhor comercialização do produto.

4.3 Período de armazenamento

A aceitação de um alimento pelo consumidor é avaliada principalmente por sua aparência e características sensoriais. Aspectos de qualidade, como valor nutricional, contaminação microbiológica e aspectos toxicológicos, também são de extrema importância, mas o consumidor nem sempre tem capacidade para avaliá-los. A perda de qualidade de um alimento leva a um limite de aceitabilidade, que está associado a sua vida de prateleira (OLIVEIRA, 2009; LOPES, 2013).

Alimentos industrializados ou não, mantém-se em constante modificação devido às alterações de natureza química, física, microbiológica ou enzimática que levam à deterioração da qualidade podendo tornar o produto impróprio para consumo (OLIVEIRA, 2009).

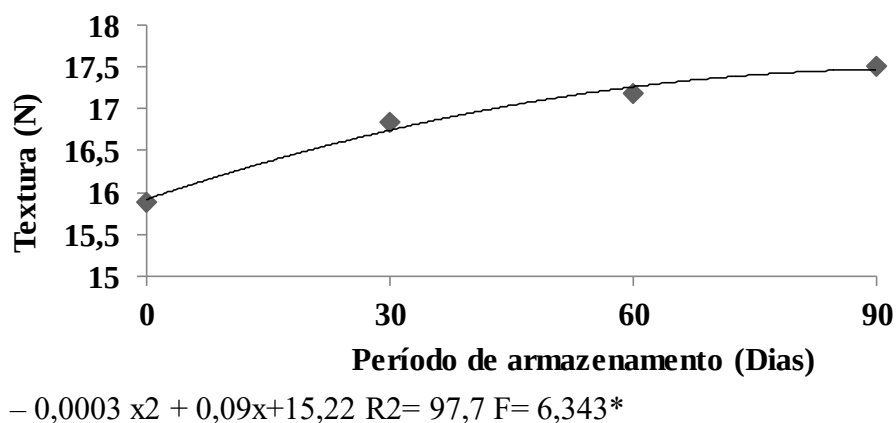
É importante entender como ocorrem às alterações no armazenamento e utilizar esses dados para ajudar a definir o *shelf life* (data de validade do produto). A identificação dos atributos que se alteram e a definição quantitativa desses atributos são maneiras de monitorar a perda de qualidade durante o armazenamento

(NETO, 2004). Em sorvetes a manutenção principalmente da textura e sabor durante o armazenamento é um fator importante na qualidade do produto (BUYCK; BAER; CHOI, 2011).

4.3.1 Textura

A dureza instrumental mede a resistência do sorvete à deformação quando uma força externa de compressão é aplicada, simulando seu comportamento durante o consumo (LIM et al., 2008). O comportamento de textura do sorvete é influenciado por vários fatores, que incluem o ponto de congelamento, presença de cristais de gelo, quantidade de sólidos totais, *overrun* e a quantidade e os tipos de estabilizantes utilizados (GOFF; HARTELL, 2013).

Os resultados de dureza instrumental Newton (N) dos sorvetes armazenados a -18°C (± 2) e avaliados nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento estão apresentados na Figura 30. Alterações significativas ($p < 0,05$) foram observadas na análise de dureza instrumental, sendo observado aumento da dureza com o aumento do tempo de armazenamento, apresentando 15,88 N, 16,83 N, 17,16 N e 17,5 N nos períodos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento (Figura 28).



**Significativo a 5 e 1 % respectivamente

Figura 28: Efeito do armazenamento sobre a textura do sorvete.

Sorvetes com presença de cristais de gelo grandes e numerosos possuem maior dureza em relação a sorvetes com menor conteúdo desses (MUSE; HARTELL, 2004), pois o tamanho e o número de cristais de gelo formados pela

instabilidade termodinâmica, principalmente durante o armazenamento, aumenta a dureza do sorvete.

Sousa (2013), avaliando a adição de inulina, culturas probióticas e concentrado de proteínas de soro de leite como substituto de gordura ao longo de 112 dias de armazenamento de sorvete, notou que a dureza dos sorvetes aumentou significativamente com o armazenamento.

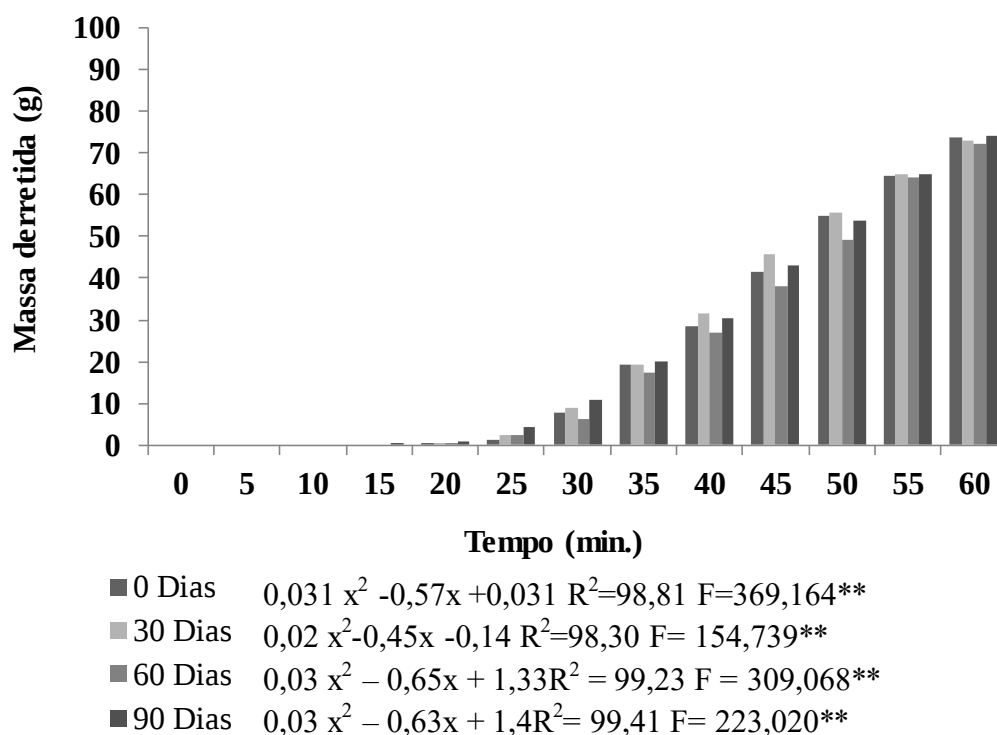
Variações de temperatura podem ocasionar recristalização do produto durante o armazenamento e, conseqüentemente, aumento gradual do tamanho dos cristais de gelo, ocorrendo aumento da dureza do sorvete durante o período de armazenamento (REGAND; GOFF, 2002; GOFF; HARTELL, 2013).

Cristais de gelo também são influenciados por ingredientes e interações entre ingredientes. O teor de gordura influencia a textura, diminuindo o tamanho do cristal de gelo por meio de obstrução mecânica e através da produção de um efeito lubrificante, causando uma sensação suave na boca (BUYCK; BAER; CHOI, 2011).

Estes fatores em conjunto podem ter levado às alterações observadas na textura do sorvete, contudo, mesmo com o aumento da dureza após os 90 dias de armazenamento, sensorialmente os provadores não notaram diferença ao avaliar a textura do sorvete, com pontuação satisfatória.

4.3.2 Característica de Derretimento

O comportamento de sorvetes durante o derretimento é indicativo do desenvolvimento das interações entre os ingredientes da formulação e da presença de diversas estruturas como os glóbulos de gordura coalescidos, a fase aerada estabilizada e a matriz proteica. Esses contribuem para formação da estrutura geral do sorvete, não somente durante o congelamento e batimento, mas também durante variações da temperatura de armazenamento (MUSE; HARTEL, 2004). O sorvete apresentou comportamento de derretimento similar durante os tempos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento (Figura 29).



****Significativo a 5 e 1 % respectivamente**

Figura 29: Efeito do armazenamento sobre o comportamento de derretimento do sorvete em função do tempo.

A estabilidade no comportamento de derretimento do sorvete durante o armazenamento pode ter ocorrido devido à capacidade da fibra presente no farelo de mandioca em se ligar à água e à maneira como a água é incorporada à estrutura física do produto durante o processo de congelamento (EL-NAGAR et al., 2002).

Sousa (2013), avaliando a adição de inulina, culturas probióticas e concentrado de proteínas de soro de leite como substituto de gordura ao longo de 112 dias de armazenamento de sorvete, também não observou mudanças significativas no comportamento da velocidade de derretimento para nenhuma das formulações avaliadas. A similaridade na velocidade de derretimento do sorvete indica sua estabilidade e que o armazenamento não alterou as suas propriedades de derretimento.

4.3.3 Cor

De acordo com a aparência do alimento o consumidor tende a esperar certas características. O sentido da visão dá informações sobre o alimento, como o estado, tamanho, forma, textura e cor antecipando-se na recepção das outras informações,

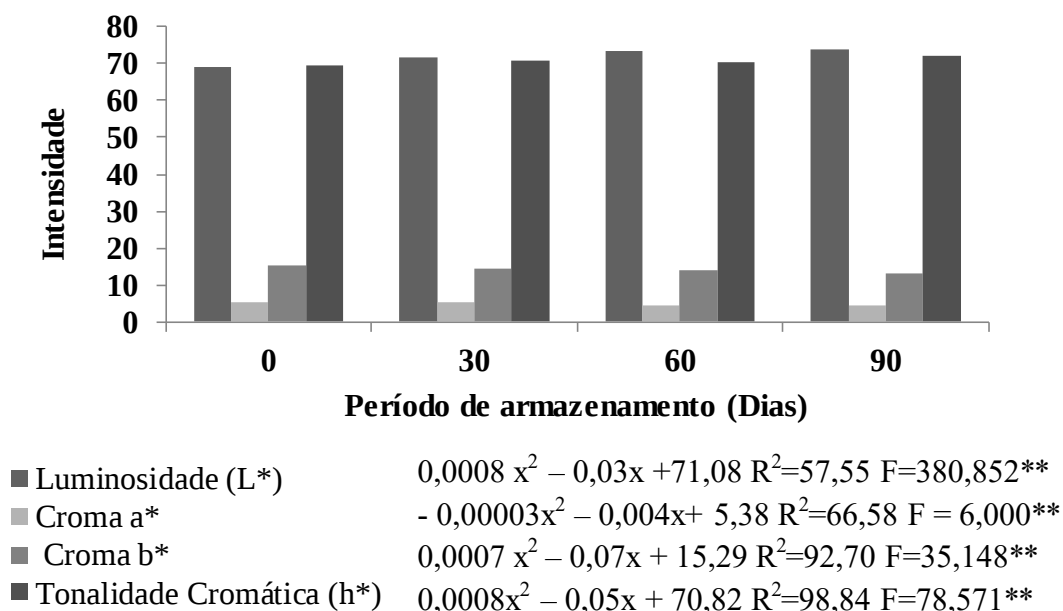
como o sabor. Essa primeira impressão pode produzir uma resposta forte, tornando o produto apetitoso ou não. Em sorvete, por exemplo, a cor é importante para uma boa aceitação do produto (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002; DUTCOSKY, 2007).

Os resultados das análises colorimétricas das amostras de sorvete com farelo e maltodextrina de mandioca armazenados por 90 dias estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Resultados das análises colorimétricas e desvio padrão do sorvete durante o período de armazenamento.

Tempo (Dias)	Luminosidade (L*)	Croma a*	Croma b*	Tonalidade Cromática (h*)
0	69,04 ± 0,29	5,27 ± 0,09	15,20 ± 0,31	69,64 ± 0,56
30	71,63 ± 0,39	5,46 ± 0,08	14,65 ± 0,58	70,86 ± 0,58
60	73,46 ± 0,14	4,73 ± 0,09	13,99 ± 0,84	70,34 ± 0,26
90	73,81 ± 0,21	4,75 ± 0,06	13,17 ± 0,15	72,01 ± 0,51

Pode-se observar que ocorreu aumento da luminosidade, redução dos cromas a* e b*, e aumento na tonalidade cromática h* do sorvete com o armazenamento, sugerindo um leve aumento na claridade da amostra, provavelmente devido ao aumento de cristais de gelo com o armazenamento (Figura 30).



**Significativo a 5 e 1 % respectivamente

Figura 30: Efeito do armazenameto sobre os parâmetros de cor L*, a*, b* e h* do sorvete.

Criscio et al. (2010) observaram que sorvetes adicionados de inulina e probiótico tinham aparência mais opaca que a formulação controle, ao contrario do presente estudo que apresentou maior luminosidade durante o armazenamento.

Mesmo a análise instrumental demonstrando diferença significativa nos parâmetros de cor ao longo do armazenamento, nas análises sensoriais não houve diferença na aceitação da cor do sorvete pelo julgamento dos provadores.

4.3.4 Análise Sensorial

O desenvolvimento de novos produtos funcionais, ou mesmo nutricionalmente saudáveis, implica em desafios tecnológicos para que o produto diferenciado apresente aceitação sensorial similar ou mesmo superior aos produtos convencionais. As notas para os atributos sensoriais avaliados no sorvete durante o período de armazenamento estão apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14: Média das notas atribuídas ao sorvete e desvio padrão da análise sensorial e intenção de compra durante o período de armazenamento.

Tempo (Dias)	Aroma	Aparência	Cor	Textura	Sabor	IC
0	6,81 ± 1,34	6,90 ± 1,50	6,5 ± 1,44	6,68 ± 1,67	7,01 ± 1,54	3,53 ± 0,83
30	6,95 ± 1,39	7,11 ± 1,29	7,00 ± 1,37	6,71 ± 1,85	7,05 ± 1,54	3,60 ± 0,84
60	6,88 ± 1,39	6,96 ± 1,49	6,78 ± 1,36	7,33 ± 1,58	6,95 ± 1,34	3,50 ± 0,83
90	6,81 ± 1,30	7,11 ± 1,29	6,71 ± 1,35	7,01 ± 1,51	7,03 ± 1,31	3,65 ± 0,87

IC = Intenção de compra.

De modo geral, todos os produtos apresentaram valores de aceitabilidade elevados (gostei ligeiramente a gostei moderadamente), ao longo do armazenamento (Tabela 14). Não houve diferença significativa entre os tempos de armazenamento para todos os atributos (Tabela 15).

Tabela 15: Valor de F calculado dos parâmetros sensoriais do sorvete.

Parâmetros	Aroma	Cor	Textura	Aparência	Sabor	IC
Valor de F	0,389	2,550	0,633	0,036	0,018	0,152
Significância	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Não significativo; IC = Intenção de compra.

Harami (2008) verificou que sorvetes simbióticos, com adição de inulina, apresentaram tendência à redução de notas a partir 28º dia de armazenamento. Esse fato foi atribuído à capacidade da inulina auxiliar na inibição do crescimento dos cristais de gelo durante as primeiras semanas de armazenamento, tornando-se ineficaz após esse período.

Sousa (2013), avaliando a adição de inulina, culturas probióticas e concentrado de proteínas de soro de leite como substituto de gordura ao longo de 112 dias de armazenamento de sorvete observou que de modo geral, todas as formulações apresentaram valores de aceitabilidade elevados (gostei regulamente a gostei muito), ao longo do armazenamento, exceto aos 84 dias de armazenamento, quando obtiveram menores médias nas notas atribuídas.

As variações de temperatura durante o armazenamento podem levar a alterações na estrutura formada no sorvete, o que poderia alterar negativamente a sua aparência principalmente pela presença de cristais de gelo, sendo esse um dos atributos com maior rejeição para os provadores (SOUSA, 2013), porém no presente estudo esse fato não alterou significativamente a aceitação do sorvete.

Para a intenção de compra dos sorvetes as notas atribuídas ficaram entre 3,50 e 3,65 (Talvez comprasse e possivelmente compraria). Houve um pequeno aumento não significativo em comparação aos tempos 0 e 90 dias, indicando que o armazenamento não afetou a opinião dos provadores quanto a intenção de compra do sorvete.

Pode-se dizer que a intenção de compra do sorvete foi positiva, principalmente pelo fato dos provadores não estarem habituados ao consumo de produtos com redução de gordura e presença de fibras, especialmente sorvetes.

4.3.5 Presença de cristais de gelo

A qualidade de sorvetes é dependente de muitos fatores, sendo um deles o tamanho dos cristais de gelo presentes. A formação dos cristais de gelo se dá no início do processo de congelamento, e esse envolve a remoção rápida de calor, enquanto se agita vigorosamente para incorporar ar, promovendo assim a suavidade desejável e maciez do produto congelado (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003). Quanto mais rápido a mistura de sorvete congela, menores são os cristais de gelo formados no produto. Pequenos cristais de gelo em sorvetes são desejáveis, pois assim o sorvete é percebido sensorialmente como menos gelado (BUYCK; BAER; CHOI, 2011).

Recristalização de gelo é reconhecida como um dos maiores defeitos de qualidade no sorvete que limitam a sua qualidade durante o armazenamento (TSEVDOU et al., 2014). Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tempos de armazenamento quanto à presença de cristais de gelo. O número de respostas de 60 provadores quanto à presença de cristais de gelo no sorvete durante o período de armazenamento do sorvete está apresentado na Tabela 16.

Tabela 16: Número de respostas quanto à presença de cristais de gelo no sorvete pela percepção de 60 provadores durante o armazenamento do sorvete.

Cristais de Gelo	Número de respostas			
Tempo (Dias)	0	30	60	90
Não perceptível	32	33	31	34
Pouco perceptível	25	20	25	21
Perceptíveis	3	7	4	5
Muitos Cristais	0	0	0	0

A maior parte das repostas dos provadores indicou que os cristais de gelo não sorvete eram não perceptíveis, e a maior parte das respostas se mantiveram durante todo o período de armazenamento. Buyck, Baer e Choi, (2011) observaram que em sorvetes com redução de gordura ocorreu aumento no tamanho do cristal de gelo ao longo do tempo de armazenamento de 39 semanas.

Cristais de gelo crescem durante o armazenamento quando o sorvete passa por um aumento de temperatura, pois alguns dos cristais de gelo derretem e a água livre é atraída por outros cristais de gelo sobre o qual ele está congelado, formando cristais de gelo maiores quando a temperatura diminui novamente durante o armazenamento (MARSHALL; GOFF; HARTE, 2003).

Criscio et al. (2010) observou que sorvetes com 6 % de inulina eram menos gelados em comparação com aqueles com 3 % de inulina, esse efeito é atribuído a inulina que tem efeito crioprotetor ajudando na redução do crescimento do cristal de gelo. Esse mesmo efeito pode ser atribuído ao farelo e a maltodextrina de mandioca, que impediram o crescimento excessivo dos cristais de gelo no sorvete.

5 CONCLUSÕES

A maltodextrina de mandioca se mostrou uma alternativa eficaz para a substituição da gordura vegetal hidrogenada em sorvetes, e sua adição não alterou propriedades importantes de qualidade do sorvete. A maltodextrina contribuiu para uma textura mais macia, reduziu a formação de gelo nos sorvetes, e o ponto de congelamento e sua adição até 50 % aumentou a pontuação dos parâmetros sensoriais de qualidade e de intenção de compra.

Os sorvetes com elevado teor de farelo de mandioca apresentaram alguns efeitos indesejáveis, como redução na incorporação de ar e na aceitação sensorial, no entanto, esses efeitos foram menos pronunciados nas menores porcentagens de farelo de mandioca.

Em contrapartida a adição do farelo auxiliou na melhoria de alguns parâmetros de qualidade do sorvete, como o prolongamento no tempo de derretimento, redução no teor de água congelada e aumentou do valor nutricional.

Durante o armazenamento o sorvete se manteve estável quanto as suas características de derretimento e sensoriais obtendo uma boa aceitação durante todo o armazenamento. Os parâmetros alterados durante o armazenamento foram cor e aumento na dureza, porém não foram relevantes a ponto de reduzir a aceitação do sorvete. Assim o farelo e a maltodextrina auxiliaram na preservação da qualidade do sorvete durante todo o armazenamento principalmente quanto à restrição no crescimento dos cristais de gelo, que é um dos principais defeitos de qualidade em sorvetes.

Benefícios nutricionais associados à fortificação com fibra alimentar e redução de gordura são atraentes recursos para o desenvolvimento de novos produtos que podem preencher nichos de mercado, sendo esperado de um produto enriquecido com fibras uma menor aceitação sensorial quando comparado ao produto convencional, devido suas características diferenciadas. O tratamento com 5% de farelo e 50% de maltodextrina de mandioca permitiu a obtenção de um sorvete com boa aceitação sensorial, com teor de fibras maior que sorvetes tradicionais e com reduzido teor de gordura, sendo esse tratamento o com maior potencial de mercado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM-Associação Brasileira dos Produtores de amido de mandioca. **Produção brasileira de fécula de mandioca**. Disponível em <<http://www.abam.com.br/estatisticas-producao.php>> Acesso em: 20 de ago. 2015.

ABIS - Associação Brasileira De Indústrias de Sorvetes. **Sorvete**. 2011. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/>>. Acesso em: 10 de Junho de 2015.

ADAPA, S. et al. Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: a review. **Food Reviews International**, v. 16, p. 259-271, 2000.

AHMADI, A. et al. Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* (la-5) and fructooligosaccharide. **Journal of Food Science and Technology**. 2014. v. 51, Issue 8, p 1568-1574.

AIME, D. B. et al. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, v. 34, n. 2-3, p. 237- 246, 2001.

AKALIN, A. S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research and Technology**, [s.l.], v. 227, n. 3, p.889-895, 11 dez. 2007.

AKOH, J. Fats, oils and fat replacers. **Food Technology**, v. 52, n.3, p.47-53, 1998.

ALAMPRESE C., FOSCHINO R., ROSSI M., POMPEI C., SAVANI L., Survival of *Lactobacillus johnsonii* La1 and influence of its addition in retail-manufactured ice cream produced with different sugar and fat concentrations. **International Dairy Journal**. 2002. 12, 201–208

ALDAZABAL, J. et al. Deterministic model for ice cream solidification. **Computational Materials Science**, v. 38, n. 1, p. 9-21, 2006.

- ALVAREZ, V. B., WHOLTERS, C. L., VODOVOTZ, Y., & JI, T. (2005). Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. **Journal of Dairy Science**, 88, 862–871.
- AMIOT, J. **Ciência y tecnologia de la leche**. Zaragoza: Acribia, 1991. 547p.
- ANDERSON, J.W. et al. **Health benefits of dietary fiber**. Nutr Rev. ;67(4):188- 205, 2009.
- AOAC - **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS** - International. 19th edition – Gaithersburg. Current Through Revision 2, 2012.
- ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream**, 4th ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 1986.
- ARMBRUSTER, F.C., HARJES, C.F., 1971, U.S. Patent 3,560,343 Association of Official Analytical Chemists - AOAC. 1975. **Official methods of analysis**. 12^a. ed. Washington, D.C. 1094p.
- BAER, R. J.; WOLKOW, M. D.; KASPERSON, K. M. Effect of emulsifiers on the body and texture of low fat ice cream. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 12, p. 3123-3132, 1997.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 401p.
- BAKER, J.L., HULTON, H.F.E. **Hydrolysis of Potato and Malt Starches by Maltamylase Part II: Maltodextrin**, pp. 514 – 519, 1938.
- BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T.C. Fibra alimentar – ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**. v.57, n.6. São Paulo, 2013.
- BOFF, C. C. et al. Desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 43, n. 10, p.1892-1897, 2013.
- BORSZCZ, V. **Implantação do sistema APPCC para sorvetes**: aplicação na empresa Kimyto. 2002. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BRAGANÇA, E. Maltodextrinas da mandioca – estrelas do mundo esportivo. **Associação Brasileira dos Produtores de Mandioca**, ano 3, n.11, 2005.
- BRASIL. Resolução ANVS/MS nº 40, de 21 de março de 2001. **Regulamento técnico para rotulagem nutricional obrigatória de alimentos e bebidas embalados**. 2001
- BRASIL. Resolução n.266, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis e Preparados para Gelados Comestíveis**. Diário Oficial da União, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1.

BRASIL, Resolução ANVISA/ MS RDC nº 3, de 15 de janeiro de 2007. **Regulamento Técnico sobre Aditivos Aromatizantes**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 17 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico sobre a Informação Nutricional Complementar**. Resolução n. 54. Brasília, DF. 2012.

BUYCK, J. R.; BAER, R. J.; CHOI, J.. Effect of storage temperature on quality of light and full-fat ice cream. **Journal Of Dairy Science**. South Dakota, p. 2213-2219. jan. 2011.

CADENA, R. S. **Sorvete sabor creme tradicional e “light”: Perfil sensorial e instrumental**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

CAMACHO, I. A.O. **Caracterização dos resíduos do processamento de mandioca para produção de bioetanol e sua utilização na alimentação de aves**. 2009 62 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CÂNDIDO, L.M.B.; CAMPOS, A.M. Substitutos de gordura. In: _____. **Alimentos para fins especiais: dietéticos**. São Paulo: Varela, 1996, cap. 4, p. 259-330.

CASTRO, A.J.P.; FRANCO, L.J. Caracterização do consumo de adoçantes alternativos e produtos dietéticos por indivíduos diabéticos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 46, n. 3, p. 280-287, 2002.

CEREDA, M. P. **Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca**. In: FUNDAÇÃO CARGIL. Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). v. 4, cap. 1, p. 13-37. 2001.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O., **Tecnologia, uso e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**, Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas, Vol 3, 2003.

CEREDA, M. P. et al. **Modificação de fécula por fermentação**. v. 3. São Paulo: Série Biotecnologia, 2003. 49 p.

CHEN, W. et al. Addition of soluble soybean polysaccharides to dairy products as a source of dietary fiber. **Journal of Food Science**, 2010. v. 75, n. 6, p. C478-C484.

CHINELATE, G.C.B. et al. The physico-chemical and microbiological aspects in ice-cream of buffalo milk added for fiber food. **Revista Brasileira de Agrotecnologia** (Pombal - PB), v. 1, n. 1, p. 07-12, jan-dez, 2011

CHRONAKIS, I.S. On the molecular characteristics, composition properties, and structural – functional mechanisms of maltodextrins: a review. **Critical Reviews in Food Science**, v.38, n.7, p.599-637, 1998.

- CLARKE, C. **The science of ice cream**. Cambridge. Royal Society of Chemistry, 2004. 187p. (RSC paperbacks).
- COELHO, D. T.; ROCHA, J. A. A. **Práticas do processamento de produtos de origem animal**. Viçosa: UFV, 2005. 64p.
- COSTA, O.P.; LUSTOZA, D.C. **Industrialização de sorvetes**. Germantown: International Limited, 2000.
- COUTINHO, A.P.C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 137p. Dissertação – (Mestrado /Energia na Agricultura).Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.
- CRISCIO, T.D. et al. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. **Journal of Dairy Science**, 2010. v.93, p.4555–4564.
- CRIZEL, T. M. et al. Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice cream. **Food Science And Technology (campinas)**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.332-340, 2014.
- CRUZ, A. G. et al. Ice cream as a probiotic food carrier. **Food Research International**, v. 42, n. 9, p. 1233-1239, 2009.
- CRUZ, A.G. et al. **Sorvetes probióticos e prebióticos**. In: SAAD, S.M.I.; CRUZ, A.G.; FARIA, J.A.F. (Ed.). Probióticos e prebióticos em alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas. São Paulo: Livraria Varela, 2011. p. 359-388.
- DERVISOGLU, M.; YAZICI, F. Note. The Effect of Citrus Fibre on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Ice Cream. **Food Science And Technology International**, [s.l.], v. 12, n. 2, p.159-164, 1 abr. 2006.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996, 123p.
- DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba, PR: Champagnat, 2007. 239p.
- EL-NAGAR, G. et al. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, 2002. v.55, p.89-93.
- FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **Produção mundial de mandioca**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QV/E>> Acesso em Set. de 2015.
- FARIA, E.V., YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas, SP: ITAL/LAFISE, 2002. 116p.
- FAYDI, E. **Etude experimentale et modelisation de la taille moyenne des cristaux de glace obtenus par congelation unidirectionnelle dune creme glatee modele**. These Universite Claude Bernard, Lyon I. (1999).
- FERREIRA, D.F., **SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística**. Rev.

Symposium 6, 36–41. 2008.

FIB: **Food Ingredients Brasil**. São Paulo: Fihba, v.18, 2011. Trimestral. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com>>. Acesso em: 19 de Jul. 2014.

FIORDA, F. A. **Bagço e fécula de mandioca na elaboração de farinhas cruas e pré-gelatinizadas, snacks e macarrões instantâneos com amaranto**. 2011.187 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FIORDA, F. A. et al. Farinha de bagço de mandioca: Aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.3, n.4, p.408-416, 2013.

FRANCO, C. M. L. et al. Propriedades gerais do amido. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Produção e uso de amido**. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).2002. v. 1, cap. 2, p. 21-56.

GARAU, M. C. et al. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry**, 104(3), 1014-1024. 2007.

GILIES, D. G.; GREENLEY, K. R. ESR/ Spin Probe Study ps IceCream. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006. n. 54, p. 4943-4947.

GIUNTINI, E.B.; LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos**. Arch. Latino am. Nutr., Caracas, v. 53, n.1, p. 1-7, 2003.

GOFF, D. H. Colloidal Aspects of Ice Cream – a review. **Journal of Dairy Science**, 1997. n. 7, p. 363 – 373.

GOFF, H. D; VERESPEJ, E; SMITH, A. K.A study of fat and air structures in ice cream. **International Dairy Journal**. (1999).817-829.

GOFF, H.D. Formation and stabilisation of structure in ice cream and related products. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v.7, p.432-437, 2002.

GOFF, H. D. Quality and safety of frozen dairy products. In: SUN, D.A. **Handbook of frozen food processing and packaging**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 441-458.

GOFF, H. D. **Ice cream shelf life**. UNIVERSITY OF GUELPH (Org.).2011

GOFF, H.D.; HARTELL, R. W. Ice Cream. 7. ed., New York, **Springer**, 462p, 2013.

GRANGER, C. et al. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, 2005. Barking, Inglaterra, v.15, n.3, p.255-262.

GUINARD, J. X. et al. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. **Journal of**

Food Science, 1997. 62, 1087-1094.

HARAMI, J.B. **Desenvolvimento de cereal em barra com gelado comestível simbiótico**. São Paulo, 133p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo, 2008.

HARTEL, R. W. **Crystallization in foods** (1st ed.). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers Inc. (2001).

HOWLETT J. F. et al. **The definition of dietary fiber – discussions at the Ninth Vahouny Fiber Symposium: building scientific agreement**. Food Nutr Res. 2010;54:5750.

HOLLOWAY, W.D. et al. Dietary fiber and other constituents of some Tongan foods. **J. Food Science**, 1985. v. 50, p 1756-1757.

HWANG JY, SHYU YS, HSU CK. Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. **LWT – Food Science Technology** 42:312–8. 2009.

INSTITUTE OF MEDICINE. (IOM). FOOD AND NUTRITION BOARD. (FNB). **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Washington: The National Academies Press, 2005, 1331p.

ISO (International Organization for Standardization). 1987. Norme ISO 6647 (F). **Riz – Determination de La teneur en amylose**. Switzerland. 3p.

KARACA, O. B. et al. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, 2009. 62(1):93-99.

KENNEDY, J.F.; KNILL, C.J.; TAYLOR, D.W. **Maltodextrins**. In: KEARSLEY, M.W.; DZIEDZIC, S.Z. Blackie Academic & Professional, 1995. p.65-82.

KOEFERLI, C.R.S; PICCINALI, P; SIGRIST, S. The influence of fat, sugar and nonfat milk solids on selected taste, flavor and texture parameters of a vanilla ice cream. **Food Quality and Preference**. v.7, n. 2, p. 69-79, 1996.

KOXHOLT, M.; EISEMANN, B.; HINRICHS, J. Effect of the fat globule size on the meltdown of ice cream. **Journal of Dairy Science**, 2001. v. 84, p. 31-37.

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

LAMBERTS, L. et al. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators on long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**, Londres, v. 110, n. 4, p. 916- 922, 2008.

LEBOURG, C. **Brasamide et la féculé: une histoire d' amour**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, UNESP, 1996, 59p.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; ROAU, X. **Cassava bagasse as dietary product**. Tropical Science, New York, v. 38, p. 224-228, 1998.

LEONEL, M., CEREDA, M.P. Caracterização do resíduo fibroso da industrialização da mandioca. **I Simpósio em Energia na Agricultura**, Botucatu, SP, 26-27 de outubro de 1999. p. 151-156.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; ROAU, X. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p.241-245, 1999.

LEONEL, M. Caracterização da fibra e uso do farelo de mandioca como base para produtos dietéticos. In: _____. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 2001. p.221-226.

LEONEL, M. et al. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.3, p.586-591, 2008.

LEONEL, M.; FRANCO, C. M. L.; FERNANDES, A. M. **Culturas Amiláceas: batata-doce, inhame, mandioca e mandioquinha-salsa**. Botucatu: UNESP, 2015. 426 p.

LI, Z. et al. Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. **Journal of Dairy Science**, 1997. 80(12), 3133-3141.

LIM, S.Y. et al. High Hydrostatic Pressure Modification of Whey Protein Concentrate for Improved Body and Texture of Low-fat Ice cream. **Journal Dairy Science**, 2008. v.91, p.1308–1316.

LIMA, R. J; NASSU, T.R. **Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações**. Química Nova, 1996.

LLOYD, N. E.; NELSON, W. J. Glucose - and Fructose Containing Sweeteners from Starch. In: WHISTLER, R. L., BEMILLER, J. N., PASCHALL, E. F. (eds.). **Starch: Chemistry and Technology**, 2nd, Academic Press, Inc, Orlando, pp. 611-625. 1984

LOPES, A. S. **Avaliação dos efeitos do transporte e da armazenagem sobre a qualidade de refrigerantes de uva acondicionados em garrafas de polietileno tereftalato**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MAGALHÃES, P. J.; BROIETTI, F. C. D. Gestão de Qualidade na Elaboração de Sorvetes./ **UNOPAR Cient. Exatas Tecnol.**, Londrina, v. 9, n. 1, p. 53-60, Nov. 2010

MALANDRIN, R.; PAISANO, M.; COSTA, O. **Sorvetes: um mercado sempre pronto para crescer com inovações**. *Food Ingredients*, n. 15, p. 42-48, nov.-dez. 2001.

MARSHALL, R.T. Ice cream: properties and analysis. **Encyclopedia Food Science**.

Nutrition., 3227–3233, 2003.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. Pages 1–5, 11, 44, 171, 173, 241, 250, 305, and 309 in **Ice Cream**. 6th ed. Kluwer Academic/Plenum Publ., New York, NY. 2003.

MARSHALL, R. T.; ARBUCKLE, W.S. **Ice cream**. 5th ed. New York: International Thomson Publ., 1996. 349p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. New York: CRC, 1999. 281 p.

MESICH, J. Decisions, decisions, decisions. **Candy Industry**, New York, v. 171, n. 2, p. 32-33, 2006.

MOLLAN Jr., M. J.; ÇELİK, M. Characterization of Directly Compressible Maltodextrins Manufactured by Three Different Processes. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, vol. 19, nos 17 e 18, pp. 2335-2358. 1993.

MONTEIRO, J.M. et al. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region. **Journal of Ethno pharmacology** 2006. 105: 173 186.

MORGUETE, E.M. et al. **Análise Sensorial de Pães Elaborado com Farinha de Soja**. I Encontro de Iniciação Científica do PROIC/UNICENTRO. 2007.

MOSQUIM, M. C. A. **Fabricando sorvete com qualidade**. São Paulo: Varela, 1999. 62p.

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

NAZARUDDIN, R.; SYALIZA, A. S.; ROSNANI, A. I. W. The effect of vegetable fat on the physicochemical characteristics of dates ice cream. **International Journal of Dairy Technology**, 2008. v.61, n. 3, p. 265-269.

NELSON, N.A photometric of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal Biol. Chemistry**, 1944. n.153, p.375-380.

NETTO, F. M. **Determinação da vida-de-prateleira – Erros e limitações**. In: Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. Moura, S. C. S. R.; Germer, S. P. M. Campinas: ITAL. 3ª ed. p. 83-92, 2004. (Manual Técnico nº 6).

OLIVEIRA, L.F. et al. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.3, p. 1-60, 2002.

OLIVEIRA, A. et al. Propriedades físicas de misturas para sherbets de mangaba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 06, p. 581-586, 2005.

OLIVEIRA, B. D. **Alterações na qualidade do doce em calda do albedo de maracujá durante o armazenamento**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos

Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PEREDA, J. A. O. et al. **Tecnologia de alimentos**, Porto Alegre : Artmed, 2005. v.2

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 and Technology**, New York, v. 232, p. 1093–1102, 2011.

PERES, A. P. **Desenvolvimento de biscoito tipo cookie enriquecido com cálcio e vitamina D**, 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PIEKARSKI, F. V. B. W. **Folha de abóbora: caracterização físico-química, mineral e efeito da adição na reologia da massa e na qualidade sensorial de pães contendo fibra alimentar**. 2009. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PINHEIRO, M.V.S.; PENNA, A.L.B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v.15, n.2, p.175-186, 2004. Disponível em:<<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/72/87>>. Acesso em: 25 Jul. 2015.

PORTO, O. L. Uma importante etapa na produção perfeita do sorvete: homogeneização. **Revista Sorveteria Brasileira**, n 122, p. 37-38, Jul/Ago. 1998.

PRINDIVILLE, E. A., MARSHALL, R. T., HEYMANN, H. Effect of milk fat on the sensory properties of chocolate ice cream. **Journal of Dairy Science**, 1999. 82(7), 1425-1432.

RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata doce e mandioca e aplicação como substitutos de gordura em sorvetes**. 2009. 152f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP. São Paulo.

REGAND, A., GOFF, H. D. Effects of biopolymers on structure and ice recrystallization in dynamically-frozen ice cream model systems. **Journal of Dairy Science**, 2002. 85, 2722-2732.

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

RIVERA, C.J.; GERARDI, A.G.; INFANTE, R.B. CARRRASCO, H.J.; RODRIGUES, O. **Dietary fiber analysis of cassava using gravimetric methods**. Arch. Latinoam. Nutr. V. 43, n.1, 1993. p. 78-80.

ROBINSON, R. K. **Microbiologia lactologica**. Zaragoza: Acribia, 1987. 298p.

RODRIGUES, J. P. M.; CALIARI, M.; ASQUIERI, E. R. **Caracterização e análise**

sensorial de biscoitos de polvilho elaborados com diferentes níveis de farelo de mandioca. Ciência Rural, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2196-2202, 2011.

RODRIGUES, M. Utilização de maltodextrina e prebiótico em rações de leitões desmamados 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

RODRÍGUEZ, R. et al. A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**.v. 17, cap 1, 2006, p. 3-15.

RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. **Alimentos funcionales y nutrición óptima.** Revista Española de Salud Pública, Madrid, v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.

ROLAND, ANN M. et al. Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. **Journal of Dairy Science**, 1999. 82, 32-38.

ROLLER, S. **Starch-deriver fat mimetics: Maltodextrins.** In: ROLLER, S.; JONES, S. (Ed) A. Handbook of Fat Replacers. Boca Raton: CRC Press, p 99-118, 1996.

ROLLER, S.; JONES, S. A. **Handbook of fat replacers.** Weimar: Chips, 1996. 336 p.

ROSSA, P. N.; BURIN, V. M.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. **Food Science And Technology**, [s.l.], v. 48, n. 2, p.224-230, out. 2012.

ROTH-JOHNSON, L. **Homemade Ice Cream.** 2013. Disponível em: <<https://scienceandfooducla.wordpress.com/2013/03/05/homemade-ice-cream/>>. Acesso em: 5 nov. 2015.

SANTOS, G. G.; SILVA, M. R. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) ice cream prepared with fat replacers and sugar substitutes. **Food Science And Technology (campinas)**, [s.l.], v. 32, n. 3, p.621-628, 2012.

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

SILVA JUNIOR, E.; LANNES, S.C.S. Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p.217-220, 2011.

SIRÓ, I. et al. A. Functional food.Product development, marketing and consumer acceptance – A review.**Appetite**, v. 51, Issue 3, 2008, p. 456-467.

SIVIERI, K.; OLIVEIRA, M.N. **Avaliação da vida-de-prateleira de bebidas lácteas preparadas com “fat replacers”.** Ciência e Tecnologia dos Alimentos vol 22, nº.1 Campinas, 2003.

- SOFJAN, R.P.; HARTEL, R.W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, 2004. Barking, v. 14, n. 3, p. 255-262.
- SOLER, M. P.; VEIGA, P. G. Série Publicações Técnicas do Centro de Informação em Alimentos: **Sorvetes**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2001.
- SOMOGY, M. Determination of blood sugar. **Journal Biological Chemistry**, 1945. v. 160, p. 69-73.
- SONWANE, R. S.; HEMBADE, A. S. Sensorial Quality of Dietetic Soft Serve Ice-Cream Prepared by Using Different Proportions of Maltodextrin. **International Journal Of Current Research And Academic Review**, jun. 2014. Nanded, p. 51-55.
- SOUKOULIS, C.; CHANDRINOS, I.; TZIA, C. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with karrageenan on storage quality of vanilla ice cream. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 10, p.1816-1827, 2008.
- SOUKOULIS, C.; LEBESI, D.; TZIA, C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. **Food Chemistry**. Atenas, jan. 2009. p. 665-671.
- SOUSA, G. L. **Desenvolvimento de sorvete simbiótico de graviola (Annona muricata L.) com teor reduzido de gordura e avaliação da resistência gastrointestinal dos probióticos in vitro**. 2013. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2013.
- SOUZA, J. C. B. et al. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 1, n. 21, p.155-165, Jan/Mar2010.
- SU, F.. **Comportamento Estrutural De Formulações De Gelado Comestível Com Variações Da Base Gordurosa**. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2012.
- TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt science and technology**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 791 p.
- TELIS, V.R.N.; SOBRAL, P.J.A. Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. **Food Research International**, v.35, p.435- 443, 2002.
- TIMM, F. **Fabricación de helados**. Zaragoza: Acribia, 1989. 304 p.
- THARP, B. **Tharp food technology**. Disponível em: <<http://www.brucetharp.com/news.htm>>. Acesso em: 14 Maio 2015.
- THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. **Dietary fibres: nutritional and technological interest**. Trends in Foods Science & Technology, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 41-48, 1997.

TRICHES, R.M.; GIUGLIANI, E.R.J. Obesidade, práticas alimentares e conhecimentos de nutrição em escolares. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 541-547, 2005.

TROMBINI, F. R.M. **Caracterização de produtos extrusados de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Desenvolvimento de snacks extrusados a partir de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p.178-184, jan. 2013.

TSEVDOU, M., et al. Modelling the effect of storage temperature on the viscoelastic properties and quality of ice cream. **Journal of Food Engineering**, 2014.

TUNGLAND B.C., MAYER D. **Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food**. Comp Rev Food Sci Food Saf. 2002;1:73-92.

VARELA, P.; PINTOR, A.; FISZMAN, S. How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 220-228, may, 2014.

VIANA, D. et al. **Efeito da substituição parcial da gordura pela globina e plasma bovinos em patê de presunto**. Maringá, vol 25, nº 1, 2003.

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

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva: World Health Organization, 2003.149p.

WELTY, W. M. et al. Effects of milk fat, cocoa butter, or selected fat replacers on flavor volatiles of chocolate ice cream. **Journal Dairy Science**. 2001. v. 84, p. 21-30.

YILSAY, T. Ö.; YILMAZ, L.; BAYIZIT, A. A.. The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. **European Food Research and Technology**, [s.l.], v. 222, n. 1-2, p.171-175, 20 out. 2005.

ZAMBRANO et al. **Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura**. Instituto de Tecnologia dos Alimentos – ITAL, 2005.

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

Anexos

Anexo I – Modelo de ficha de resposta para teste de aceitação (Escala hedônica).

SEXO: FEMININO () MASCULINO () IDADE: _____

Você está recebendo amostras de sorvete. Indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da amostra quanto aos atributos indicados (coloque o número (9 a 1) da escala no quadro de acordo com sua preferência). Beba água antes de provar a amostra seguinte, para diminuir a interferência.

9 gostei muitíssimo
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

ATRIBUTOS	<u>237</u>	<u>851</u>	<u>345</u>
Aroma			
Aparência			
Cor			
Textura			
Sabor			

Marque um X em sua decisão em relação à compra:

ESCALA	<u>237</u>	<u>851</u>	<u>345</u>
Certamente compraria			
Possivelmente compraria			
Talvez comprasse / talvez não comprasse			
Possivelmente não compraria			
Certamente não compraria			

OBS: _____

Anexo II – Modelo de ficha de resposta para teste de aceitação (Escala hedônica) utilizada no período de armazenamento dos sorvetes.

SEXO: FEMININO () MASCULINO () IDADE: _____

Você está recebendo 1 amostra de sorvete. Indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da amostra quanto aos atributos indicados (Marque um X no quadro de acordo com sua preferência).

Escala	Aroma	Aparência	Cor	Textura	Sabor
9 gostei muitíssimo					
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					

Marque um X em relação a sua percepção quanto à presença de cristais de gelo:

Cristais de Gelo	<u>Amostra</u>
Não perceptível	
Pouco perceptível	
Perceptíveis	
Muitos Cristais	

Marque um X em sua decisão em relação à compra:

ESCALA	<u>Amostra</u>
Certamente compraria	
Possivelmente compraria	
Talvez comprasse / talvez não comprasse	
Possivelmente não compraria	
Certamente não compraria	

OBS: _____