**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Sorvete a base de preparado em pó

Marina Leopoldina Lamounier

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em
Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de
Alimentos

**Piracicaba
2012**

Marina Leopoldina Lamounier
Tecnóloga em Alimentos

Sorvete a base de preparado em pó

Orientadora:
Prof^ª Dr^ª **JOCELEM MASTRODI SALGADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Lamounier, Marina Leopoldina

Sorvete a base de preparado em pó / Marina Leopoldina Lamounier. - - Piracicaba, 2012.

103 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Alimentos funcionais 2. Frutas tropicais 3. Frutooligossacarídeo 4. Inulina
5. Linhaça 6. Mangaba 7. Sorvete I. Título

CDD 641.374
L236s

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À Deus, por me guiar e me tornar uma pessoa mais forte.

À minha mãe, pelo amor, pela educação conferida e pelo incentivo para a construção de uma
carreira dedicada à arte de ser Professor.

Ao meu namorado Alan, pelo Apoio e por todo o Incentivo e Afeto.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus e à Nossa Senhora, por serem meus guias e companhias constantes.

À minha família, como um todo, por ter abraçado meus sonhos junto comigo. Em especial a minha irmã Maísa, pela amizade verdadeira e dedicação. A minha mãe Rosângela e meu pai Altair que sempre me apoiaram e incentivaram nessa caminhada em busca do conhecimento.

À professora e Orientadora Dra. Joclem Mastrodi Salgado pela dedicação, entusiasmo, apoio e contribuição pessoal e acadêmica, fundamentais para realização deste sonho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da ESALQ/USP, por compartilharem seus conhecimentos contribuindo para a construção desta dissertação.

Ao professor Dr. Luiz Ronaldo de Abreu, da Universidade Federal de Lavras com quem pude contar com sua confiança e apoio.

Aos professores Dr. Eliete Kitajima e Francisco Antônio Monteiro, por viabilizar as análises de Microscopia e Minerais respectivamente.

À doutoranda Juliana Bueno pela ajuda e pelos ensinamentos durante a análise de cromatografia.

À família Marcolini Campidelli, pelo apoio constante, amizade e confiança.

Aos amigos e companheiros do GEAF e à toda equipe do Laboratório de Bromatologia (Evelise, Maressa, Priscila, Kélin, Zilmar, Patrícia, Antônio, Nataly, Fúvia, Juliana, Vana, Helô, Débora.. e todos os outros aqui não citei) pelas oportunidades conferidas, contribuições técnicas, pelos conselhos que garantiram inúmeras conquistas e principalmente por serem companhias especiais presentes nesses últimos dois anos e meio.

Às minhas amigas da república Bem-me-Quer Juliana, Maylu e Liliane pela amizade e por tornar minha vida piracicabana mais tranquila.

Às minhas amigas Stella Nucci, Carol Dias e Carol Righetti pelas inúmeras caronas concedidas e pelos momentos de descontração.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

E a todos os amigos, colegas e familiares que direta e indiretamente contribuíram para que eu pudesse concluir este trabalho.

*“Eu aprendi que para se crescer como pessoa é preciso
me cercar de gente mais inteligente do que eu.”*

William Shakespeare

SÚMARIO

SÚMARIO.....	9
RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1 Objetivo	19
2.1.1Objetivos específicos.....	19
2.2 Revisão Bibliográfica	19
2.2.1 Alimentos funcionais.....	19
2.2.2 Prebióticos	20
2.2.3 Inulina.....	23
2.2.4 Frutooligossacarídeos – FOS.....	26
2.2.5 Fibras	33
2.2.6 Linhaça	35
2.2.7 Frutos do Cerrado	35
2.2.8 Produtos com baixo teor de açúcar e gordura.....	37
2.2.9 Sorvete.....	39
2.3 Material e Métodos	45
2.3.1 Ingredientes utilizados.....	45
2.3.2 Formulações desenvolvidas.....	45
2.4 Produção do preparado em pó e sorvete	46
2.5 Estudo da estabilidade do preparado em pó	48
2.5.1 Solubilidade	48
2.5.2 Higroscopicidade	49
2.5.3 Atividade de água	49
2.5.4 Características microestruturais.....	49
2.6 Características físicas e químicas dos sorvetes.....	49
2.6.1 pH	49
2.6.2 Sólidos Solúveis Totais (SST).....	50
2.6.3 Acidez titulável.....	50
2.6.4 Ácido ascórbico	50
2.6.5 Umidade e sólidos totais.....	50

2.6.6 Cinzas.....	50
2.6.7 Gordura	51
2.6.8 Proteína bruta	51
2.6.9 Fibra Alimentar	51
2.6.10 Carboidrato.....	51
2.6.11 Análise instrumental da cor.....	51
2.6.12 Composição mineral	52
2.6.13 Diálise de minerais <i>in vitro</i>	52
2.6.14 Valor energético total.....	52
2.7 Características físicas dos sorvetes	52
2.7.1 Comportamento reológico.....	52
2.7.2 Overrun	53
2.8 Características sensoriais dos sorvetes.....	53
2.8.1 Pré-teste sensorial	53
2.8.2 Teste de aceitação e intenção de compra	54
2.9 Características microbiológicas dos preparados em pó e sorvetes	55
2.10 Análise estatística.....	55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1.1 Análise de solubilidade, higroscopicidade e atividade de água (<i>Aw</i>).....	57
3.1.2 Características microestruturais	57
3.2 Análise físico-química dos sorvetes.....	62
3.2.1 Análise de pH, Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Titulável (ATT) e ácido ascórbico	62
3.2.2 Composição centesimal dos sorvetes	63
3.2.3 Análise instrumental da cor.....	67
3.2.4 Composição de minerais dos sorvetes	68
3.2.5 Diálise de minerais <i>in vitro</i>	70
3.2.6 Quantificação dos frutooligossacarídeos	71
3.3 Características físicas do sorvete	73
3.3.1 Comportamento reológico.....	73
3.3.2 Overrun	74
3.4 Características microbiológicas do preparado em pó e sorvete	77
3.5 Características sensoriais dos sorvetes.....	78
3.5.1 Pré-teste sensorial	78
3.5.2 Teste de aceitação e intenção de compra	79

4 CONCLUSÕES	85
5 CONSIDERAÇÃO FINAL	87
REFERÊNCIAS	89

RESUMO

Sorvete a base de preparado em pó

A obesidade é um problema sério de saúde pública e o consumo de alimentos com teores reduzidos de açúcar e gordura, associado à mudanças de hábitos alimentares e exercícios físicos vem de encontro ao desejo das pessoas que precisam perder peso. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver diversas formulações de preparado lácteo funcional com diferentes teores de açúcar, gordura e inulina, além de quantidades pré-estabelecidas de linhaça e frutooligossacarídeo. Foram elaborados sorvetes de massa que além do preparado em pó, continham água e polpa de mangaba. Pode-se concluir que os preparados em pó e a fabricação dos sorvetes se apresentaram com forte potencial à comercialização, já que são ricos do ponto de vista nutricional e contemplam a demanda dos consumidores por produtos simultaneamente atrativos e saudáveis.

Palavras-chave: Frutooligossacarídeo; Inulina; Linhaça; Mangaba; Substituto de gordura e açúcar

ABSTRACT

Ice cream-based powder preparation

Obesity is a serious public health and the consumption of foods with reduced levels of sugar and fat, associated with changes in eating habits and exercise comes against the desire of people who need to lose weight. This study aimed to develop various functional dairy formulations prepared with different amounts of sugar, fat and inulin, and pre-established quantities of fructooligosaccharide and flaxseed. Were prepared ice cream mass than the powder form, containing water and mangaba. It can be concluded that the powder preparation and manufacture of ice cream that had a strong potential to marketing, since they are rich in nutritional point of view and contemplate the consumer demand for products simultaneously attractive and healthy.

Keywords: Fructooligosaccharides; Inulin; Flaxseed; Mangaba; Fat replacer and sugar

1 INTRODUÇÃO

Desde os tempos remotos, a raça humana tem consciência de que a ingestão de uma dieta balanceada é essencial para o bom funcionamento do organismo. Entretanto, o estado nutricional principalmente das populações que vivem em países desenvolvidos é afetado por hábitos inadequados como o consumo excessivo de gorduras, principalmente saturadas, elevada ingestão de açúcares e diminuição considerável do consumo de fibras, vitaminas e sais minerais, que podem favorecer a incidência de doenças crônico-degenerativas (DE ANGELIS, 2002; BLEIEL, 2010; ALISSA; FERNS, 2012).

Por outro lado, segundo dados da Pesquisa de Orçamento familiar (POF) realizada em 2008-2009, a desnutrição, nos primeiros anos de vida é um problema de grande relevância para a saúde pública no Brasil (IBGE, 2010). Além disso, a ingestão de cálcio da população está muito abaixo dos valores considerados ideais, que é de 1000 mg/dia para adulto (BRASIL, 2005; PINHEIRO, 2009). Muitas crianças enfrentam problemas de baixa ingestão de cálcio e em decorrência disso, estão sujeitas ao raquitismo e principalmente à baixa estatura, na vida adulta e velhice, à osteopenia e osteoporose (HIDVÉGI et al., 2003). Isso ocorre porque muitos produtos lácteos, como leite e queijo, não são interessantes ou atraentes suficientemente, o que contribui ainda mais para o baixo consumo.

A informação disponível tem levado à conscientização dos consumidores da relação que existe entre alimentação e saúde, estimulando a procura por alimentos como os de baixo valor energético, baixo conteúdo de gorduras e açúcares que são capazes de melhorar funções do organismo ou reduzir o risco de doenças (GONÇALVES, 2009).

Dentre estes alimentos, destaque atual é dado ao sorvete, no qual podem ser adicionadas fibras prebióticas, como a inulina e frutooligossacarídeo - ingredientes de caráter funcional - fazendo do produto uma opção saudável. O interesse principal é fazer com que o sorvete tenha múltiplas funções, pois o consumidor moderno deseja alimentos que satisfaça e que ao mesmo tempo seja saudável.

Desta forma, sorvetes de frutas do Cerrado com baixo valor energético ganham espaço cada vez maior na mesa dos consumidores. Estas frutas oferecem grande variedade de Sabores e aromas, algumas possuindo quantidades significativas de vitaminas, propriedades funcionais e medicinais. Neste contexto, insere-se a mangaba (*Hancornia speciosa*), que apresenta boa digestibilidade, alto valor nutritivo e consideráveis teores de proteína e vitamina C.

Considerando a tendência de elaboração de sorvetes com frutas nativas do cerrado e a possibilidade de produção de formulações com redução do teor de gordura e açúcar, desenvolveu-se esta pesquisa com o intuito de verificar as características nutricionais de um preparado em pó adicionado de fibras prebióticas (linhaça, inulina e frutooligossacarídeo) e com redução de gordura e sacarose para fabricação de sorvetes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivo

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um preparado em pó enriquecido com fibras de linhaça, inulina e FOS (fonte de prebióticos) com redução do teor de açúcar e gordura e posterior fabricação de sorvetes de massa. Além disso, avaliar as características microestruturais e microbiológicas do preparado em pó e as características nutricionais, físicas e químicas, microbiológicas, reológicas e sensoriais do sorvete de massa.

2.1.1 Objetivos específicos

- Desenvolver três formulações de preparado em pó e avaliar suas características microestruturais e microbiológicas;
- A partir dos preparados em pó, desenvolver sorvetes de massa e avaliar a composição centesimal, as propriedades físicas e químicas e as características reológicas;
- Quantificar FOS;
- Determinar as características microbiológicas;
- Avaliar a aceitabilidade dos consumidores para as formulações (padrão, intermediária e light) dos sorvetes.

2.2 Revisão Bibliográfica

2.2.1 Alimentos funcionais

Cada vez mais as pesquisas mostram a interação positiva entre alimentos e saúde. O grau com que a dieta influencia a prevenção de doenças não está definido. Entre os especialistas já é aceito que 1/3 dos casos de câncer e 1/2 das doenças relacionadas ao coração, artérias e hipertensão estão relacionados à dieta. Os principais componentes alimentares associados com doenças cardiovasculares são as gorduras, especialmente as saturadas, além do baixo consumo de fibras, vegetais e frutas (GOLDBERG, 1994; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009; ALISSA; FERNS, 2012). Estas características estão relacionadas ao estilo moderno de vida e isso ocorre principalmente nos países do ocidente. Entretanto, a pesquisa vem comprovando o papel dos alimentos funcionais como atributos específicos de saúde.

Com o aumento na expectativa de vida da população, a sociedade necessita vencer novos desafios, através do desenvolvimento de novos conhecimentos científicos e de novas tecnologias que resultem em modificações importantes no estilo de vida das pessoas. A ciência da nutrição precisa se adaptar a esses novos desafios, desenvolvendo novos conceitos. A nutrição otimizada é um desses novos conceitos, criada no sentido de maximizar as funções fisiológicas de cada indivíduo, de maneira a assegurar tanto o bem-estar quanto a saúde, como também o risco mínimo de desenvolvimento de doenças ao longo da vida (ROBERFROID, 2002; IBGE, 2010; CAISAN, 2011).

Moraes e Colla (2006) afirmam que os alimentos funcionais são considerados como promotores da saúde, pois além de suas propriedades nutricionais produzem benefícios específicos, tais como a redução do risco de diversas doenças e a manutenção do bem-estar físico e mental, sendo apresentados na forma de alimentos comuns.

O termo “alimentos funcionais” foi introduzido no Japão em meados dos anos 80 e se refere aos alimentos processados, contendo ingredientes que auxiliam funções específicas do corpo além de serem nutritivos, sendo definidos como “Alimentos para uso específico de saúde” (*Foods for Specified Health Use-FOSHU*). Estabelece-se que FOSHU são aqueles alimentos que têm efeito específico sobre a saúde devido a sua constituição química e que não expõem ao risco de saúde (MORAES; COLLA, 2006).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece que o alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais deve produzir efeitos benéficos à saúde, ser seguro para consumo sem supervisão médica e a afirmação de tais benefícios deve ser mediante a demonstração da eficácia. Contudo para os nutrientes com funções plenamente reconhecidas pela comunidade científica não é necessário demonstração de eficácia para alegação funcional (BRASIL, 1999).

Nas últimas décadas, o conceito de alimentos funcionais tem oferecido uma abordagem nova e prática para proporcionar benefícios à saúde, promovendo o uso de produtos com compostos biologicamente ativos que reduzem o risco de várias doenças crônicas (SHAHIDI, 2009).

2.2.2 Prebióticos

Prebióticos são ingredientes alimentares formados por hidratos de carbono não digeríveis. É um ingrediente especializado que influencia bactérias específicas. Possui efeito favorável para a flora intestinal do hospedeiro, estimulando seletivamente o crescimento de

bactérias benéficas no cólon, servindo de alimento para probióticos (bactérias intestinais) (NAIR et al., 2010).

De acordo com a Figura 1, um composto para ser considerado prebiótico deve atender aos seguintes requisitos: a) origem vegetal, b) parte de um conjunto heterogêneo de moléculas complexas, c) fermentável por bactérias colônicas benéficas, como bifidobactérias e lactobacilos (probióticos), d) osmoticamente ativa, e) resistente ao processo digestivo (acidez gástrica, hidrólise enzimática e absorção gastrointestinal) e f) benéfico à saúde do hospedeiro (RENHE et al., 2008; WANG, 2009).

Figura 1 - Critérios para seleção dos prebióticos para uso como ingrediente em alimentos

Fonte: Adaptado de Aida et al. (2009)

Quimicamente se incluem neste grupo os oligossacarídeos não digeríveis. Dentre os produtos mais utilizados nesse mercado estão a inulina, os frutooligosacarídeos (FOS). Os prebióticos não somente proporcionam aumento da potência do número de bactérias benéficas no intestino grosso de humanos, predominantemente os lactobacilos e as bifidobactérias, mas também aumentam sua atividade metabólica por meio do fornecimento de substrato fermentável (SILVA, 2007).

Para garantir um efeito contínuo os prebióticos devem ser ingeridos diariamente. Doses diárias de 4 a 5 g de inulina e/ou oligofrutose são eficientes para garantirem o estímulo da multiplicação de bifidobactérias no cólon (SAAD, 2006).

2.2.2.1 Efeitos na saúde

2.2.2.1.1 Biodisponibilidade de minerais

Em estudo feito por Lobo e colaboradores (2006), verificou-se o aumento da absorção de minerais, em específico de cálcio, magnésio e ferro, devido a ingestão de prebióticos, como inulina, oligofructose, frutoligossacarídeos, glicossacarídeos e galacto-oligossacarídeos, por ratos. Martim et al. (2010), verificaram aumento de 67% da biodisponibilidade de cálcio em adolescentes de 11 a 13 anos que foram suplementados com uma dieta diária com frutoligossacarídeos.

2.2.2.1.2 Proteção contra Infecção

Os benefícios da microbiota intestinal pelo uso de prebióticos ocorre devido o fornecimento de nutrientes para as bactérias benéficas ou pela substituição dos sítios de ligação das bactérias patogênicas por oligossacarídeos. Isto reduz a incidência de infecções e proporciona maior integridade à parede da mucosa intestinal. Bactérias patogênicas necessitam ligar-se a parede do trato intestinal para que haja a proliferação das mesmas. Isso ocorre pela adesão de tais à glicoproteínas (lecitinas ou fímbrias) as quais reconhecem determinados tipos de açúcares na mucosa. Alguns oligossacarídeos, como estaquiose, galactana e mananos agem impedindo a adesão de *E. coli* e *Salmonella sp* no trato gastro intestinal, uma vez que o complexo entre essas e as glicoproteínas irão ligar-se a um oligossacarídeo dietético e serão excretados juntamente com as fezes (BUDIÑO, 2007).

2.2.2.1.3 Manutenção da microbiota intestinal infantil

Fatores de promoção e crescimento de bifidobactéria em crianças vêm sendo estudados desde os últimos 70 anos (MARTINS; BURKERT, 2009). Associa-se os oligossacarídeos do leite humano, fibras que proporcionam efeito positivo na composição da microbiota intestinal juntamente com probióticos, à redução de leucócitos em paredes endoteliais. Bengmark e Ortiz de Urbina (2005) explicam o efeito devido às semelhanças estruturais dos oligossacarídeos do leite humano com as glicoproteínas formadoras da parede celular da mucosa intestinal, contribuindo para minimizar a invasão e colonização de microrganismos indesejáveis.

Devido ao efeito oligossacarídeo bifidogênico semelhante ao leite materno, nos estudos tem-se mostrado que suplementação com prebióticos pode exercer efeitos protetores contra a infecção, diminuindo a incidência de alergias e exercendo benefícios para o desenvolvimento imunológico pós-natal da criança (ROMEO et al., 2010).

2.2.3 Inulina

Este prebiótico pertence a uma classe de carboidratos conhecidos como frutanos. É um polímero de frutose unido por ligações β -(2 $\rightarrow$ 1), encontrado como carboidrato de reserva em vegetais como o alho, a alcachofra de Jerusalém e a raiz de chicória (ROCHA et al., 2006). O comprimento de sua cadeia varia de 02 a 60 unidades e pode ser extraída de plantas ou sintetizada a partir da sacarose (SAXELIN, 2003). A inulina é comumente utilizada para melhorar as propriedades funcionais e tecnológica dos alimentos.

Os produtos de inulina podem ser utilizados como substituto de gordura sem afetar o sabor e textura e podem ainda aumentar o valor nutricional dos alimentos (LATTIMER; HAUB, 2010). É um frutooligossacarídeo não digerível e também é considerado um prebiótico. A inulina de cadeia longa apresenta maior estabilidade térmica, é menos solúvel e mais viscosa que a inulina de cadeia curta e tem sido utilizada em diversos produtos lácteos (BAYARRI et al., 2010; ERTEKIN; GUZEL-SEYDIM, 2010).

Além disso, a inulina resiste à digestão na porção superior do trato digestório, sendo fermentada significativamente no cólon. Este carboidrato faz parte do complexo de fibras dietéticas e apresentam propriedades fermentativas diferentes das outras fibras. Como prebiótico, a maior parte dos efeitos da inulina se processam essencialmente na flora intestinal pela modificação da microbiota endógena. Afeta beneficemente a composição da microbiota intestinal, as funções da mucosa, as atividades endócrinas e a absorção de minerais (ROBERFROID, 2007; LATTIMER; HAUB, 2010).

A inulina apresenta reduzido teor energético (1 a 1,2kcal/g) e pode ser utilizada como substituto de gordura e como fonte de fibra solúvel (ABBASI; FARZANMEHR, 2009; CASAROTTI; JORGE, 2010). Suas propriedades químicas variam com o comprimento da cadeia do polímero. Moléculas pequenas, com 3 a 6 graus de polimerização, são usadas como adoçantes de baixo valor energético e de 6 a 60 graus são usadas como substitutos de gorduras em preparações alimentares como sorvete (RENHE et al., 2008; NAIR et al., 2010). A estrutura química da inulina pode ser visualizada pela Figura 2.

Figura 2 - Estrutura química da Inulina

Fonte: Renhe et al. (2008)

Entretanto, em estudo realizado por Tárrega (2010), a adição de inulina de cadeia curta e de cadeia longa a produtos de baixo teor energético não foi suficiente para melhorar as características reológicas. As amostras com a proporção de 50:50 de cada um dos tipos de inulina apresentaram, todavia, a mesma cremosidade e textura que amostra com teor total de gordura, além de proporcionar maior efeito prebiótico.

A maior fonte de inulina pode ser obtida da chicória, que apresenta até 47,6g deste prebiótico por 100 g do alimento; a segunda maior fonte de inulina é a alcachofra de jerusalém, com até 20g de inulina por 100g do produto (NAIR et al., 2010). A concentração de inulina depende da variedade do vegetal, do tempo entre colheita e o consumo, ou utilização e das condições de estocagem (RENHE et al., 2008).

A recomendação diária de consumo de inulina é de 10 g (STEFE et al., 2008). No Brasil, a ANVISA permite alegação desde que a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3g de inulina se o alimento for sólido ou 1,5 g se o alimento for líquido (BRASIL, 2008).

2.2.3.1 Efeitos benéficos da inulina

Oriundos da degradação da inulina, os AGCC (ácidos graxos de cadeia curta) possibilitam vários benefícios à saúde como demonstrado na Figura 3. Entre estes estão a diminuição do pH luminal, diminuição do número de patógenos, aumento da absorção mineral, absorção adequada de água e sódio, benefício do metabolismo humano, prevenção de colite (inflamação do cólon), diferenciação celular (diferencia células normais de células

tuMoraes), proliferação celular da mucosa e auxílio na circulação sanguínea da mucosa (beneficiando a nutrição celular) (NAIR et al., 2010).

Figura 3 - Benefícios da Inulina no organismo

Fonte: adaptado de Nair et al. (2010)

2.2.3.1.1 Redução do colesterol e obesidade

A hidrólise enzimática da inulina no intestino delgado é mínima (<10%) e consiste em ligações beta. Portanto, ela entra como tal no intestino grosso e é quase completamente metabolizada pela microflora. Quando fermentada, a inulina tende a favorecer a produção de propionato que, por sua vez, reduz a relação acetato propionato conduzindo a uma diminuição do colesterol sérico total e de LDL, que são fatores de risco importantes para as doenças cardiovasculares (LATTIMER; HAUB, 2010). A inulina também pode auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade. Cani et al. (2006) demonstraram que oligofrutose, um subgrupo de inulina, aumentou a saciedade em adultos, o que levou a uma diminuição na ingestão de energia total.

2.2.3.1.2 Diminuição de carcinogênese

Em estudo com ratos foi mostrado que a administração de oligofrutose e inulina na dieta suprimiram significativamente o número de focos de criptas aberrantes no cólon, quando comparado à dieta controle. Criptas aberrantes são lesões precursoras putrefativas, a partir das

quais os adenomas e carcinomas podem se desenvolver no cólon. Essa inibição foi mais pronunciada em ratos alimentados com inulina do que naqueles que receberam oligofrutose. O papel desempenhado pela inulina e a oligofrutose na redução da formação das criptas aberrantes, um marcador pré-neoplásico precoce do potencial maligno no processo de carcinogênese do cólon, sugere que eles têm potencial para suprimir tal doença (STEFE et al., 2008).

Bouhnik et al. (2007) testaram o efeito prebiótico da administração diária de 5g de inulina e verificaram que a ingestão de 2,5g duas vezes ao dia, possibilitou a estimulação das bactérias bífidas e a diminuição da atividade da β -glucuronidase, enzima responsável pelo aumento da concentração de substâncias carcinogênicas no intestino.

A inulina também é capaz de estimular o crescimento de bifidobactérias enquanto restringe o crescimento de bactérias patogênicas potenciais, tais como *E. coli* e *Salmonella*. Isto poderia revelar-se vantajoso em situações patológicas como colite ulcerativa e as infecções por *Clostridium difficile* (LATTIMER; HAUB, 2010).

2.2.3.1.3 Absorção de minerais

O aumento da absorção de minerais pode também contribuir para a funcionalidade da inulina. Em estudo realizado por Griffin et al. (2003), adolescentes receberam dieta suplementada com inulina e foi detectado cerca de 20% a mais da absorção de cálcio nessas pessoas. Os resultados das pesquisas realizadas por Abrams et al. (2005) chegam a resultados semelhantes. Em seus estudos os autores suplementaram adolescentes com inulina e os resultados mostraram aumento da densidade mineral óssea. Os mecanismos subjacentes a estas descobertas são ainda pouco esclarecidos, mas o aumento da absorção de cálcio no cólon ou lúmen do trato gastrointestinal pode ocorrer devido a presença de ácidos graxos de cadeia curta (LATTIMER; HAUB, 2010).

2.2.4 Frutooligossacarídeos – FOS

Os Frutooligossacarídeos (FOS) são oligossacarídeos e estão presentes principalmente em produtos de origem vegetal como trigo, cebola, banana, alcachofra, alho e raízes de chicória (FORTES, 2006).

São denominados como açúcares não convencionais e têm proporcionado grande impacto na indústria do açúcar devido as suas características funcionais em alimentos, além

dos aspectos fisiológicos, físicos e organolépticos. São considerados oligossacarídeos resistentes, ou seja; carboidratos complexos de configuração molecular que os torna resistentes à ação hidrolítica das enzimas salivares e intestinais, atingindo o cólon de forma intacta (PASSOS, 2003; FORTES, 2006). Podem ser encontrados como compostos de reserva energética em mais de 36 mil espécies de vegetais, muitas utilizadas na alimentação humana (SANGEETHA et al., 2005).

Quimicamente os FOS são formados através de ligação específica entre uma molécula de glicose e duas a oito moléculas de frutose. O termo FOS é utilizado para denominar frutanos do tipo inulina com grau de polimerização inferior a 10 cujos nomes são derivados de oligossacarídeos constituídos predominantemente de frutose (FORTES, 2006; SAAD, 2006; ROBERFROID, 2007).

Desta forma, os FOS podem ser obtidos e consequentemente diferenciados por dois grupos. O primeiro consiste tanto de cadeias lineares como de cadeias ramificadas de oligossacarídeos, com grau de polimerização variando entre 1 e 5 unidades de frutossil. São considerados oligômeros de $1^F-(1-\beta\text{-frutofuranosil})_{n-1}\text{sacarose}$, onde n oscila de 2 a 4. Eles são compostos por moléculas de sacarose às quais adicionaram uma, duas ou três unidades de frutose através de ligações glicosídicas $\beta(2,1)$ à subunidade frutose da sacarose, reduzindo significativamente o teor de glicose. As estruturas resultantes são denominadas: 1-kestose (GF^2), nistose (GF^3) e $1^F \beta\text{-frutofuranosil nistose}$ (GF^4) (Figura 4) e possuem a seguinte distribuição percentual: 34% de 1-kestose, 53% de nistose e 10% de $1^F - \beta\text{-frutofuranosil nistose}$ (FORTES, 2006; SAAD, 2006; FORTES, 2009).

Figura 4 - Estrutura química dos principais FOS: 1 Kestose (A), Nistose (B), Frutofuranosil nistose (C)

Fonte: Tuohy et al. (2005)

O segundo grupo deriva da hidrólise enzimática da inulina que consiste de unidades lineares de frutossil com ou sem uma unidade final de glicose. Este grupo está mais acessível e são encontrados em uma grande variedade de plantas como alcachofras, aspargos, beterraba, chicória, banana, alho, cebola, trigo, tomate, mel, açúcar mascavo e em tubérculos, como o yacon (PASSOS, 2003; FORTES, 2006).

Nos Estados Unidos os FOS possuem o status de GRAS (Generally recognized as safe) e são regulamentados pelo FDA (Food and Drug Administration). No Brasil são regulamentados pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), se apresentando como alimentos com alegações de propriedades funcionais e/ou de saúde. Já no Japão são categorizados como FOSHU (Food of Specified Health Use) (ANVISA, 2008).

São considerados nutrientes indigeríveis ou ingredientes adicionados e são definidos como fibras dietéticas. Entretanto, para um FOS ser considerado uma fibra prebiótica, é necessário cumprir todos os critérios exigidos: a) não deve ser hidrolisado nem absorvido na parte superior do trato gastrointestinal (GIBSON et al., 2007), b) Deve ser um substrato seletivo para um grupo de bactérias probióticas (especialmente *Bifidobacteria*) que são estimulados para crescer e inibir o crescimento de bactérias patogênicas (KAPIKI et al., 2007), c) deve contribuir para uma flora saudável e proporcionar efeitos benéficos para o hospedeiro.

Dentre os efeitos benéficos, os FOS estão envolvidos na absorção de cálcio, magnésio, fósforo, e ferro, (ROBERFROID, 2002) redução do colesterol sérico (LIONG; SHAH, 2004), inibição de focos de células cancerígenas (BOUTRON-RUAULT et al., 2005; SUNG; CHOI, 2008), prevenção de osteoporose (NZEUSSEU et al., 2006), controle de diarreia (MACFARLANE et al., 2006), diminuição de esteatose hepática (KAUME et al., 2011), contribuem com a redução do risco de obesidade pois inibem a absorção intestinal da gordura proveniente da dieta (NAKAMURA et al., 2011) e, possivelmente, contribuem com o controle do diabetes do tipo-2 (HABIB et al., 2011).

Os seus atributos de fibra fazem com que sejam utilizados como alimentos funcionais, já que não interferem nas características dos produtos que são adicionados. Além do mais, são resistentes às enzimas digestivas e salivares podendo não ser digeridas pelo organismo humano, chegando ao intestino grosso intactos. São fermentados pelas bifidobactérias presente no cólon, que por sua vez, utilizam os FOS como substratos para a fermentação. Consequentemente, o pH do intestino grosso é diminuído, permitindo o crescimento da flora bifidogênica, evitando assim, o crescimento de bactérias patogênicas. No final, serão obtidos produtos como: ácidos graxos voláteis (ácido acético, propiônico e butírico), gases (anidrido carbônico e hidrogênio) (BURIGO et al., 2007; FRIC, 2007; LIONG, 2007).

No Brasil, a ANVISA permite a alegação de funcional desde que a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3 g de FOS se o alimento for sólido ou 1,5g se o alimento for líquido (BRASIL, 2008).

A segurança dos FOS e oligofrutose para aplicação em alimentos foi avaliada por muitos órgãos regulatórios em todo o mundo, e a evidência experimental *in vivo* não demonstrou quaisquer efeitos tóxicos. No entanto, os prebióticos em doses muito altas podem aumentar a incidência de distensão abdominal, flatulência e alta pressão osmótica que levam ao desconforto gastrointestinal. Os efeitos podem variar largamente entre indivíduos e dependem da matriz do alimento em que os prebióticos são incorporados (OOI; LIONG, 2010).

Por possuir inúmeras propriedades e permitirem aplicações em diversas áreas, os FOS são ideais para a indústria de alimentos. São utilizados como suplementos para atletas, formulações infantis, produtos lácteos, produtos de panificação para melhorar a umectância e crocância e em sorvetes para diminuir o ponto de congelamento. Além do mais, são utilizados em formulações de produtos funcionais, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, desta forma, sendo comumente utilizado em formulações para diabéticos, que promovam efeito nutricional adicional nas áreas de prebióticos, simbióticos, fibras

dietéticas, em iogurtes, promovendo efeito simbiótico (SILVA et al., 2007; SABATER-MOLINA et al., 2009; KONDEGOWDA et al., 2011; MOROTI et al., 2012).

Os FOS possuem baixas quantidades de energia (1 a 1,5 Kcal/g), não são cariogênicos, não cristalizam, não precipitam nem deixam Sabor residual. Não são degradados durante a maioria dos processos de aquecimento, resistindo aos processos térmicos (pasteurização). Podem ser hidrolisados em frutose em condições muito ácidas e em condições de exposição prolongada de determinados binômios tempo temperatura. Possuem ausência de cor e de odor, são estáveis tanto em pH ácido como alcalino, são mais solúveis que a sacarose e fornecem entre 30-50% da doçura desta. Por se tratarem de carboidratos não-redutores não participam nas reações de Maillard. A capacidade de retenção de água é superior à da sacarose e similar à do sorbitol. Sua solubilidade em água atinge 80% a 25°C e também são solúveis em etanol a 80% (SILVA, 2007; HABIB et al., 2011).

2.2.4.3 Mecanismos de ação e efeitos dos FOS - benefícios comprovados

2.2.4.3.1 Controle da flora intestinal e constipação

Existem disponíveis na literatura estudos científicos que comprovam os efeitos benéficos do consumo de FOS. Eles são classificados como assistentes da flora benéfica do trato intestinal estando envolvidos no metabolismo da bifidobactéria e diminuição do pH do intestino grosso, destruindo bactérias putrefativas (MACFARLANE, 2011).

A administração de FOS em pacientes constipados, segundo a literatura, implica no aumento significativo do número de bifidobactérias, resultando em efeito laxativo. Pesquisas sugerem que esses efeitos são provenientes da produção de ácidos graxos de cadeia curta, pelas bifidobactérias, o que acelera o peristaltismo intestinal e, também, pelo aumento do bolo fecal (PASSOS, 2003; FORTES, 2009). Isso ocorre, pois o aumento da população bacteriana faz aumentar a retenção de umidade nas fezes, aumentando a massa fecal, favorecendo o peristaltismo e melhorando os sintomas desfavoráveis da constipação.

Foi realizado um estudo com o objetivo de observar o efeito bifidogênico do frutooligossacarídeo em pacientes com neoplasias hematológicas submetidos à quimioterapia. Vinte e cinco pacientes foram divididos em 2 grupos que receberam, por 15 dias, 12g de frutooligossacarídeo (n=14) ou placebo (maltodextrina) (n=11). Como resultado, verificou-se que a suplementação aumentou a quantidade de bifidobactérias, interferindo na composição da microbiota intestinal, e que não houve alteração do pH fecal, podendo auxiliar na prevenção de câncer de cólon (BÚRIGO et al., 2007).

2.2.4.3.2 Efeito no metabolismo dos lipídios

Existe uma estimativa de previsão que até o ano de 2030, as doenças cardiovasculares continuarão a ser as principais causas de morte, afetando cerca de 23,6 milhões de pessoas em todo o mundo (WHO, 2009). As pessoas afetadas com hipercolesterolemia poderão evitar o uso de drogas redutoras de colesterol através da prática de controle alimentar ou suplementação com prebióticos. Para comprovar isto, vários estudos vêm sendo realizados com intuito de evidenciar os efeitos hipocolesterolêmicos de prebióticos (MADSEN et al., 2007; PETTERSON et al., 2008).

As bactérias láticas e as bifidobactérias podem reduzir o colesterol sérico total e aumentar a razão HDL:LDL. Isso ocorre pelo fato das bactérias benéficas consumirem parte do colesterol que chega ao intestino, diminuindo a quantidade que será absorvida pela parede intestinal (LEMOS, 2008).

Não existe a dose diária recomendada de prebióticos que especificamente exercem um efeito hipocolesterolêmico. Em um estudo foi demonstrada a eficácia de lactulose e L-ramnose na redução dos triglicérides em jejum, em doses de 15 g / dia e 25 g / dia, respectivamente (VOGT et al., 2006). Desta forma, o efeito hipocolesterolêmico é específico para os diferentes tipos de prebióticos sendo necessários estudos mais aprofundados para encontrar a dosagem adequada de prebióticos, visando especificamente um efeito hipocolesterolêmico.

Prebióticos como a inulina e frutooligossacarídeos contribuem para o controle da hipercolesterolemia por meio de dois mecanismos: a redução da absorção de colesterol acompanhada pela excreção do colesterol através de fezes, e na produção de ácidos graxos de cadeia curta mediante fermentação seletiva por microflora bacteriana intestinal (OOI; LIONG, 2010).

Ratos alimentados com inulina também mostraram maiores excreções fecais de lipídios e colesterol em relação ao controle ($P < 0,05$), atribuído principalmente à redução da absorção do colesterol. Semelhante às fibras não digeríveis, prebióticos são indicados para aumentar a viscosidade do trato digestivo e aumentar a espessura da camada epitelial no intestino delgado, e assim inibir a absorção de colesterol (DIKEMAN et al., 2006). Dessa forma, ocorre um catabolismo mais elevado de colesterol no fígado que contribui para esse efeito hipocolesterolêmico (OOI; LIONG, 2010).

2.2.4.3.4 Prevenção de câncer de cólon

Devido à formação de ácidos graxos de cadeia curta (ácido propiônico, butírico e acético), ocorre a redução do pH intestinal tornando o meio seletivo para o crescimento de bifidobactérias e bactérias lácticas, impedindo assim o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, *Salmonella*, *Shigella*, *Campilobacter*, *Listeria*, coliformes, bacteróides, e outras (LEMOS, 2008).

Com a diminuição de bactérias putrefativas no intestino, ocorre a redução da produção de substâncias tóxicas, o que contribui na prevenção de câncer de cólon (SILVA, 2008).

2.2.4.3.5 Maior absorção de nutrientes

A redução do pH intestinal, devido a formação dos ácidos graxos de cadeia curta, faz aumentar a solubilidade dos minerais, sendo mais facilmente absorvidos pelas células da mucosa. Outro benefício é que essas bactérias sintetizam muitas vitaminas do complexo B, que são utilizadas pelo organismo (LEMOS, 2008).

Os resultados do estudo desenvolvido por Lopez et al. (2000) mostraram que a dieta com FOS aumentou a absorção de Ca e Mg no intestino. A absorção aparente de minerais aumentou significativamente pela ingestão de FOS (Ca + 20%, Mg + 50%, Fe + 23%, Cu + 45%), e diminuiu pela ingestão de ácido fítico para elementos traço (Fe . 48%, Zn . 62%, Cu . 31%). A dieta livre de fibras adicionada de ácido fítico promoveu repercussão negativa no sangue (diminuição de Mg e Fe), fígado (diminuição de Mg, Fe e Zn) e ossos (diminuição de Zn). No entanto, a introdução de FOS na dieta de ácido fítico combate estes efeitos negativos, estimulando a hidrólise bacteriana do ácido fítico e melhorando a absorção intestinal dos minerais.

2.2.4.3.6 Atuação no sistema imunológico

Os prebióticos podem aumentar a resistência intestinal e extraintestinal contra a ação de patógenos, pois atuam na modulação do sistema imunológico. Podem também diminuir reações alérgicas e induzir um efeito de barreira no intestino gerando benefícios para o metabolismo. Entretanto, há necessidade de mais estudos clínicos nessa área (BRUZZESE et al., 2006).

As bactérias lácticas atuam indiretamente no sistema imunológico, pois produzem substâncias com propriedades imuno-estimulatórias, como lipopolissacarídeos, peptidoglicanas e ácidos lipoteicóicos, que interagem com o sistema imune, induzem a produção de citocinas, a proliferação de células mononucleares, a fagocitose macrofágica e a síntese de grandes quantidades de imunoglobulinas, em especial a imunoglobulina IgA (LEMOS, 2008). O autor relatou em seu estudo com ratos que o uso de 100 e 150 mg/kg de FOS aumentou as concentrações no soro das 16 Imunoglobulinas IgA, IgG e IgM, comprovando que os FOS melhoraram a resposta imunológico dos ratos.

2.2.5 Fibras

As fibras estão incluídas na categoria dos carboidratos e podem ser classificadas como solúveis, insolúveis ou mistas, podendo ainda ser fermentáveis ou não-fermentáveis.

Uma descrição recente sugerida pela American Association of Cereal Chemists (2010), cita que fibra dietética é definida como polímeros de hidratos de carbono com mais de uma polimerização de três graus que não são nem digeridos nem absorvidos no intestino delgado.

Lattimer e Haub (2010) explicam que na forma mais simples, hidratos de carbono podem ser separados em dois grupos básicos com base na sua digestibilidade no trato gastro intestinal. O primeiro grupo (amido, açúcares simples, e frutanos) é facilmente hidrolisado por reações enzimáticas e absorvido no intestino delgado. O segundo grupo (celulose, fibras, hemicelulose, pectina e beta-glucanas) são resistentes à digestão no intestino delgado e requerem fermentação bacteriana localizado no intestino grosso. Estes compostos podem ser referidos como carboidratos complexos, polissacarídeos não-amido (NSP) ou carboidratos estruturais.

As fibras dietéticas podem ser classificadas quanto ao seu efeito fisiológico solúvel (pectinas, gomas e algumas hemiceluloses) e insolúvel (celulose, lignina, e certas hemiceluloses) em água. A fibra solúvel se dissolve na água formando géis viscosos e são facilmente fermentadas pela microflora do intestino grosso. Já as fibras insolúveis não são solúveis em água, não formam géis e a fermentação é limitada. A maioria das fibras alimentares contém cerca de um terço de fibra solúvel e dois terços da insolúvel (WONG; JENKINS, 2007; LATTIMER; HAUB, 2010).

Uma característica fundamental da fibra solúvel é sua capacidade de ser metabolizada por bactérias. As fibras insolúveis também ajudam na prevenção de algumas doenças, como a

constipação intestinal ou “prisão de ventre” e o câncer de colo e reto. Atuam principalmente no trânsito intestinal, acelerando o movimento do bolo fecal através do intestino (RODRÍGUEZ et al., 2003).

Segundo a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, a ingestão diária recomendada de fibras é de 25g (BRASIL, 2008). A ADA (American Dietetic Association) (2009) recomenda, para adultos saudáveis, a ingestão de fibras de 20 a 35 g/dia ou 10 a 13 g de fibras para cada 1.000 kcal ingeridas. Para crianças (acima de 2 anos) e adolescentes (até 20 anos), a recomendação é igual à idade mais 5 g de fibras/dia. Para os idosos, recomenda-se de 10 a 13 g de fibras para cada 1.000 kcal ingeridas.

2.2.5.1 Benefícios à saúde

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2008) aprovou duas alegações de saúde para fibra dietética, na qual afirmam que juntamente com um menor consumo de gorduras (<30% do valor calórico da dieta), um aumento do consumo de fibras alimentares das frutas, legumes e grãos integrais pode reduzir alguns tipos de cânceres (LATTIMER; HAUB, 2010).

Estudos recentes demonstram a relação entre o consumo de fibra dietética e a diminuição do desenvolvimento de câncer, incluindo coloretal, intestino delgado, laringe, boca e mama (NOMURA et al., 2007; SCHATZKIN et al., 2008; PARK et al., 2009). A Figura 5 sumariza a ação fisiológica das fibras no organismo.

Figura 5 - Ação das Fibras Dietéticas (F.D.) na prevenção do câncer

Fonte: adaptado de Lattimer e Haub (2010)

2.2.6 Linhaça

A linhaça é uma semente proveniente do linho e pode ser considerada um alimento funcional, pois além de satisfazer as necessidades nutricionais básicas, proporcionam benefícios fisiológicos extras à saúde.

A linhaça é considerada fonte alimentar de lignanas, compostos fitoquímicos semelhante ao estrogênio humano. É rica em fibras solúveis e contém vitaminas B1, B2, C, E, caroteno e nutrientes como o ferro, zinco, potássio, magnésio, fósforo e cálcio (TACO, 2006; SINGH, 2011; KRISTENSEN et al., 2012).

A quantidade de calorias presente em 100 gramas de linhaça é de 396 kcal, sendo 109 kcal de proteína e 287 kcal de lipídios. A composição de aminoácidos na proteína da linhaça é similar ao da proteína de soja, que é vista como uma das mais completas proteínas vegetais. As principais proteínas da linhaça são albuminas e globulinas contribuindo com cerca de 20 a 42% da sua proteína (TACO, 2006; SINGH, 2011; KRISTENSEN et al., 2012).

A particularidade de proteínas de linhaça em comparação com outras proteínas vegetais é a sua capacidade de absorver maior quantidade de água. Esta propriedade é fortemente influenciada pelo grau de pureza em mucilagem, um componente abundante no revestimento da linhaça. A alta absorção de umidade tem um efeito positivo sobre a textura principalmente elasticidade e maciez dos produtos alimentares durante seu manuseio e cozimento (LIPILINA; GANJI, 2009). Além disso, a associação de mucilagem com proteínas melhora a sua formação de espuma e propriedades emulsificantes. Isto acontece, pois a carga negativa de mucilagem reforça a carga de proteína resultando no aumento de força de repulsão. A viscosidade mais elevada é também responsável pela estabilidade da emulsão (WANG et al., 2010).

Nos últimos anos têm-se publicado muitas informações sobre os efeitos benéficos da semente de linhaça. As investigações e a experiência clínica têm demonstrado que o consumo regular de semente de linhaça previne várias doenças inclusive constipação intestinal, pois lubrifica e regenera a flora intestinal (XU et al., 2012).

2.2.7 Frutos do Cerrado

O bioma denominado cerrado constitui em um imensurável patrimônio de recursos naturais renováveis que tem sido alvo da atenção de pesquisadores e estudiosos do mundo. O cerrado ocorre, predominantemente, no Planalto Central do Brasil e ocupa cerca de 23% do território nacional (206 milhões de hectares), constituindo o segundo maior bioma do país,

superado apenas pela Floresta Amazônica (SOUZA et al., 2002; RIBEIRO;WALTER, 2008). A flora que constitui o Cerrado apresenta mais de 12 mil espécies vegetais, sendo 44% delas endêmicas. Os frutos típicos do cerrado estão gradativamente conquistando os consumidores, tanto por seus exóticos Sabores, quanto pelo potencial nutritivo. Dentre a imensa variedade de frutos nativos do cerrado evidenciados como potencial de exploração econômica, analisados e direcionados especialmente para a agregação de valores, destaca-se a mangaba (LEDERMAN et al., 2000).

2.2.7.1 Mangaba

A mangabeira é uma planta tropical pertencente à família das Apocináceas, nativa do Brasil, que ocorre nas regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sudeste e que possui um grande potencial para exploração econômica. Produz frutos aromáticos, delicados, Saborosos e nutritivos, com teor de proteína de 1,3 a 3,0%, com teores de vitaminas e sais minerais superiores aos da maioria das espécies frutíferas, tendo excelente aceitação no mercado (FERREIRA, 2007). A polpa dos frutos apresenta reduzido conteúdo lipídico e energético, e destaca-se como fonte de fibras e de minerais (SILVA et al., 2008; MARIN et al., 2009).

A mangaba (*Hancornia speciosa*) apresenta fruto do tipo baga elipsóide ou esférica, cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca, mole e fibrosa que recobre 2 a 15 sementes e atinge de 5 a 10 metros de altura (EMBRAPA, 2007).

A mangaba é considerada uma fonte significativa de vitamina C (com 139mg/100g), além de possuir ferro, manganês e zinco (SILVA JUNIOR, 2007). A associação de ferro à vitamina C é característica peculiar à composição da fruta, uma vez que essa vitamina aumenta a biodisponibilidade de ferro.

O consumo de mangaba oferece benefícios à saúde principalmente devido ao seu potencial elevado de antioxidantes naturais (ALMEIDA et al., 2011). O teor de taninos – compostos fenólicos polimerizados de natureza química bastante variada – também é considerado elevado. Estes compostos fenólicos estão associados ao potencial antioxidante dos alimentos e à prevenção de doenças crônico-degenerativas (VIEIRA, 2006). Segundo Xu et al. (2007), os compostos fenólicos encontrados no extrato do fruto possuem molécula com o grupo catecol que apresentam atividade antioxidante, as quais estão ligadas diretamente ao processo de citoproteção. Hiruma-Lima et al. (2008) sugerem em seus estudos que a mangaba é eficiente no combate e prevenção de úlceras gástricas pelo fato de estimular a síntese de muco e por produzir um efeito anti-secretor. Associados a estes efeitos, *Hancornia speciosa*

também inibe o desenvolvimento da bactéria *Helicobacter pylori* comprovando mais uma vez seu papel protetor de gastrite e até câncer gástrico.

A composição química e o valor energético da mangaba em 100 gramas de polpa são: calorias, 47,5; glicídios, 10,5 g; proteínas, 0,70 g; lipídios, 0,30 g; cálcio, 41 mg; fósforo, 18 mg; ferro, 2,80 mg; vitamina A, 30 mg; vitamina B1, 40 mg; vitamina B2, 40 mg; vitamina C, 33 mg; niacina, 0,500 mg (SANTOS, 2008).

Entretanto, o consumo de mangaba não é regular durante o ano todo, devido à restrita época da safra. Uma forma de solucionar este problema é a utilização da tecnologia de alimentos, por meio da fabricação de geléias, doce, xaropes, compotas, vinhos, sucos e principalmente sorvetes, os quais podem ser armazenados por um período longo. Desta forma, é possível agregar valor ao fruto, proporcionar o seu consumo ao longo de todo ano, indicando assim um potencial significativo para o incremento da agroindústria brasileira (EMBRAPA, 2007).

2.2.8 Produtos com baixo teor de açúcar e gordura

Uma das grandes vantagens de se investir na fabricação de produtos lácteos com menor valor energético se justifica pelo crescente número de indivíduos com sobrepeso na população mundial e brasileira, como comprovou a Pesquisa de Orçamento Familiar (IBGE, 2010) realizada pelo IBGE. Em adultos, o excesso de peso vem aumentando continuamente desde meados da década de 1970 e, no momento, é encontrado em cerca de metade dos brasileiros. Nos últimos seis anos (comparando resultados da POF 2008-2009 com os da POF 2002-2003), a frequência de pessoas com excesso de peso aumentou em mais de um ponto percentual ao ano. Isso indica que, em cerca de dez anos, o excesso de peso poderá alcançar dois terços da população adulta do Brasil, o que leva a um aumento das doenças crônicas degenerativas tais como diabetes, doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer, diminuindo assim a expectativa de vida da população com consequente aumento nos gastos com a saúde.

Um método que tem sido sugerido para melhorar um panorama nada favorável da obesidade no Brasil e no mundo é a redução da ingestão de alimentos com elevado teor energético. As instituições privadas e públicas tem se dedicado ao desenvolvimento de melhores ingredientes para a obtenção de alimentos com as mesmas qualidades de produtos convencionais, entretanto sem seu elevado teor energético. Surgiram, assim, produtos de baixíssimo teor de lipídeos e sacarose que possuem, em seu lugar, outros compostos com

propriedades semelhantes, denominados substitutos de gorduras e edulcorantes (SWITHERS et al., 2011).

Desta forma, verifica-se um aumento significativo no consumo de alimentos dietéticos para fins especiais no qual utilizam em sua composição substitutos de gordura e açúcar. Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria de Alimentos Dietéticos e para Fins Especiais e Congêneres (ABIAD), os produtos diet e light cresceram cerca de 870%, de 1998 a 2008 (ABIAD, 2008).

2.2.8.1 Substitutos de gordura

Os substitutos de gorduras são produtos que “imitam” o sabor, a textura, a aparência, a viscosidades e outras propriedades das gorduras, porém com menor valor energético (CASAROTTI; JORGE, 2010). Entretanto, para um ingrediente ser utilizado como substituto de gordura, uma molécula precisa atender a alguns requisitos: deve ser livre de efeitos tóxicos; não deve produzir metabolitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional; deve ser eliminada completamente do organismo e os produtos devem ser preferencialmente considerados Generally Recognised as Safe – GRAS, pela Food and Drug Administration – FDA (ZAMBRANO et al., 2005).

A classificação a respeito dos substitutos de gordura foi publicada pela American Dietetic Association (ADA, 2005), onde são conceituados como “um ingrediente que pode ser usado para promover alguma ou todas as funções da gordura, fornecendo menos calorias que a gordura”.

Já os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) dos produtos lácteos estabelecem que os substitutos de gordura podem ser utilizados como aditivos nestes produtos (BRASIL, 2000). A legislação brasileira preconiza a adição de 5g de substituto de gordura/kg de produto (CASAROTTI; JORGE, 2010).

Os substitutos de gordura podem ser classificados em três categorias: baseados em proteínas, em carboidratos e em lipídeos. É possível encontrar substitutos de gorduras a partir da combinação das três bases, o que melhora atributos funcionais dos produtos como, textura, Sabor e sensação ao paladar (MONTEIRO et al., 2006; CASAROTTI; JORGE, 2010).

Nos últimos 65 anos as indústrias produtoras de sorvete têm investido na utilização de sólidos do soro de leite como substituto de parte dos sólidos não-gordurosos do leite. Nesse sentido, pesquisas ao longo dos anos demonstraram que o soro de leite possui entre outras

propriedades a capacidade de substituir a gordura sem grandes alterações das características físicas do sorvete (GOFF, 2008).

As proteínas utilizadas como substitutos de gordura, se ligam aos componentes aromáticos e possibilitam a utilização de menores quantidades para substituir a gordura, ou seja, cerca de um (1) grama de substitutos de gordura derivados de proteínas pode substituir três gramas de gordura em cremes (ADA, 2005; SANTOS, 2008). Na fabricação de sorvetes sem adição ou com redução do teor de gordura, tais proteínas são capazes de favorecer a textura e realçar o *flavour* (SANTOS, 2008).

2.2.8.2 Substitutos de sacarose

A principal fonte de energia é representada pelos carboidratos (4 kcal/g) na dieta e recomenda-se que a contribuição seja de 45-65% do valor energético total. Entretanto, a ingestão excessiva de sacarose diminui a concentração de nutrientes contribuindo para a obesidade (WHO, 2003).

Os substitutos de sacarose, conhecidos como adoçantes ou edulcorantes, são classificados em dois grupos, os edulcorantes intensos ou não-nutritivos. Dentre essas duas classes incluem-se as substâncias com baixo valor energético ou não-energéticas, que são utilizados em pequenas quantidades com o propósito de fornecer doçura acentuada, sem exercer nenhuma outra função tecnológica no produto final (SANTOS, 2008). Dentre os substitutos de sacarose não-nutritivos incluem as substâncias com a capacidade de conferir Sabor doce. Além do mais, estas substâncias não fornecem energia adicional ao alimento e são destinadas a indivíduos com problemas específicos de saúde (ADA, 2004).

2.2.9 Sorvete

Segundo a Portaria nº379 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 1999) o sorvete é classificado como gelados comestíveis, ou seja, congelados obtidos a partir de emulsão de gorduras e proteínas, ou de mistura de água e açúcares, com ou sem a adição de outros ingredientes, desde que não descaracterize o produto, garantindo sua conservação até o ato do consumo.

Os gelados comestíveis são produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas por congelamento, sob contínua agitação, pasteurizada, composta de ingredientes lácteos ou não, com ou sem a adição de outros ingredientes ou substâncias. Esses

ingredientes como os açúcares, corantes, aromatizantes, estabilizantes e emulsificantes, visam atender aos padrões definidos para sólidos totais e *overrun* (incorporação de ar) favorecendo condições que garantam a conservação do produto, no estado congelado, ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumidor (BRASIL, 2005).

Os sorvetes são considerados sistemas alimentícios coloidais estruturalmente complexos. Possuem em sua composição bolhas de ar envoltas por uma emulsão parcialmente congelada. Os principais componentes desse produto são a água, gordura, emulsificantes, sólidos não gordurosos do leite, açúcares, estabilizantes, ar e gelo. Os cristais de gelo e os glóbulos de gordura sólida estão dispersos em uma fase contínua líquida não congelada, que contém proteínas, carboidratos, sais e gomas (Figura 6) (GOFF, 2008).

Figura 6 – Transformações do glóbulo de gordura

Fonte: Cruz et al. (2011)

Apesar dos benefícios do sorvete, o consumo no Brasil ainda tem índices baixos. O setor de laticínios em geral, ciente dessa situação, tem buscado o desenvolvimento de tecnologias que permitam inovações nos produtos além de explorar as expectativas do mercado e as necessidades dos consumidores. Com isso, de 2002 para 2009, o consumo de gelados comestíveis no Brasil cresceu 39,5%, passando de 713 milhões de litros para 995 milhões de litros por ano. Em 2010, o Brasil ocupou a décima posição no ranking mundial de consumo de gelados comestíveis, perdendo para países de clima gelado como Canadá, França e Suíça. Os sorvetes são os mais consumidos no país, sendo responsáveis por 72% do mercado, com a produção de 718 milhões de litros por ano (ABIS, 2012).

Este crescimento está relacionado à variedade de produtos no mercado, como por exemplo, a opção de sorvete com incorporação de ingredientes funcionais que tem como público alvo principalmente aqueles indivíduos que se preocupam com a relação entre saúde e dieta.

2.2.9.1 Microestrutura e qualidade

A estrutura do sorvete pode fornecer informações úteis sobre as suas propriedades alimentícias e seu comportamento durante o congelamento, embalagem, armazenamento, distribuição e fusão. A Figura 7 é uma representação da microestrutura do sorvete baseada em imagens geradas por microscopia eletrônica de varredura que mostra a presença de quatro elementos principais da estrutura: bolhas de ar, glóbulos de gordura, cristais de gelo e matriz não congelada (THARP, 2012).

Figura 7 - Estrutura do sorvete

Fonte: Tharp (2012)

2.2.9.1.2 Bolhas de ar

Quando se fala na fabricação de sorvetes não se pode esquecer do ar, que entra com aproximadamente 50% em volume no produto congelado. Essa incorporação de ar na massa durante o batimento é conhecida como *overrun*, é considerada 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. Se o sorvete derrete, o ar pode escapar e, dessa forma, o produto diminui de volume e assume aspecto compacto (TAMIME; ROBINSON, 2007).

A incorporação de ar à mistura base ocorre no interior de equipamentos denominados produtoras, que podem ser contínuas ou descontínuas. Nas produtoras contínuas, o ar é injetado por um sistema de filtros e compressores, enquanto que na descontínua o sistema de incorporação se processa, exclusivamente, pela agitação constante a que a mistura é submetida (PEREIRA et al., 2011).

Desta forma, as principais funções do ar na estrutura do sorvete são: a) tornar a textura do sorvete mais leve e suave. Um sorvete sem ar incorporado teria uma textura semelhante à de um picolé a base de água. b) as bolhas de ar dispersam a luz e, portanto, afetam a Aparência do produto. Por esse motivo os sorvetes são mais brancos que a mistura base que os originou. c) auxiliam no controle do tamanho dos cristais de gelo por oferecem uma barreira ao crescimento dos cristais. d) aumentam a resistência do sorvete ao derretimento (CLARKE, 2004; SOFJAN; HARTEL, 2004; PEREIRA et al., 2011).

2.2.9.1.3 Cristais de gelo

A cristalização é a organização das moléculas em uma fase sólida no interior de um fluido. Isso pode ocorrer de várias maneiras. O vapor pode se cristalizar diretamente da fase gasosa para sólida, tendo como principal exemplo a neve. Um soluto pode ser cristalizado a partir de uma solução, como na cristalização da lactose em produtos lácteos. Alternativamente, o solvente pode se cristalizar como acontece com a formação de cristais de gelo em sorvetes (COOK; HARTEL, 2010; PEREIRA et al., 2011).

Os cristais de gelo são partículas amorfas que variam em tamanho de 10 a 35 micron. Sua contribuição para a estrutura também tem uma influência direta devido à sua natureza sólida, cristalina, e seu potencial para crescer e formar estruturas de cristais de gelo intertravados. 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, 2012).

Apesar da estrutura interna do gelo ser geralmente uniforme, as condições de crescimento têm efeito sobre a forma e tamanho – 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 bolhas de ar podem reduzir o crescimento do cristal por impedimento físico ou atuando como isolante. As proteínas, com um alto peso molecular, difundem mais lentamente que os outros solutos, que poderia levá-las a interferir na etapa de incorporação de água na rede cristalina. Os açúcares e sais da mistura base de sorvete afetam o ponto de congelamento da mistura, que interfere no grau de subresfriamento para uma dada temperatura do líquido refrigerante. E, por fim, os glóbulos de gordura íntegros e parcialmente coalescidos, também, podem ter um papel em manter os cristais de gelo pequenos (SOFJAN, HARTEL, 2004; COOK, HARTEL, 2010; PEREIRA et al., 2011).

2.2.9.1.4 Glóbulos de gordura

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, 2002; GOFF, 2006; PEREIRA et al., 2011).

Os glóbulos de gordura são caracterizados como partículas esféricas de cerca de 1 a 1,5 micron de diâmetro, uma faixa de tamanho típico criado pela homogeneização. Eles aparecem tanto como glóbulos individuais quanto agregados, produzidos pelo fenômeno da aglomeração que ocorre quando glóbulos individuais de gordura colidem durante a agitação rápida aplicada no freezer durante o congelamento. Contribuem para a estrutura e propriedades do sorvete de várias maneiras, incluindo uma influência direta e indireta sobre a percepção de cremosidade e riqueza (THARP, 2012).

O glóbulo de gordura sofre duas modificações durante o processamento do sorvete: a formação da emulsão ou estabilização e a coalescência parcial ou desestabilização. A homogeneização inicia o processo de formação da estrutura da gordura, pois, promove a ruptura dos glóbulos íntegros originando um grande número de pequenos glóbulos de gordura (aproximadamente 1 μm de diâmetro). Com o aumento da área superficial, o material de membrana nativo não é suficiente para recobrir todos os glóbulos recém-formados, e por esse motivo, ocorre a adsorção de certas moléculas com características anfifílicas, tais como as caseínas, as proteínas do soro e os emulsificantes (WALSTRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2011).

2.2.9.1.5 Matriz não congelada

A matriz do sorvete é uma fase constituída de açúcares, estabilizantes, sais minerais e proteínas que 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).

Os açúcares da mistura base do sorvete apresentam uma relação direta com o ponto de início de congelamento e com a temperatura de transição vítrea, T_g . Abaixo da T_g , a matriz se torna tão viscosa que as moléculas do soluto perdem sua mobilidade. Assim, sorvetes armazenados em temperaturas abaixo da T_g são estáveis à recristalização e a reações deteriorativas. A T_g para sorvetes é dependente da formulação e, geralmente, está entre -30 e -40°C (ABLETT et al., 2002; WHELAN et al., 2008; PEREIRA et al., 2011).

É possível elevar a temperatura de transição vítrea de sorvetes utilizando açúcares de alto peso molecular, como o xarope de milho. No entanto, a adição de açúcares de alto peso molecular promove uma menor depressão do ponto de início de congelamento, afetando a textura do produto. Outra consequência da concentração pelo congelamento é a cristalização da lactose. Esse carboidrato é pouco solúvel e, quando em excesso, pode se cristalizar, originando grandes cristais que conferem uma textura arenosa ao sorvete (BORSZCZ, 2002).

Um dos principais componentes da fração de água não congelada são os estabilizantes. Os estabilizantes podem ser de origem polissacarídea ou proteica (DAMODARAN, 2007) e estão relacionados com o aumento da viscosidade da mistura base e, conseqüentemente, da matriz não congelada, redução da taxa de derretimento, estabilização da espuma, redução do

crescimento dos cristais de gelo (recristalização) e de lactose (BOLLIGER et al., 2000; RINCÓN et al., 2006).

2.3 Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos nos Laboratórios do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, e Laboratório de Laticínios da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

2.3.1 Ingredientes utilizados

Para a fabricação dos preparados em pó e consequente fabricação do sorvete foram utilizadas as seguintes matérias-primas:

Polpa congelada de Mangaba; Creme de leite em pó; Leite em pó light; Glucose em pó; Sacarose; Farinha de Linhaça; Frutooligossacarídeo; Inulina; Liga Neutra em Pó; Substituto de Gordura e açúcar; Água mineral.

2.3.2 Formulações desenvolvidas

Foram produzidas três diferentes formulações de preparados para sorvete, distintas entre si graças à substituição da sacarose e redução da gordura compensada pela adição de substituto de gordura. À medida que os teores de açúcar e gordura foram diminuindo, foram aumentados os teores de prebióticos que auxiliaram na substituição desses ingredientes fornecendo “corpo” e textura aos produtos. A formulação padrão (P1) foi elaborada com todos os ingredientes, com exceção do substituto de gordura e açúcar.

Desta forma, as variáveis do preparado em pó foram a gordura, o açúcar e o prebiótico que, a partir de duas formulações básicas (**1ª**: 5% Gordura + 12% Açúcar – *denominada “padrão”* e **2ª**: 0% Gordura + 0% Açúcar – *denominada “light”*), resultou em três formulações:

- P1(padrão) - 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico
- P2 (intermediária) - 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico
- P3 (light) - 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico

Consequentemente, os sorvetes foram elaborados com os preparados em pó dando origem a três formulações denominadas SA, SB e SC. Como diferença, foi adicionada a polpa de mangaba e a água, ingredientes utilizados exclusivamente para a fabricação do sorvete.

2.4 Produção do preparado em pó e sorvete

Na etapa inicial para a fabricação dos preparados em pó, a farinha de linhaça sofreu secagem em estufa, na qual se utilizou temperatura de 120°C por 15 minutos. Este procedimento teve o intuito de eliminar a possível carga bacteriana presente neste ingrediente a fim de tornar o produto livre de microrganismos potencialmente prejudiciais. Em seguida houve a junção de todos os ingredientes e os mesmos foram homogeneizados em *mixer* agroindustrial para tornar o produto homogêneo. Depois desta etapa, os pós foram embalados em sacos de polietileno com proteção da luz e fechados hermeticamente com seladora a vácuo dando origem ao **preparado em pó**.

Para fabricação dos sorvetes, a água mineral foi adicionada ao preparado em pó dando origem à reconstituição do produto, que foi em seguida homogeneizado em liquidificador industrial para distribuição uniforme dos ingredientes **dando início à fabricação da calda do sorvete**. Em seguida, a calda e a polpa foram pasteurizadas separadamente a 72°C por 15min e depois resfriadas até 10°C. A polpa de mangaba foi incorporada à calda do sorvete e esta mistura foi maturada em geladeira por 12h a 8°C para que houvesse a incorporação dos ingredientes. Depois de maturada, a calda e a polpa foram submetidas ao processo de batimento, onde a mistura foi executada em um trocador de calor de superfície raspada, dotado de uma camisa de resfriamento, sob a ação de um líquido refrigerante e um batedor com facas. Com o movimento e a agitação constante, o ar foi incorporado à mistura que em seguida foi congelada, **dando origem aos sorvetes**. O endurecimento foi realizado em freezer convencional com temperatura entre -18° e -20°C. Uma vez endurecido, o produto foi armazenado em potes previamente esterilizados, identificados com a descrição do conteúdo. As etapas de produção do preparado em pó, bem como da calda e dos sorvetes podem ser conferidos nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Fluxograma de elaboração dos preparados em pó e sorvetes

Figura 9 – Registro fotográfico de fabricação dos preparados em pó e dos sorvetes

2.5 Estudo da estabilidade do preparado em pó

2.5.1 Solubilidade

A análise de solubilidade foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca et al. (2005). As amostras (cerca de 0,5 g) foram adicionadas a 50 mL de água destilada a temperatura ambiente, em seguida a solução permaneceu em mesa agitadora a 100-120 rpm durante 30 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, a solução foi centrifugada a 3000G durante 5 minutos. Uma alíquota de 25 ml do sobrenadante foi transferido para placas de Petri, previamente secas e pesadas, e foram imediatamente

colocadas em estufa a 105°C durante 5 h. Em seguida, a solubilidade (%) foi calculada pela diferença de peso entre ambas.

2.5.2 Higroscopicidade

O grau de higroscopicidade do preparado em pó foi obtido de acordo com o método de Chai e Corke (2006). As amostras (cerca de 0,2 g) foram distribuídas em placas de Petri a 25°C e armazenadas em um recipiente hermeticamente fechado. Neste caso adotou-se o dessecador, o qual continha uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%). Após 1 semana, a umidade higroscópica (higroscopicidade) foi calculada com base no peso anterior e atual e expressa como g de água absorvida por 100 g de sólidos secos (g/100 g).

2.5.3 Atividade de água

As amostras de preparado em pó foram determinadas em quadruplicata por leitura em higrômetro digital Aqualab - CX-2 – Decagon, a 25°C.

2.5.4 Características microestruturais

A análise de microestrutura foi realizada no Laboratório de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ/USP. As três formulações do preparado em pó para sorvete foram fixadas em porta-espécimens metálicos (*stubs*) de 12 mm de diâmetro e 10 mm de altura. A fixação foi realizada com o uso de uma fita adesiva de dupla face, a qual foi previamente aplicada no *stub* e pressionada para eliminar as rugosidades. Em seguida, as amostras foram coladas na parte superior da fita. Foi realizada a metalização das amostras (*sputtering*) e em seguida as mesmas foram cobertas com ouro. Para isso, foi utilizado o processo de evaporação do ouro com o emprego de vácuo no metalizador *Sputter Coater* Balzers SCD050. Para a metalização, foi aplicada uma corrente de 40 mA durante 180 segundos, tendo como gás de arraste o argônio a um vácuo de 0,05 mbar.

O microscópio eletrônico de varredura utilizado para visualização das amostras foi o Phenom proX com dectetor de EDS acoplado.

2.6 Características físicas e químicas dos sorvetes

2.6.1 pH

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

2.6.2 Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais dos sorvetes foi obtido por leitura direta em refratômetro (marca Atago n.1 0~32 °Brix) e os valores expressos em °Brix (PRADO, 2009).

2.6.3 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Pregolato e Pregolato (1985). Os valores encontrados estão expressos em porcentagem de ácido cítrico no sorvete.

2.6.4 Ácido ascórbico

Utilizou-se a metodologia proposta por Benassi (1988), com algumas modificações, no qual o indicador 2,6 diclorofenolindofenol é reduzido pelo ácido ascórbico (vitamina C), utilizado como padrão, mudando de incolor para rosa. Foram utilizados 30 mL de ácido oxálico 0,5% e dissolvidos em 1 g de amostra. Em seguida, após homogeneização foi filtrado em papel filtro adicionado de 10 mL de ácido oxálico 0,5%. O filtrado produzido foi transferido para balão volumétrico e seu volume final foi aferido para 50 mL. Após, acondicionado por 15 minutos em geladeira, foi transferido uma aliquota de 10 mL para erlenmeyer. Posteriormente, o volume foi titulado com solução de 2,6 diclorofenolindofenol até coloração rosa claro. A análise foi realizada em quadruplicata e o branco formado por 10 mL de ácido ascórbico, titulado com indicador 2,6 diclorofenolindofenol. Os valores foram expressos em mg g⁻¹ e mg 100 g⁻¹ equivalentes ao ácido ascórbico por grama de sorvete.

2.6.5 Umidade e sólidos totais

O teor de umidade e sólidos totais foi estimado por meio de aquecimento direto em estufa com circulação forçada de ar a 75 °C, até obtenção de peso constante (IAL, 1985).

2.6.6 Cinzas

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

2.6.7 Gordura

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

2.6.8 Proteína bruta

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

2.6.9 Fibra Alimentar

Os teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel dos sorvetes foram determinados de acordo com o método enzimático-gravimétrico da AOAC (1997).

2.6.10 Carboidrato

O teor de carboidratos totais (Tc) foi calculado, em porcentagem, de acordo a Equação 1: $Tc = 100 - (U + C + L + P)$ (1)

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

2.6.11 Análise instrumental da cor

As avaliações da cor dos sorvetes foram realizadas utilizando-se colorímetro Minolta CR -200, de acordo com Zanão et al. (2009). Os resultados são expressos em valor L (luminosidade), que varia do negro (L = 0) ao branco (L = 100), valor a*, que caracteriza coloração na região do vermelho (+a) ao verde (-a) e valor b*, que indica coloração no intervalo do amarelo (+b) ao azul (-b). O croma, relação entre os valores de a* e b*, no qual se obtém a saturação da cor da amostra e o ângulo Hue, ângulo formado entre a* e b*, indicando a cor real do objeto, foi calculado segundo Minolta (1997).

2.6.12 Composição mineral

O teor de minerais foi determinado pelo método de Sarruge e Haag (1974) que utiliza o ácido nítrico e perclórico para a digestão nitro-perclórica, e determinação em espectrofotômetro de absorção atômica (Perkim Elmer, 3110) com leitura em 248,3 nm para determinação de ferro, molibidênio, magnésio, cálcio, ferro e sódio. Os valores foram expressos em g kg⁻¹ para macrominerais e em mg kg⁻¹ para microminerais.

2.6.13 Diálise de minerais *in vitro*

Para o método foi realizada a digestão gastrointestinal *in vitro* com utilização de membrana de diálise e determinação de minerais por espectrometria de absorção atômica.

As três amostras de sorvete (cinco gramas) foram homogeneizadas com água e a acidez acertada para pH 2,0. Foi adicionada 1,07ml de solução de pepsina e o conteúdo completado para 34g com água deionizada (LUTEN et al., 1996). Os béqueres foram levados ao banho-maria com agitação à 37°C por 2h. Foi realizada medida de acidez titulável em alíquota de 7,0g do digerido, subindo até pH 7,5 após adição de 1,7 ml da solução enzimática de bile-pancreatina, sendo utilizado solução de KOH 0,5N. As membranas de diálise foram preparadas contendo 8,5 mL de água deionizada e a quantidade de NaH(CO₃) equivalente ao anotado na titulação ácida. Alíquotas de 7g do digerido foram colocadas em frascos Erlenmeyer e introduzidas as respectivas membranas contendo NaH(CO₃). Adicionou-se então 1,7g das soluções bile-pancreatina e os frascos foram levados ao banho-maria com agitação à 37°C para simulação da digestão intestinal. O conteúdo interno das membranas foi recolhido, o volume acertado para 10 mL e a leitura de Fe, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica.

2.6.14 Valor energético total

Foram realizados também testes de calorimetria em todas as amostras através de um calorímetro PARR modelo 1341 utilizando-se o método da bomba calorimétrica, pelo qual foi determinada a quantidade de calorias presente nas formulações.

2.7 Características físicas dos sorvetes

2.7.1 Comportamento reológico

As medidas reológicas foram realizadas no Laboratório de Refrigeração de Alimentos e Laticínios da Universidade Federal de Lavras (UFLA), por meio de um reômetro rotacional de cilindros concêntricos Brookfield DVIII Ultra (Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA). Com os valores de tensão de cisalhamento (τ) e taxa de deformação (γ), foram calculados os parâmetros reológicos pelo modelo da Lei da Potência (Equação 1), utilizando o *software* Reocalc (versão V.3.1, Brookfield Engineering Laboratories, Stoughton, USA) para a captura dos dados.

$$\tau = k \gamma \quad (2)$$

em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

k = índice de consistência (Pa s)

γ = taxa de deformação (s⁻¹)

n = índice de fluxo

2.7.2 Overrun

O *overrun* foi determinado de acordo com o método descrito por Whelan et al. (2008). Volumes iguais (50 mL) de sorvete foram pesados e o *overrun* foi calculado conforme a Equação 3:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{peso da mistura base peso do sorvete}}{\text{Peso do sorvete}} \times 100 \quad (3)$$

2.8 Características sensoriais dos sorvetes

2.8.1 Pré-teste sensorial

A análise sensorial preliminar foi realizada com o intuito de avaliar as propriedades sensoriais de sorvetes elaborados com frutas exóticas da região do cerrado brasileiro, entre elas, araticum (*Annona crassiflora*), pequi (*Caryocar brasiliense Camb.*), mangaba (*Hancornia speciosa*) e curriola (*Pouteria ramiflora*). Os sorvetes foram processados pela agroindústria familiar “Pureza do cerrado” localizada na cidade de Aragarças, estado de Goiás, Brasil. Em seguida, foram encaminhados para o laboratório de Bromatologia (Laboratório de Análise Sensorial) da ESALQ/USP, onde permaneceram armazenados nas embalagens de comercialização e em temperatura de -18°C para posterior análise sensorial, realizada com 50 provadores.

As quatro formulações em estudo foram submetidas à análise sensorial de aceitação utilizando-se uma escala hedônica estruturada de 5 pontos, onde 5 representava “gostei muito”, 4 “gostei”, 3 “indiferente”, 2 “desgostei” e 1 “desgostei muito”. Na mesma ficha foi incluída uma escala de intenção de compra estruturada de 5 pontos, onde 5 correspondia a “certamente compraria”, 4 “provavelmente compraria”, 3 “talvez comprasse/talvez não comprasse”, 2 “provavelmente não compraria” e 1 “certamente não compraria”.

O objetivo desta análise preliminar foi selecionar o sorvete de fruta que possui as melhores características sensoriais para, conseqüentemente, Saborizar o sorvete em estudo. Após esta etapa procedeu-se a fabricação do sorvete para em seguida, ser realizada a análise sensorial completa com 100 provadores.

2.8.2 Teste de aceitação e intenção de compra

A Avaliação Sensorial dos sorvetes desenvolvidos foi realizada no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP. Foram utilizados 100 provadores não treinados e o teste foi realizado em cabines individuais, durante o período matutino (09:00 as 11:00) e vespertino (14:00 as 16:00). Foi aplicado o teste de aceitabilidade, utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos (ABNT, 1998), variando de “1” (desgostei extremamente) a “9” (gostei extremamente). Os atributos avaliados foram Aparência, Sabor, textura e aspecto global. Os provadores também foram questionados quanto à intenção de compra do produto.

As três amostras foram codificadas com números de três dígitos, apresentadas sob luz ambiente e posicionadas aleatoriamente em bandeja, oferecida a cada um dos cem provadores. Os sorvetes estavam em temperatura de -10°C, e 20 ml de cada amostra de sorvete foram colocados em copos descartáveis brancos e servidos aos provadores seguindo os procedimentos indicados para uma análise sensorial.

As amostras de sorvete foram apresentadas aos consumidores de forma monádica, segundo um delineamento de blocos completos casualizados, de modo que as três amostras apareceram um mesmo número de vezes em uma determinada posição. A ficha de avaliação sensorial dos sorvetes utilizada nesse estudo pode ser observada na Figura 10.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

NOME : _____ Sexo: ()M ()F Data: _____

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

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

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

Comentários: _____

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

	Nº Amostra	Intenção de compra
9 – gostei extremamente	_____	_____
8 – gostei muito	_____	_____
7 – gostei moderadamente	_____	_____
6 – gostei ligeiramente	_____	_____
5 – nem gostei/nem desgostei	_____	_____
4 – desgostei ligeiramente	_____	_____
3 – desgostei moderadamente	_____	_____
2 – desgostei muito	_____	_____
1 – desgostei extremamente	_____	_____

Figura 10 – Ficha utilizada no teste de aceitabilidade dos sorvetes

Para a realização deste teste, a proposta da pesquisa foi submetida à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da ESALQ/USP pelo processo 0992012.

2.9 Características microbiológicas dos preparados em pó e sorvetes

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP, em triplicatas nas três formulações diferentes dos preparados em pó (P1, P2 e P3) e sorvetes (SA, SB e SC) de acordo com as exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Realizou-se a contagem de coliformes a 45°C e totais e presença de *Salmonella* SP (DOWNES; ITO, 2001).

Este procedimento foi realizado antes da Avaliação Sensorial (teste de aceitabilidade), a fim de garantir a segurança do alimento aos provadores, requisito este exigido pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

2.10 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) pelo programa SAS e por teste de médias de Tukey e Teste de t . As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estudo da estabilidade do preparado em pó

3.1.1 Análise de solubilidade, higroscopicidade e atividade de água (Aw)

As notas para a análise de solubilidade (Tabela 1) ficaram entre 64,22; 71,67 e 79,73% para P1, P2 e P3 respectivamente, sendo a formulação P3 a que apresentou melhor valor. Este fato pode ser explicado pela consistência que esta formulação obteve, uma vez que o prebiótico foi utilizado em maiores proporções. Estes ingredientes podem ser considerados carboidratos altamente solúveis em água (LATTIMER; HAUB, 2010) o que pode ter contribuído para melhor solubilidade dos preparados em pó (HABIB et al., 2011).

Tabela 1 – Solubilidade e higroscopicidade do preparado em pó⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	Solubilidade	Higroscopicidade g/100g	Aw ⁽³⁾
P1	64,22±1,26 ^b	6,06±0,45 ^c	0,283±0,03 ^a
P2	71,67±1,56 ^{ab}	4,23±0,02 ^b	0,278±0,03 ^a
P3	79,73±0,94 ^a	3,14±0,01 ^a	0,289±0,03 ^a

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padrão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

⁽³⁾ Aw: Atividade de Água

Observa-se que as três amostras de preparado em pó (P1, P2 e P3) apresentaram 6,06; 4,23 e 3,14 g/100g de higroscopicidade com diferença significativa (P < 0,05) (Tabela 1). A formulação P3 resultou em pós menos higroscópicos provavelmente pelo aumento das concentrações de substituto de gordura nesta formulação. Segundo Lattimer e Haub (2010), os substitutos de gordura possuem baixa capacidade de absorver água e esta característica é interessante em relação aos produtos em pó, uma vez que a atividade de água em um produto determina sua estabilidade microbiológica além de preservar o frescor e prolongar a vida de prateleira.

Além disso, todas as amostras obtiveram valores de Aw inferiores a 0,3 não apresentando diferença (P < 0,05) entre as formulações indicando estabilidade microbiológica dos preparados em pó.

3.1.2 Características microestruturais

3.1.2.1 Microestrutura dos principais ingredientes

A figura 11 mostra a Fotomicrografia de ingredientes utilizados nas formulações do preparado em pó.

Figura 11 – Fotomicrografia de ingredientes utilizados nas formulações do preparado em pó

A: Gordura Láctea; B: Substituto de Gordura; C: Inulina; D: Sacarose

Em relação a gordura, observa-se que as mesmas possuem um contorno próximo do esférico, entretanto, com aparente rugosidade que corresponde às gotas de gordura incrustadas no material de parede.

Já o substituto de gordura apresentou formas não definidas, entretanto próximos do esférico. O que se constata é a presença de uma sombra entre as cavidades. A inulina se mostrou na forma de partículas esféricas bem definidas e lisas e com tamanhos variados. Já a sacarose possui em sua estrutura cristais aglomerados com tendência a orientação que é verificada pela formação de faces cristalinas, diferenciando-se do estado amorfo. Observa-se a não-existência de qualquer simetria e predominância de formas arredondadas e em alguns

casos são detectadas arestas e formas geométricas poligonais orientadas assim como identificado em pesquisa de Carlos et al. (2005).

Desta forma, a partir da descrição da microestrutura da gordura, do substituto de gordura, inulina e sacarose, foi possível identificá-los na estrutura dos preparados em pó e os mesmos encontram-se identificados por setas para facilitar a visualização (Figuras 12, 13 e 14).

3.1.2.2 Microestrutura dos preparados em pó

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) tornou possível à visualização da estrutura da superfície dos preparados em pó obtidos (figuras 12, 13 e 14). Além do mais, foi identificada pela MEV a presença de ingredientes incorporados nas diferentes formulações.

Não foi possível verificar com clareza os ingredientes de modo isolado por se tratar do desenvolvimento de um pó homogêneo, no qual os elementos de todos os ingredientes formam um só produto. Através das fotos obtidas (Figuras 12, 13 e 14), é possível observar a heterogeneidade de formas, onde há predomínio de glóbulos, entretanto sem uniformização de tamanho. Observa-se também a presença de deformidades que podem ser causadas pelo processamento do produto. A homogeneização do preparado em pó (através de *mixer*) pode ser um dos causadores dessas injúrias provocando alteração na estrutura do produto. A secagem em estufa também é uma etapa do processamento que provoca mudanças, podendo comprometer a qualidade do produto final (FERRARI et al., 2012).

Figura 12 - Fotomicrografias da formulação P1 obtidas por microscopia eletrônica de varredura: Aumento 585x
Setas vermelhas, amarelas, azuis e laranjas indicam a presença de açúcar, gordura, inulina e substituto de gordura respectivamente

Figura 13 - Fotomicrografias da formulação P2 obtidas por microscopia eletrônica de varredura: Aumento 590x
Setas vermelhas, amarelas, azuis e laranjas indicam a presença de açúcar, gordura, inulina e substituto de gordura respectivamente

Figura 14 - Fotomicrografias da formulação P3 obtidas por microscopia eletrônica de varredura: Aumento 580 e 585x
Setas vermelhas, amarelas, azuis e laranjas indicam a presença de açúcar, gordura, inulina e substituto de gordura respectivamente

Outros fatores que também podem ocasionar deformidade em produtos em pó é o uso de ingredientes que possuem elevada higroscopicidade, como a inulina e o FOS. Esses ingredientes podem contribuir para que produtos em pó percam suas características devido à aglomeração de partículas, que se transformam em uma massa sólida formada pela união de unidades menores.

De acordo com as Figuras 12, 13 e 14 nota-se que os preparados em pó se apresentam como uma forte tendência à aglomeração e este fato se justifica justamente pela incorporação de ingredientes higroscópicos. Nota-se que as partículas de menor diâmetro encontram-se em torno das maiores, refletindo um aglomeramento do material. Essa característica é indesejável, pois interfere na escoabilidade do pó, sendo desejáveis partículas com poucas imperfeições superficiais.

Com a análise microscópica, percebe-se que os preparados em pó são formados por partículas esféricas de diâmetro variado e apresentam microestrutura com tendência à formação de esferas de diferentes tamanhos, mas com muitas rugas em toda extensão da superfície.

3.2 Análise físico-química dos sorvetes

3.2.1 Análise de pH, Sólidos Solúveis Totais (SST), Acidez Titulável (ATT) e ácido ascórbico

O pH dos sorvetes analisados variou de 4,90 a 5,49 e apresentou diferenças entre todos os tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 2). A amostra SC foi a que obteve menor pH e essa diminuição pode ser resultante de vários compostos ácidos presentes nesta formulação (ERKAYA et al., 2012). Em comparação com outras pesquisas realizadas (AKIN et al., 2007; AKALIN; ERISIR, 2008; CRISCIO et al., 2010; PEREIRA et al., 2011; FERRAZ et al., 2012) os valores de pH dos sorvetes podem ser considerados relativamente baixos e isto ocorre devido a utilização da polpa de mangaba, fonte de vitamina C, e que apresenta baixo pH (SILVA JUNIOR, 2007). Entretanto, os dados obtidos revelam que, em relação às determinações de pH, os sorvetes não apresentaram valores próximos da mangaba *in natura* que é de 3,32 (COHEN; SANO, 2010) e a elevação nos valores de pH ocorre devido à adição do leite e outras fontes de sólidos solúveis acrescentados.

Tabela 2 – Valores de pH, °Brix (SST), Acidez, Ácido Ascórbico e Sólidos Totais dos Sorvetes⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	pH	SST ⁽³⁾	Acidez (ATT) ⁽⁴⁾	Ácido Ascórbico mg/100g	ST ⁽⁵⁾ (g/100g)
SA	5.11±0.04 ^b	21.24±0.02 ^a	1.06±0.01 ^b	17,72±1,05 ^b	44,38±1,15 ^a
SB	5.49±0.01 ^a	16.22±0.06 ^b	1.14±0.01 ^a	10,38±1,06 ^c	36,36±0,96 ^b
SC	4.90±0.01 ^c	11.11±0.09 ^c	1.02±0.01 ^c	25,65±0,01 ^a	28,12±1,17 ^c

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

⁽³⁾ Expresso em °Brix

⁽⁴⁾ Expresso em % de ácido cítrico

⁽⁵⁾ Sólidos Totais

Quanto aos parâmetros Sólidos Solúveis Totais (SST), expressos em °Brix, que representa os compostos solúveis em água, todas as formulações apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$). A amostra SA apresenta a quantidade de açúcar mais elevada, e desta forma, se apresenta como maior fonte de SST. A formulação SB apresentou níveis médios e a SC valores mais baixos por ser uma formulação com baixo teor de açúcar. Sendo assim, todos os valores de SST expressam coerência com a formulação dos sorvetes.

A acidez total titulável dos sorvetes é um parâmetro influenciado pela fruta utilizada e tendo em vista que a polpa de mangaba *in natura* possui 0,7g de ácido cítrico em 100g (RUFINO, 2009), os sorvetes também apresentaram baixa acidez. As amostras obtiveram diferença significativa ($P < 0,05$) em todas as formulações variando de 1,02 a 1,14. O sorvete SC apresentou maior acidez e este fato, de acordo com Menezes et al. (2009), pode ser explicado por que quanto menor o teor de sacarose na formulação, maior a acidez.

Os teores de Ácido Ascórbico encontrados nos sorvetes variaram entre 17,72; 10,38 e 25,65 mg/100g de amostra para SA, SB e SC respectivamente. A Ingestão Diária Recomendada (IDR) (BRASIL, 2005) para satisfazer as necessidades fisiológicas do organismo em um indivíduo normal adulto é de 45 mg de vitamina C. Quanto a este aspecto, as três formulações de sorvetes representam 38,71%; 23,06% e 57,00% da IDR e o consumo de 253,95g; 433,52g e 175,43g de sorvete respectivamente poderá suprir as necessidades diárias dessa vitamina. Sendo assim, todas as três formulações podem ser consideradas (BRASIL, 1998a) como alimento com alto teor de vitamina C e isso se deve ao fato da mangaba possuir um elevado teor de ácido ascórbico em sua composição. Estudos realizados na Embrapa Agroindústria Tropical mostraram que o teor de vitamina C presente na mangaba alcançou 139 mg/100g de polpa (MOURA et al., 2002). Se comparado o teor de vitamina C da fruta *in natura* com os sorvetes desenvolvidos, pode-se afirmar que houve perda desta vitamina no produto final, provavelmente provocadas pelo processamento e congelamento.

Em relação ao teor de sólidos totais, estes estão diretamente relacionados à palatabilidade do sorvete, pois, influenciam a intensidade e o tempo de permanência do Sabor na boca, aumentando a viscosidade (ORDÓÑEZ, 2005). Os teores de sólidos totais das formulações apresentaram diferença significativa entre as amostras ($P < 0,05$). A substituição da gordura e da sacarose promoveu uma redução significativa dos sólidos totais dos sorvetes, visto que o teor desses ingredientes está relacionado à quantidade de sólidos totais nesses alimentos (SOLER; VEIGA, 2001).

3.2.2 Composição centesimal dos sorvetes

Para a definição da composição química das amostras de sorvete foram determinados os teores de umidade, cinzas, carboidratos totais, proteína, fibra insolúvel e fibra solúvel (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição centesimal expressa em base seca para as diferentes formulações de sorvetes⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Carboidratos ³ (g/100g)	Proteína (g/100g)	Fibra Insolúvel (g/100g)	Fibra Solúvel (g/100g)
AS	56.15±0.96 ^a	0,49±0.20 ^a	37.05±0,01 ^a	1.20±0.02 ^a	3.21±0.52 ^b	1.69±0.22 ^a
SB	63.77±1.33 ^b	0,61±1.30 ^a	31,16±0,02 ^{ab}	0.96±0.03 ^a	4.20±0.56 ^b	1.96±0.03 ^a
SC	72.85±0.44 ^c	0,78±1.88 ^a	22,45±0,01 ^b	1.10±0.28 ^a	5.72±0.64 ^a	2.93±2.02 ^a

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padrão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

⁽³⁾ Calculado a partir da diferença para 100 da soma de cinzas, lipídeos, proteína bruta e umidade.

Os teores de umidade das formulações SA, SB e SC diferiram significativamente ($P < 0,05$). O maior teor de umidade foi observado em SC em função da menor concentração de sólidos quando comparado com as outras formulações. Além do mais, a gordura e a sacarose foram totalmente substituídas, o que permitiu a elaboração de um sorvete com maior proporção de água congelável (SOLER; VEIGA, 2001).

Os sorvetes de frutas são ricos em diversos sais minerais (cálcio, sódio, potássio, magnésio, etc.) devido à presença do leite e minerais na própria polpa. Nos sorvetes foram encontrados para resíduo mineral fixo, valores na faixa de 0,49; 0,61 e 0,78 g/100g em SA, SB e SC respectivamente, não havendo diferença estatística entre as amostras. Demonstra-se dessa forma, que a substituição total da gordura não interferiu na quantidade de minerais presentes, uma vez que a principal contribuição do conteúdo de minerais em sorvete é proveniente do cálcio e fósforo do leite (SOUZA et al., 2010). Os resultados foram superiores aos encontrados por Santos (2008) que analisou sorvete de mangaba com substituição de gordura e açúcar e encontrou valores entre 0,48 a 0,58 g/100g.

Em relação aos teores de carboidratos não existem valores estabelecidos pela legislação e nos sorvetes analisados foram quantificados em 37,05; 31,16 e 22,45 g/100g para SA, SB e SC, respectivamente. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre as amostras SA e SC mostrando uma relação direta entre a diminuição de açúcar e consequentemente diminuição de carboidratos.

As proteínas contribuem de forma importante para o desenvolvimento da estrutura do sorvete e influenciam a emulsificação, batimento e capacidade de retenção de água (CORREIA et al., 2007; SILVEIRA et al., 2009). Nas amostras analisadas, a incorporação do

substituto de gordura e açúcar não causou efeito significativo ($P < 0,05$) no teor de proteínas dos sorvetes. No entanto, embora não mostrado pela análise estatística, foi observada uma ligeira diminuição do teor de proteínas quando partes da gordura foram substituídas por substitutos de gordura que possuem valores de proteínas inferiores ao creme utilizado (SOUZA, 2010). Lim, Norziah e Lu (2010), obtiveram valores de proteínas entre 3,72 a 4,07 g/100g para sorvetes formulados com óleo de linhaça.

As fibras são importantes agentes que influenciam na flora do trato gastrointestinal de humanos. Os teores de fibras alimentares (fibra solúvel + insolúvel) encontrados nos sorvetes foram de 4,9; 6,16 e 8,65 g/100g para SA, SB e SC, respectivamente. Para um alimento ser considerado fonte de fibras é necessário que o mesmo tenha no mínimo de 3g/100g de fibras em sua composição e desta forma, o sorvete SA se enquadra neste atributo. Já as formulações SB e SC podem ser consideradas como sorvetes com alto teor de fibras no qual apresenta quantidades de fibras superiores a 6g/100g (BRASIL, 1998). Devido ao grande percentual de ingredientes funcionais adicionados às formulações dos sorvetes, destaca-se a amostra SC na qual observa-se um acréscimo significativo na quantidade de fibra alimentar quando comparado a SA (padrão). O enriquecimento dos sorvetes com inulina, FOS e linhaça, difere dos sorvetes comercializados no mercado, tornando-os uma boa opção como fonte de fibras na dieta alimentar do dia a dia do consumidor.

Em relação ao conteúdo de lipídios (Tabela 4), este é geralmente elevado em sorvetes em comparação com outros macros nutrientes. O tipo e a quantidade de gordura influenciam as características do sorvete resultante, modificando suas propriedades. Nas formulações analisadas os teores de lipídeos variaram de 5,1; 3,5 e 2,8 g/100g para SA, SB e SC, respectivamente e, esse resultado é atribuído tanto ao teor de gordura presente na polpa do fruto da mangaba, bem como na quantidade de leite utilizado na fabricação. Os menores valores de lipídeos foram obtidos em SB e SC e isso pode ser explicado pela redução da gordura nesses produtos. Os cálculos utilizados para verificar a redução do teor de lipídeos (Tabela 4) foram realizados em comparação com a formulação SA (padrão). A redução foi de 31,37% e 45,09% para SB e SC, respectivamente, e estas amostras podem ser caracterizadas como light. Segundo classificação internacional, o sorvete light é aquele que apresenta um mínimo de 25% de redução do teor de gorduras comparado ao produto referência e tal classificação permite que os sorvetes desenvolvidos integrem esta categoria (IDFA, 2012).

Tabela 4 – Características das formulações SB e SC em relação à formulação SA - padrão quanto à redução do valor energético total (VET) e de lipídeos

Características ⁽²⁾	Tratamentos ⁽¹⁾		
	SA	SB	SC
Lipídeos (g/100g)	5,1	3,5	2,8
Redução de Lipídeos (%)	-	31,37	45,09
VET (kcal/100g)	198,9	159,98	119,5
Redução de VET (%)	-	19,6	39,9

⁽¹⁾ Tratamentos: SA(padrão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

⁽²⁾ Em comparação a formulação SA (padrão);

O valor energético total (VET) encontrado nos sorvetes analisados foi de 198,9; 159,98 e 119,5 Kcal/100g para SA, SB e SC, respectivamente. Segundo a ANVISA (BRASIL, 1998b) para um alimento ser considerado com valor energético reduzido deve haver uma diminuição de 25% de VET e 40 kcal/100g em relação a uma formulação padrão. Se comparadas às formulações, observa-se que a utilização de substitutos de gordura e de sacarose promoveu a diminuição do VET na formulação SC e desta forma, este sorvete pode ser classificado como alimento com teor reduzido de VET. Entretanto, o valor energético total encontrado em SA pode ser considerado elevado em consequência do alto teor de lipídios, proteínas e carboidratos presentes na mangaba e provenientes dos demais ingredientes utilizados na elaboração do sorvete. Segundo Roesler et al. (2007), a densidade energética da mangaba é elevada pelo fato de ser rica em macro nutrientes. Em pesquisa realizada por Santos (2008), os sorvetes de mangaba com baixo teor de açúcar e gordura apresentaram valores entre 72,76 e 145,21 kcal/100g respectivamente para VET.

Em relação à composição química dos sorvetes em estudo, várias pesquisas vão ao encontro dos resultados obtidos. Bortolozo e Quadros (2007) desenvolveram iogurte adicionado de inulina e sucralose e o melhor resultado foi obtido no ensaio cuja concentração de inulina era de 5% e de sucralose 0,05%. Os autores concluíram que os objetivos propostos foram atingidos, obtendo-se um produto de boa aceitação, baixa concentração energética, isento de gorduras e rico em fibras solúveis, podendo ser classificado como um produto para fins especiais e produto funcional.

Foi realizado por Goh, Ye e Dale (2006), cinco formulações de sorvetes utilizando diferentes quantidades de óleo de linhaça para substituir gordura láctea. Como resultado, o

aumento da proporção de óleo de linhaça em sorvetes resultou em um aumento na taxa de fusão e uma diminuição na dureza sorvete e estes foram atribuídos à baixa temperatura de fusão do óleo de linhaça responsável pela variação da extensão de flocculação de gordura no sorvete.

Lim, Norziah e Lu (2010) investigaram o efeito do óleo de linhaça nas propriedades físico-químicas e sensoriais de sorvetes com os teores reduzidos de gordura. A incorporação de óleo de linhaça não mostrou efeitos sobre as propriedades físico-químicas dos sorvetes. No entanto, maiores proporções de óleo de linhaça diminuíram a doçura, suavidade e cremosidade do produto. Concluiu-se que 2,5% de óleo de linhaça é o desejado.

3.2.3 Análise instrumental da cor

A Figura 15 mostra o diagrama de cromaticidade para melhor interpretação dos resultados obtidos. A cromaticidade ou croma (C) mede a intensidade da cor do composto analisado. A tonalidade (Hue) é o termo usado para classificações de vermelho, amarelo, azul, etc. Por definição o ângulo Hue se inicia no eixo do croma a^* e é expresso em graus, onde 0° seria mais $+a^*$ (vermelho), 90° seria $+b^*$ (amarelo), 180° seria $-a^*$ (verde) e 270° seria $-b^*$ (azul) (MINOLTA, 1997). Já L^* indica a luminosidade ou brilho do produto que varia de claro a escuro.

Figura 15 - Diagrama de cromaticidade a^* e b^*

Fonte: MINOLTA (1997)

Sabendo disso, a Tabela 5 mostra os valores referentes à leitura de cor dos sorvetes sobre L, H° e Croma. No parâmetro L, a amostra SA não se diferenciou significativamente ($p \leq 0,05$) da amostra SB como sendo as mais escuras, provavelmente devido a maior incorporação de açúcar destas amostras. O valor de 90.12 para L na amostra SC demonstrou que a formulação apresentou coloração mais clara. Nos resultados para H°, a amostra SA, embora não tenha diferido de SC, se diferenciou de SB. A cromaticidade ou croma (C) mostrou que os resultados são distintos ($p \leq 0,05$) em todas as formulações. A heterogeneidade dos resultados está relacionada com as diferentes formulações desenvolvidas no qual a cor do sorvete pode ser diretamente influenciada pela quantidade de açúcar e polpa adicionada.

Tabela 5 - Cor instrumental dos sorvetes⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	L	H°	Croma
SA	86.70±1.50 ^b	97.11±0.79 ^a	16.49±1.25 ^a
SB	87.44±0.62 ^b	95.21±1.26 ^b	13.07±0.39 ^b
SC	90.12±0.17 ^a	95.33±0.69 ^{ab}	8.46±0.22 ^c

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

3.2.4 Composição de minerais dos sorvetes

A análise de minerais é essencial para a determinação da qualidade e da composição de sorvetes que são excelentes fontes dietéticas de diversos sais minerais como cálcio, sódio, potássio, magnésio, etc. (ERKAYA et al., 2012). Desta forma, a determinação de minerais (Tabela 6) nos diferentes sorvetes fabricados teve como principal objetivo avaliar a quantidade desses constituintes e, conseqüentemente, relacionar com a IDR (Ingestão Diária Recomendada), pois sabe-se que os minerais são indispensáveis ao funcionamento correto do organismo (BRASIL, 2005).

Tabela 6 - Teor de minerais dos sorvetes⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Mo (mg.Kg ⁻¹)	Mg (g.Kg ⁻¹)	Ca (g.Kg ⁻¹)	Na (g.Kg ⁻¹)
SA	1,72±0,57 ^a	48,51±4,62 ^b	3,05±0,23 ^b	3,38±0,04 ^b	0,48±0,04 ^a
SB	1,43±0,21 ^a	82,16±0,82 ^a	3,09±0,32 ^b	3,90±0,14 ^a	0,56±0,10 ^a
SC	1,53±0,13 ^a	77,39±2,69 ^a	3,62±0,20 ^a	3,54±0,20 ^b	0,60±0,05 ^a

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

Os valores de ferro nos sorvetes estão na faixa de 1,43 a 1,72 mg/Kg não apresentando diferença significativa (P < 0,05) entre as formulações. Os valores obtidos supriram de 10 a 12% da IDR e, provavelmente, o teor elevado de ferro advém da mangaba que possui valores significativos do mesmo, no qual em 100g de polpa pode ser encontrado 2,80 mg de ferro (SILVA JUNIOR, 2007).

Para o mineral molibdênio, a formulação SA apresentou diferença significativa (P < 0,05) das formulações SB e SC que não diferiram entre si.

O maior valor para Mg foi encontrado na amostra SC obtendo valores de 3,62 mg/Kg que representa 1% da IDR. O Mg desempenha um importante papel nas funções fisiológicas do corpo humano e apesar de ser um mineral facilmente encontrado em vários tipos de alimentos, sua absorção requer condições ideais do organismo por ser facilmente inibida por muitos fatores (RUDE; GRUBER, 2004).

Já o cálcio, se destacou por apresentar valores de 3,38; 3,54 e 3,90 g/kg suprimindo quase 3 vezes a IDR de cálcio quando consumidos 100 g do produto. De acordo com a ANVISA (BRASIL, 1998b), os valores obtidos podem caracterizar os sorvetes como alimento com alto teor de cálcio. Este dado é de grande importância, uma vez que a única fonte de cálcio disponível para o organismo humano é aquele proveniente da dieta, sendo importante garantir uma ingestão mínima do mineral para o completo crescimento e maturação dos ossos. Além do mais, a ingestão adequada de cálcio na dieta é importante porque pode ajudar a reduzir as taxas de perda óssea na vida adulta. Os benefícios da suplementação de cálcio podem ser limitados quando este mineral se encontra na forma de comprimido e uma abordagem alternativa seria a adição de cálcio a um produto alimentar. A escolha do sorvete

é justificada pela influência que proporciona devido a sua popularidade e biodisponibilidade de seu conteúdo de cálcio (CASHMAN, 2002; FERRAR et al., 2011).

Em estudo realizado por Ferrar et al. (2011), o consumo por 28 dias de sorvete com baixo teor de açúcar e gordura e enriquecido com 96, 244, 459 e 676 mg cálcio por mulheres antes da menopausa, melhoraram a remodelação óssea sem estimular o ganho de peso. Outra pesquisa realizada por Kruger et al. (2006), também observou semelhante melhora na remodelação óssea através do consumo de leite enriquecido com 1.200 mg de cálcio. Van der Hee et al. (2009) verificaram que a biodisponibilidade do cálcio provindo do sorvete é tão elevada como o do leite, o que indica que o sorvete pode ser um bom veículo como fonte de cálcio.

Em relação ao sódio, a quantidade deste mineral ficou entre 0,48, 0,56 e 0,60 g/Kg para SA, SB e SC respectivamente não diferindo entre si ($P < 0,05$). Desta forma, a ingestão de 100g de sorvete corresponde a 0,048; 0,056 e 0,06g de sódio e segundo a legislação (ANVISA, 1998), estes produtos podem ser classificados com baixos teores deste mineral. Estes valores estão de acordo com o trabalho desenvolvido por Erkaya e Şengül (2012), que obtiveram valores de 0,48 g/kg de sódio em sorvete de groselha.

Deve-se destacar que a composição mineral de alimentos é diretamente influenciada e controlada pelos ingredientes utilizados na fabricação dos mesmos, isto justifica as diferenças observadas entre o teor de minerais em diferentes estudos.

Diante dos resultados, enfatiza-se que os sorvetes desenvolvidos podem ser considerados como fonte de cálcio, além de possuírem redução do teor de sódio. Desta forma, estes sorvetes podem ser utilizados como estratégias específicas na prevenção e combate de várias doenças resultantes da ingestão insuficiente de micronutrientes. Além do mais, pode ser sugerido que a mangaba se enquadra como uma boa fonte para incrementar produtos lácteos, como sorvetes, que são pobres em macronutrientes.

3.2.5 Diálise de minerais *in vitro*

A biodisponibilidade de um nutriente relaciona-se com a capacidade do organismo utilizá-lo após sua ingestão e é possível acompanhar este efeito através da análise de diálise. A biodisponibilidade de micronutrientes como ferro é conhecida por ser baixa e por influenciar vários componentes dietéticos que incluem os inibidores e potenciadores de absorção. Entre os inibidores, encontram-se a fibra dietética e cálcio que em muitos casos,

podem se destacar, enquanto os ácidos orgânicos promovem a absorção de ferro (SANDBERG, 2002; VAN DOKKUM, 2003).

Um estudo (COSTA et al., 2008) mostrou que a biodisponibilidade do cálcio no leite também é dependente da quantidade de gordura presente no meio. Em níveis elevados, as gorduras podem insolubilizar íons cálcio e também diminuir sua biodisponibilidade.

Os resultados obtidos para diálise dos sorvetes estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Média e desvio padrão de dialisado (%) dos sorvetes¹

TRATAMENTOS ⁽²⁾	Diálise Fe	Diálise Ca	Diálise Mg
SA	1,73±0,18 ^b	0,16±0,12 ^a	0,07±0,01 ^a
SB	2,01±0,03 ^b	0,16±0,00 ^a	0,06±0,01 ^a
SC	3,86±1,34 ^a	0,11±0,01 ^a	0,03±0,02 ^a

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, não houve diferença significativa para as médias do dialisado de cálcio e magnésio nos sorvetes, sendo a variação dos valores médios de 0,11% a 0,16% e 0,07% e 0,03% para cálcio e magnésio, respectivamente. No entanto, para ferro houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as formulações e observa-se que a SC foi a que obteve valores mais elevados indicando maior biodisponibilidade deste mineral no organismo.

3.2.6 Quantificação dos frutooligossacarídeos

Atualmente, as características prebióticas têm sido atribuídas a muitos componentes dos alimentos sem a ponderação dos critérios exigidos. Em particular, quase todos os alimentos que contém oligossacárido e polissacárido (incluindo fibra dietética) têm sido alegados como atividade prebiótica, entretanto, nem todos os hidratos de carbono são prebiótico. Existe, portanto, uma necessidade de estabelecer derivados claros para a classificação de um alimento como ingrediente prebiótico (CRISCIO et al., 2010). Desta forma, a análise para detecção de FOS em HPAEC-PAD, se torna uma alternativa para quantificar na totalidade o conteúdo de fibra alimentar nos sorvetes.

Foi determinada a concentração de FOS, cujos valores encontram-se apresentados na Tabela 8. Os resultados obtidos foram de 3,057g/100g, 3,4806g/100g e 5,67g/100g de FOS para SA, SB e SC, respectivamente. Foram determinados também os valores referentes à porcentagem de inulina presente no teor total de FOS que é de 20,81%, 18,28% e 11,22% para SA, SB e SC.

Tabela 8 – Quantificação (g/100g) de FOS nos sorvetes

	Tratamentos ⁽¹⁾		
	SA	SB	SC
GF2 ⁽²⁾	0,0279	Não identificado	0,7767
GF3 ⁽³⁾	1,5299	1,2860	1,7906
GF4 ⁽⁴⁾	1,4992	2,1946	3,1028
FOS Total	3,057	3,4806	5,6701
% de Inulina	20,81	18,28	11,22

⁽¹⁾ Tratamentos: SA(padrão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

⁽²⁾ 1-kestose, ⁽³⁾ nistose, ⁽⁴⁾ 1^F β-frutofuranosil nistose.

O elevado teor de FOS e inulina nos produtos pode conferir aos sorvetes diversos efeitos benéficos à saúde, podendo sugerir alegação de funcionalidade. De acordo com a ANVISA (2008) um alimento tem alegação de funcionalidade quando ele é capaz de fornecer no mínimo 3 g de FOS por 100g do produto pronto para consumo. Nesse sentido, a ingestão de 98,13; 86,19 e 52,91g/dia dos sorvetes SA, SB e SC é suficiente para fornecer a quantidade recomendada de FOS.

Esses valores se encontram muito próximos da recomendação da ingestão diária descrita por alguns autores (MANNING; GIBSON, 2004; PAULY-SILVEIRA et al., 2010). Vale ressaltar que ainda não há consenso de trabalhos feitos com humanos quanto à quantidade mínima de frutanos necessárias para a promoção dos efeitos prebióticos (PAULY-SILVEIRA et al., 2010).

O método HPLC tem sido a técnica mais popularmente utilizada para análises de inulina e oligofrutanos. Tanto as fases polares quanto a coluna de HPLC à base de resina são comumente utilizadas com detector de índice de refração para separação de FOS de diferentes GP (VASCONCELOS et al., 2010).

Neste estudo, a análise foi realizada pela cromatografia de troca iônica de alta performance (HPAEC-PAD) (MANERA et al., 2010) e de acordo com as condições

experimentais em que foi realizada a análise, os FOS identificados e seus respectivos tempos de retenção estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Tempo de Retenção dos FOS, em minutos

Tratamento ⁽¹⁾	TR	FOS
SA	8,36	GF2
	10,64	GF3
	12,88	GF4
SB	8,53	GF2
	10,78	GF3
	13,00	GF4
SC	8,36	GF2
	10,64	GF3
	12,88	GF4

⁽¹⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

3.3 Características físicas do sorvete

3.3.1 Comportamento reológico

Os parâmetros reológicos, obtidos considerando o modelo da Lei da Potência estão demonstrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros reológicos dos sorvetes⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	Índice de Consistência $K(\text{Pas})$	Índice de comportamento de fluxo (n)
SA	$3,26 \pm 1,32^b$	$0,28 \pm 0,01^b$
SB	$0,55 \pm 2,44^a$	$0,44 \pm 0,01^a$
SC	$0,52 \pm 1,46^a$	$0,47 \pm 0,02^a$

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

⁽¹⁾ Média $\pm$ desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

O nível de substituição da gordura e sacarose por substitutos de gordura e açúcar não influenciou o índice de consistência ($P < 0,05$), uma vez que o maior valor foi obtido na formulação SA que não contém estes ingredientes. Entretanto, o alto teor de gordura nesta formulação a torna mais complexa do ponto de vista reológico. Esta medida, segundo Karaca

et al. (2009) e Pereira et al. (2011) é um parâmetro informativo sobre a viscosidade do produto, no qual os maiores valores de K reportam a amostra mais viscosa.

Pela Tabela 10, pode-se observar que os índices de comportamento de fluxo (n), para todos os tratamentos, foram menores que 1 (entre 0,29 e 0,48), indicando, comportamento pseudoplástico. Segundo Pereira et al. (2011), o comportamento reológico das misturas base de sorvete tem sido caracterizado como pseudoplástico. Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) verificaram as características reológicas de sorvetes com redução no teor de gordura que continham proteína isolada de soja e inulina na formulação e encontraram valores de índice de comportamento de fluxo variando de 0,18 a 0,74.

O índice de consistência (K) e o índice de comportamento de fluxo (n), de acordo com a Tabela 10, apresentaram variações opostas em relação ao nível de substituição do teor de gordura e açúcar. Com o aumento da gordura, observou-se um acréscimo no valor de K , enquanto que o valor de n reduziu. Segundo Lim et al. (2008) e Pereira et al. (2011), altos valores de K e baixos valores de n predizem um sorvete mais viscoso. Outro fato que contribui para que as formulações SB e SC sejam menos viscosas é a maior quantidade de prebiótico presente. Gel-Nagar (2002) explica que a inulina sendo uma substância altamente higroscópica pode ligar água e formar uma rede semelhante a um gel, melhorando as propriedades reológicas dos produtos.

Akalân, Karagözlü e Ünal (2008) mostraram em seus estudos que a utilização da gordura (entre 3 e 6%) presente nas formulações de sorvetes tendem aumentar a viscosidade dos mesmos. Já a inulina pode ser utilizada em formulações de sorvete sem contribuir para a viscosidade.

Na pesquisa de Villegas e Costell (2007) foi mostrado que a presença de 4 a 6% de inulina em leite integral e desnatado não apresentou diferença significativa na viscosidade quando comparada aos leites sem a presença de inulina.

3.3.2 Overrun

Os resultados da análise de *overrun*, expressos na Figura 16 revelam que todas as formulações apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$). Entretanto, a formulação SB foi a que obteve melhor resultado, pois apresentou a maior incorporação de ar dentre os sorvetes analisados. A porcentagem de incorporação de ar foi diminuindo conforme o aumento da adição de açúcar que juntamente com a presença de linhaça e mangaba aumentou a absorção de água diminuindo a água livre disponível para a ligação ar-água-gordura nos sorvetes. A

linhaça, que foi previamente reidratada em água liberou uma goma extremamente viscosa, e a mangaba, que possui elevado teor emulsificante, contribuíram para que a textura desta formulação ficasse comprometida e consequentemente obtivesse a menor incorporação de ar. Desta forma, o sorvete SA foi o que apresentou o *overrun* mais baixo por ser a formulação mais complexa do ponto de vista estrutural.

Em contrapartida, quando foram diminuídos os teores de açúcar e gordura (formulação SB e SC) obteve-se um aumento na incorporação de ar, melhorando desta forma o *overrun*. Um fato que justifica tal acontecimento é o aumento do prebiótico adicionado nas formulações com teor de açúcar e gordura reduzidos. Este ingrediente atua como substituto de gordura fornecendo corpo aos produtos light e melhora a viscosidade possibilitando uma maior incorporação de ar (AKALIN; ERIS, 2008; AKALÂN, KARAGÖZLÜ, ÜNAL, 2008). De acordo com Sofjan e Hartel (2004), o ar em sorvetes fornece uma textura mais suave e influencia as propriedades físicas de derretimento. Sendo assim, as formulações adicionadas de substituto de gordura e açúcar e prebióticos melhoraram significativamente ($p \leq 0,05$) o *overrun* dos sorvetes.

Figura 16 - *Overrun* (%) dos sorvetes⁽¹⁾

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

Akalân et al. (2008) estudaram o efeito da redução da gordura, adição de inulina e isolado proteico em sorvetes e verificaram que as formulações com inulina obtiveram melhores valores para *Overrun*.

Em estudo realizado por Akin et al. (2007) também foi verificado um aumento do *Overrun* de sorvetes quando suplementados com 2% inulina.

Aykan et al. (2008) utilizaram inulina e substituto de gordura para a fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura e verificaram seus efeitos sobre as características de textura dos produtos. Os sorvetes com substitutos de gordura apresentaram maior viscosidade que o controle, devido à capacidade dos carboidratos e proteínas se ligarem com a água.

Lim et al. (2008), encontraram resultados semelhantes ao pesquisar a capacidade de incorporação de ar em misturas base de sorvete com baixo teor de gordura. Foi observado um acréscimo no *overrun* com o tempo de batimento de 10 minutos. De acordo com Pereira et al. (2011), esses resultados reforçam o fato de que a incorporação de ar alcança um valor máximo e, após esse momento, tende a decrescer se o batimento ou ação de forças cisalhantes permanecerem.

3.4 Características microbiológicas do preparado em pó e sorvete

Conforme apresentado na Tabela 11, os resultados de coliformes totais e a 45°C, Salmonela e Estafilococos coagulase positiva encontrados para o preparado em pó e sorvete situam-se dentro dos limites propostos pela legislação brasileira vigente (BRASIL 2001). Tais resultados são satisfatórios, posto que atendem aos requisitos mínimos de qualidade para o consumo humano.

Tabela 11– Resultados da análise microbiológica dos preparados em pó e sorvetes

Microrganismo	Tratamentos ⁽¹⁾					
	P1	P2	P3	SA	SB	SC
Coliformes Totais (NMP/g)	< 2	< 2	< 2	1,6x10 ³	1,6x10 ³	1,6x10 ³
Coliformes 45°C (NMP/g)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Salmonela	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Estafilococos coagulase + (UFC/g)	-	-	-	5,0x10 ²	5,0x10 ²	5,0x10 ²

⁽¹⁾Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

Desta forma, todas as amostras de preparado em pó (P1, P2 e P3) e sorvetes (SA, SB e SC) estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela ANVISA (BRASIL, 2001). Este órgão estabelece como tolerância de microrganismos para preparo de gelados comestíveis o valor máximo para contagem de coliformes a 45°C/g de 10NMP/g e ausência de 25 g de Salmonela. Em relação aos gelados comestíveis elaborados com leite, o valor máximo permitido de contagem de coliformes a 45°C/g é de 5,0x10 UFC/g, ausência de Salmonela em 25 g e contagem de estafilococos coagulase positiva de 5,0 x 10² UFC/g. Sabe-se que coliformes são bons indicadores das condições sanitárias dos alimentos, assim 100% das amostras examinadas estão em condições sanitárias satisfatórias e adequadas para análise sensorial.

A baixa contagem de microrganismos no preparado em pó demonstra que as técnicas de higienização, processamento e conservação foram adequadas. Em sorvetes, o processo de pasteurização permite reduzir a contagem total de microrganismos, sendo obrigatório no Brasil para todos os gelados comestíveis elaborados com leite e derivados lácteos (BRASIL, 1999).

Os sorvetes, em geral, são alimentos ideais para o crescimento microbiano em função de características como pH próximo a neutralidade (6,0 - 7,0), elevado valor nutritivo e longos períodos de armazenamento. Dados da ANVISA do ano de 2001 mostram que de 863 amostras de gelados comestíveis analisados no Brasil, cerca de 23% das amostras estavam em desacordo com os padrões microbiológicos da legislação vigente (MIKILITA; CÂNDIDO, 2004).

3.5 Características sensoriais dos sorvetes

3.5.1 Pré-teste sensorial

Os resultados da Pré Análise Sensorial, mostraram (Tabela 12) que o sorvete de Mangaba foi o que alcançou notas mais elevadas em relação aos atributos avaliados e dessa forma, escolheu-se essa fruta para acrescentar Sabor aos sorvetes em estudo.

Tabela 12 – Escala Sensorial de 0 a 5 pontos de sorvetes á base de frutos do cerrado⁽¹⁾

Sorvete	Sabor	Textura	Aparência	Cor	Aroma	Intenção de Compra
Mangaba	4,09 ^a	4,03 ^a	4,25 ^a	3,99 ^a	3,65 ^a	4,09 ^a
Curriola	3,75 ^{a,b}	3,90 ^a	4,04 ^{a,b,c}	3,92 ^a	3,17 ^b	3,45 ^b
Araticum	3,30 ^{b,c}	4,51 ^a	3,75 ^c	3,85 ^a	3,28 ^{a,b}	3,01 ^b
Pequi	2,70 ^d	3,80 ^a	4,11 ^{a,b}	4,05 ^a	3,30 ^{a,b}	2,50 ^c

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

Para o atributo Sabor, os sorvetes de mangaba apresentaram as maiores médias referentes ao alto teor de sólidos solúveis, responsáveis pelo Sabor doce encontrado. Dados que apresentam elevada aceitabilidade também foram encontrados por Fassio et al, (2009) ao estudarem a aceitabilidade de picolé de Mangaba.

A intenção de compra está intimamente relacionada à aceitabilidade no parâmetro Sabor, uma vez que o consumidor dá preferência de compra ao produto que apresenta um Sabor mais agradável (SABATINI et al., 2011). Sendo assim, o sorvete de mangaba recebeu média exatamente igual nos parâmetros Sabor e intenção de compra, o que comprova a relação descrita. Além disso, este Sabor diferiu significativamente dos demais, apresentando a maior média de intenção de compra, evidenciando assim, a maior preferência por este sorvete.

3.5.2 Teste de aceitação e intenção de compra

Sob os quatro atributos avaliados (sabor, textura, aparência e aspecto global) (Tabela 13), o único atributo que apresentou diferença significativa ($p>0,05$) foi Sabor, na qual amostra SB diferiu das amostras SA e SC, apresentando nota inferior. O ligeiro Sabor de noz naturalmente produzido pela linhaça pode ter mascarado a percepção doce na avaliação sensorial (LIM et al., 2010). Os provadores não relataram na ficha de avaliação nenhuma observação quanto às características sensoriais das formulações e a percepção da presença de edulcorante.

Tabela 13 – Escala Sensorial de 0 a 9 pontos dos Atributos sensoriais dos sorvetes ⁽¹⁾

TRATAMENTOS ⁽²⁾	Sabor	Textura	Aparência	Aspecto Global
SA	6,64±1,68 ^a	6,93±1,76 ^a	7,19±1,41 ^a	6,75±1,46 ^a
SB	6,12±1,80 ^b	6,82±1,58 ^a	7,08±1,52 ^a	6,57±1,52 ^a
SC	6,72±1,63 ^a	6,96±1,68 ^a	7,31±1,33 ^a	6,9±1,41 ^a

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

⁽¹⁾ Média±desvio padrão.

⁽²⁾ Tratamentos: SA(padão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

A redução do teor de açúcar e gordura e consequente adição de substituto de açúcar e substituto de gordura não promoveram redução na aceitação do produto em relação ao atributo Textura. O fato do substituto de gordura apresentar-se com uma Textura levemente arenosa não interferiu nas formulações que continham maior concentração deste ingrediente, no qual as médias dos três tratamentos apresentaram valores dentro do intervalo de 6 (gostei ligeiramente). Além disso, o tratamento SC apresentou média de 6,96, valor superior ao verificado no tratamento SA – (denominado padrão). Dessa forma, a redução de gordura e açúcar não causou danos sensoriais aos sorvetes e este fato pode ser explicado devido a maior adição de prebióticos nesta formulação que atuou fornecendo “corpo” ao sorvete (BORNET et al., 2002; CANDELA et al., 2010). Os resultados apresentaram-se satisfatórios, pois a textura de nenhum dos sorvetes foi afetada quando comparada com a formulação SA denominada padrão.

A primeira impressão que se tem de um alimento é geralmente visual, sendo que, a Aparência é um dos aspectos considerados fundamentais na qualidade e aceitação do produto. No que diz respeito ao quesito Aparência, novamente os provadores não verificaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos SA, SB e SC. Dentre as amostras, a formulação SC apresentou a maior média (7,31) provavelmente pela maior adição de prebiótico e outro fato que

pode ter contribuído é que a substituição de açúcar pode ter proporcionado um aspecto “*soft*” ao produto contribuindo para melhor Aparência.

Finalmente, para o atributo Aspecto global, que acaba por refletir a somatória dos demais atributos, nota-se o mesmo comportamento para as formulações SA, SB e SC que não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$), embora a formulação SC tenha se revelado superior em termos de valores absolutos, ficando desta forma demonstrada a superioridade desta formulação.

Para que um produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha Índice de Aceitabilidade elevado (MONTEIRO et al., 2005; SABATINI et al., 2011). Especificamente, em relação às formulações desenvolvidas, é importante destacar que as médias obtidas se situaram na faixa do conceito “gostei” (acima de 5,0) para todos os atributos avaliados, o que confere a estes produtos um bom potencial de aceitação. Como podem ser observados nos histogramas (Figura 17), os atributos de cada formulação foram comparados entre si com o intuito de visualizar a preferência do provador e mostrar as percentagens de respostas do teste escala hedônica.

Observando o histograma dos resultados da análise sensorial dos sorvetes, em relação à frequência dos valores hedônicos atribuídos a Aparência, pode-se verificar que a maior aceitação foi da amostra SC predominando o atributo gostei extremamente (nota 9) e gostei muito (nota 8). As amostras SA e SC para textura obtiveram maior índice de aceitabilidade recebendo notas 9 (Gostei extremamente) e 8 (gostei muito). No entanto, a amostra SB apresentou índice de notas 7 (Gostei moderadamente). Em relação ao sabor, verifica-se que a amostra SC obteve maior índice de aceitabilidade recebendo notas 9 (gostei extremamente) e 8 (gostei muito). Já a amostra SA apresentou maior índice de notas 7 (Gostei moderadamente). Para aspecto global, a amostra SA obteve maior índice de aceitabilidade nas notas 9 (Gostei extremamente) e 8 (Gostei muito) e amostra SB recebeu nota 7 (Gostei moderadamente). Desta forma, fazendo uma somatória das percentagens das maiores notas (9, 8 e 7) para os atributos Aparência, textura, Sabor e aspecto global, percebe-se que a amostra SC foi a que apresentou maior índice de aceitabilidade indo de encontro aos valores propostos na Tabela 13.

Figura 17 – Frequência de notas obtidas na avaliação dos atributos Aparência, textura, Sabor e aspecto global das formulações de sorvete: SA(padrão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico;

Quando questionados sobre a intenção de compra do produto (Figura 18), observa-se que apesar das formulações não terem apresentado diferença significativa ($p>0,05$) para intenção de compra, as médias ficaram entre 5,92; 6,21; 6,46 para SA, SB e SC respectivamente na qual a formulação SB foi a melhor aceita. As notas obtidas para intenção de compra pode ser justificada pela presença de ingredientes utilizados na fabricação dos sorvetes que muitas vezes são desconhecidos pela população, o que faz com que certas pessoas deem preferência para produtos tradicionais. Um exemplo é o uso de frutas típicas do cerrado, que ainda são desconhecidas por grande parcela da população e este é um dos desafios da comunidade científica, conseguir inserir no mercado alimentos ricos do ponto de vista nutricional mais que não são ainda conhecidos. Desta forma, a intenção de compra de um determinado produto pode ser diretamente influenciada pela região no qual é oferecido.

Figura 18 – Notas obtidas na avaliação da Intenção de Compra. SA(padrão) – 5% gordura, 12% açúcar, 0% prebiótico; SB(baixo teor) – 2,5% gordura, 5% açúcar, 2,5% prebiótico; SC(light) – 0% gordura, 0% açúcar, 5% prebiótico.

Desta forma, mesmo não havendo diferença significativa ($p>0,05$) para aceitabilidade (exceto para o atributo Sabor) e intenção de compra, a formulação SC foi a que obteve notas mais elevadas para a maioria dos atributos avaliados. Outro fato observado, é que as amostras com redução de gordura e açúcar não diferiram das amostras que continham o teor total desses ingredientes. Este fato contribui para elaboração de produtos saudáveis e com diminuição de energias, pois o uso de substitutos de gordura e açúcar não afeta as características sensoriais de sorvetes.

Pode ser sugerido então, que os sorvetes formulados no presente trabalho, oferecem boas perspectivas de consumo e, portanto, apresentam potencial para serem produzidos em escala comercial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Akin (2005), que relatou em sua pesquisa que a adição de inulina melhorou a viscosidade de sorvete funcional sem comprometer as propriedades sensoriais.

Aykan et al. (2008) também tiveram resultados semelhantes ao utilizaram inulina e substituto de gordura para a fabricação de sorvetes de baunilha com diferentes teores de gordura e verificaram seus efeitos sobre as características sensoriais. A avaliação sensorial mostrou que o sorvete com zero de gordura apresentou Sabor mais agradável que os demais.

Isik et al. (2011) fabricaram sorvete com inulina, isomalte e reduziram o teor de gordura e açúcar. A análise sensorial mostrou que as amostras contendo 6,5% de inulina e isomalte foram semelhantes à amostra controle. Os resultados globais mostraram que é possível produzir sorvete com a incorporação de ingredientes funcionais sem alterar as características do produto.

Em outro estudo, foram incorporados ao sorvete 3% de inulina além de reduzidos os teores de gordura. Os resultados mostraram que as propriedades sensoriais foram melhoradas com a diminuição da gordura e uso de inulina (KAUR et al., 2007).

Já em pesquisa realizada por Akin et al. (2007) foram comparadas amostras de sorvete probiótico com diferentes concentrações de sacarose (15, 18 e 21%) e adicionados de 1 e 2% de inulina em sorvetes não suplementados com inulina. Foi evidenciado que sorvetes com maiores concentrações de açúcar apresentaram melhores propriedades físicas e sensoriais e com relação à adição da inulina, embora tenha sido constatada melhora na viscosidade, não foi verificado efeito nas características sensoriais dos sorvetes.

A aceitabilidade do consumidor de vários alimentos com baixo teor de gordura que contêm inulina em sua formulação, como sorvete, biscoitos, muffins, bolos e salsichas de carne bovina foi investigado por Devereux et al. (2003). Os resultados mostraram que estes alimentos com baixo teor de gordura foram classificados, por um painel de provadores, como aceitável, entretanto, quando se comparado ao controle, estes produtos tiveram notas mais baixas. A análise de regressão do estudo mostrou que a textura é mais importante do que o Sabor na determinação da aceitabilidade global dos alimentos com baixo teor de gordura.

4 CONCLUSÕES

Do presente trabalho ficam registradas as seguintes conclusões:

❖ Preparados em pó:

- Apresentam estabilidade microbiológica em relação à atividade de água;
- Partículas esféricas de diâmetro variado;
- Produto com teores de açúcar e gordura reduzidos apresenta melhor solubilidade e higroscopicidade.

❖ Sorvetes:

- Fontes significativas de vitamina C;
- Alto teor de fibra alimentar;
- Redução de 31 a 45% de gordura;
- Valor energético reduzido;
- Alto teor de cálcio e reduzido teor de sódio;
- Alegação de funcional para prebiótico;
- Características reológicas desejáveis e melhor incorporação de ar (*overrun*) nas formulações com os mais baixos teores de açúcar e gordura.
- Aceitação satisfatória para os atributos Aparência, Cor, Odor, Sabor, Textura e Intenção de Compra.

❖ Preparados em pó e sorvetes estão de acordo com os padrões microbiológicos da legislação vigente.

5 CONSIDERAÇÃO FINAL

A elaboração dos preparados em pó e dos sorvetes se constitui como forte potencial à comercialização, já que são ricos do ponto de vista nutricional e contemplam a demanda de todos os grupos biológicos desde crianças até idosos por serem atrativos e saudáveis. Além do mais, com todas essas características e sendo possível apresentarem uma alegação horizontal de saúde, esse sorvete pode se tornar uma opção saudável de alimento, principalmente para as pessoas que, por falta de hábito, gosto ou intolerância à lactose, têm a ingestão de laticínios sempre aquém das quantidades recomendadas. Desta forma, o valor nutricional e as características de alta digestibilidade, fazem deste produto um alimento ideal para todas as idades, associando nutrição e prazer.

REFERÊNCIAS

- ABLETT, S.; CLARKE, C.J.; IZZARD, M.J.; MARTIN, D.R. Relationship between ice recrystallization rates and the glass transition in frozen sugar solutions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 82, n. 15, p. 1855-1859, 2002.
- AIDA, F.M.N.A.; SHUHAIMI, M.; YAZID, M.; MAARUF, A.G. Mushroom as a potential source of prebiotics: a review. **Trends in Food Science & Technology**, Maryland Heights, v. 20, p. 567-575, 2009.
- AKALÂN, A.S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **Journal European Food Research and Technology**, New York, v. 227, p. 889–895, 2008.
- AKALIN, A.S.; ERISIR, D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. **JFSM: Food Microbiology and Safety**, Menlo Park, v. 73, n. 4, p. 184-188, 2008.
- AKIN, M.B. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemistry**, Barking, v. 10, p. 493–499, 2007.
- ALISSA, E.M.; FERNS, G.A. Functional foods and nutraceuticals in the primary prevention of cardiovascular diseases. **Journal of Nutrition and Metabolism**, New York, 2012.
- ALMEIDA, M.M.B.; SOUSA, P.H.M.; ARRIAGA, A.M.C.; PRADO, G.M.; MAGALHÃES, C.E.C.; MAIA, G.A.; LEMOS, T.L.G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Darking, v. 44, n. 7, p. 2155-2149, 2011.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - **Adopts oat bran definition - 2010**. Disponível em: <<http://www.aaccnet.org/news/pdfs/OatBran.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2012.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of medical care in diabetes 2009. **Diabetes Care**, Alexandria, v. 32, suppl. 1, p. 13-61, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DIETÉTICOS E PARA FINS ESPECIAIS E CONGÊNERES. 2008. Disponível em: <<http://www.abiad.org.br/artigos.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE SORVETE. Disponível em: <http://www.abis.com.br/noticias_2010_3.html>. Acesso: 12 jun. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14141**: escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998. 3 p.

ASSOCIATION: FAT REPLACERS. Position of the American Dietetic Association: fat replacers. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 105, n. 2, p. 266-275, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 16th ed. Gaithersburg, 1997.

_____. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, 2005. 1141 p.

AYKAN, V.; SEZGIN, E.; GUZEL-SEYDIM, Z.B. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 110, p. 516–520, 2008.

BAYARRI, S. CHULIÁ, I.; COSTELL, E. Comparing λ -carrageenan and an inulinblend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. **Food Hydrocol**, Wrexham, v. 24, n. 6/7, p. 578-587, 2010.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J.A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archive of Biological and Tecnology**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BENGMARK, S.; URBINA, J.J.O. Simbióticos: una nueva estrategia en el tratamiento de pacientes críticos. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v. 20, n. 2, p. 147-156, 2005

BLEIEL, J. Functional foods from the perspective of the consumer: how to make it a success? **International Dairy Journal**, Barking, v.20, p.303–306, 2010.

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

BORNET, F.R.; BROUNSL, J. F.; TASHIRO, Y.; DUVILLIER, V. Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and healthimplications. **Digestive and Liver Disease**, Norfolk, v. 1, n. 21, p. 111-120, 2002.

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.

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

BOUHNIK, Y.; RASKINE, L.; CHAMPION, K; ANDRIEUX, C; PENVEN, S.; JACOBS, H.; SIMONEAU, G. Prolonged administration of low-dose inulin stimulates the growth of bifidobacteria in humans. **Nutrition Research**, New York, v. 27, p. 187–193, 2007.

BOUTRON-RUAULT, M.C.; MARTEAU, P.; LAVERGNE-SLOVE, A.; MYARA, A.; GERHARDT, M.F.; FRANCHISSEUR, C.; BORNET, F.; ERIPOLYP, S.G. Effects of a 3-mo consumption of short-chain fructo-oligosaccharides on parameters of colorectal carcinogenesis in patients with or without small or large colorectal adenomas. **Nutr Cancer**, Philadelphia, v. 53, n. 2, p. 160-168, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Oficializar os “Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados”. Resolução nº 5, de 13 de Novembro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 nov. 2000. Seção 1, p. 9.

_____. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 de janeiro de 2001, Seção 1, p. 45-53.

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

_____. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos**. Brasília, 2008. Disponível: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm>. Acesso em: 24 mar. 2012.

_____. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998a. Alimentos para fins especiais. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 15 de jan. 1998.

_____. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998b. Aprova o Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta portaria. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, 16 de jan. 1998.

_____. Portaria nº 379, de 26 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico referente a gelados comestíveis preparados, pós para preparo e bases para gelados comestíveis, constante do anexo desta portaria. **Diário Oficial do Município**. Poder Executivo, Brasília, 29 de abr. 1999.

BUDIÑO, F.E.L. **Probióticos e prebióticos na alimentação de leitões**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/suinos/index.htm>. Acesso em: 21/5/2012.

BÚRIGO, T.; FAGUNDES, R.; TRINDADE, E.; VASCONCELOS, H. Efeito bifidogênico do frutooligossacarídeo na microbiota intestinal de pacientes com neoplasia hematológica. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 20, p. 491-497, 2007.

CANDELA, M.; MACCAFERRI, S.; TURRONI, S.; CARNEVALI, P.; BRIGIDI, P. Functional intestinal microbiome, new frontiers in prebiotic design. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 140, n. 2/3, p. 93-101, 2010.

CANO-CHAUCA, M. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Berlin, v. 6, p. 420–428, 2005.

CARLOS, L.A.; RESENDE, J.V.; CAL-VIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 163-173, 2005.

CASAROTTI, S.N.; JORGE, N. Technological aspects of fat substitutes and their applications in dairy products. **Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 163-181, dez. 2010.

CASHMAN, K.D. Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. **British Journal of Nutrition**, London, v. 87, n. 2, p. 169–177, 2002.

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

COHEN, K.O.; SANO, S.N. **Parâmetros físico-químicos dos frutos de mangabeira**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 11 p.

CORREIA, R.T.P.; PETRINE, M.R.S.; MAGALHÃES, M.M.A. Sorvete: aspectos tecnológicos e estruturais. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21, n. 148, p. 19-23, 2007.

COSTA, F.F.; RESENDE, J.V.; ABREU, L.R.; GOFF, H.D. Effect of calcium chloride addition on ice cream structure and quality. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 6, p. 2165-2174, 2008.

CRISCIO, D.T.; FRATIANNI, R.A.; MIGNOGNA, L.; CINQUANTA, R.; COPPOLA, E.; SORRENTINO, G. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, p. 4555–4564, 2010.

CRUZ, A.G.; ANTUNES, A.E.C.; ARAMI, J.B.; SOUSA, A.L.O.P.; FARIA, J.A.F.; SAAD, S.M.I. 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.

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

DE ANGELIS, R.C. Alimentos de origem vegetal são saudáveis: verdades e alguns questionamentos. **Nutrição em Pauta**, Campo Belo, n. 57, p. 30-34, 2002.

DEVEREUX, H.M.; JONES, G.P.; MCCORMACK, L.; HUNTER, W.C. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 68, p. 1850–1854, 2003.

DIKEMAN, C.L.; MURPHY, M.R.; FAHEY, G.C. Dietary fibers affect viscosity of solutions and simulated human gastric and small intestinal digesta. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 136, p. 913-919, 2006.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

EMPRAPIA. **Sistema de produção da mangaba para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mangaba/SistemaProducaoMangabaTabuleirosCosteiros/Introducao.html>>. Acesso em: 01 maio 2012.

ERKAYA, T.; DAĞDEMİR, E.; ŞENGÜL, M. Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. **Food Research International**, Darking, v. 45, p. 331–335, 2012.

ERTEKIN, B.; GUZEL-SEYDIM, Z.B. Effect of fat replacers on kefir quality. **Journal of the Science Food and Agriculture**, Essex, v. 90, n. 4, p. 543-548, 2010.

FASSIO, L.O.; TÉRAN-ORTIZ, G.P.; ARAÚJO, R.A.B.M.; MENDONÇA, A.M.B. Caracterização sensorial e físico-química de gelados comestíveis a base de soro de leite adicionado de polpas de frutos do Cerrado. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG, 2., 2009, Bambuí Bambuí. **Anais...** Bambuí: IFMG, 2009.

FERRAR, L.; VAN DER HEE, R. M.; BERRY, M.; WATSON, C.; MIRET, S.; WILKINSON, J.; BRADBURN, M.; EASTELL, R. Effects of calcium-fortified ice cream on markers of bone health. **Osteoporosis International**, London, v. 22, p. 2721–2731, 2011.

FERRARI, C.C.; RIBEIRO, C.P.; AGUIRRE, J.M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012.

FERRAZ, J.L.; CRUZ, A.G.; CADENA, R.S.; FREITAS, M.Q.; PINTO, U.M.; CARVALHO, C.C.; FARIA, J.A.; BOLINI, H.M. Sensory acceptance and survival of probiotic bacteria in ice cream produced with different overrun levels. **Journal Food Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 24-28, 2012.

FERREIRA, E.G.; MARINHO, S.J.O. Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 9-14, 2007.

FORTES, R.C. Alimentos prebióticos: efeitos bifidogênicos dos frutooligosacarídeos e da inulina no organismo humano. **Revista da Sociedade Brasileira de Farmácia**, São Paulo, v. 2, n. 9, p. 16-23, 2006.

FRIC, P. Probiotics and prebiotics: renaissance of a therapeutic principle. **Central European Journal of Medicine**, Belgrade, v. 2, p. 237-270, 2007.

GAMBUŚ, H.; GAMBUŚ, F.; PASTUSZKA, D.; WRONA, P.; ZIOBRO, R.; SABAT, R.; MICKOWSKA, B.; NOWOTNA, A.; SIKORA, M. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 60, p. 31–50, 2009.

GEL-NAGAR, G.G.; CLOWES, C.M.; TUDORICA, V.; BRENNAN, C.S. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 55, n. 2, p. 89-93, 2002.

GIBSON, P.R.; NEWNHAM, E.; BARRETT, J.S.; SHEPHERD, S.J.; MUIR, J.G. Review article: fructose malabsorption and the bigger picture. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, Oxford, v. 25, p. 349–363, 2007.

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

_____. 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.

_____. 65 years of ice cream Science. **International Dairy Journal**, Barking, v. 18, p. 754-758, 2008.

GOH, K.K.T.; AIQIAN, Y.; DALE, N. Characterisation of ice cream containing flaxseed oil. **International Journal of Food Science and Technology**, Palmerston North, v. 41, p. 946–953, 2006.

GOLDBERG, I. **Functional foods: designer foods, pharmafoods, nutraceuticals**. New York: Cahpman & Hall, 1994. 571 p.

GONÇALVES, M.M. **Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo quark Simbiótico**. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

HABIB, N.C.; HONORÉ, S.M.; GENTA, S.B.; SÁNCHEZ, S.S. Hypolipidemic effect of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots on diabetic rats: biochemical approach. **Chemico-Biological Interactions**, Amsterdam, v. 15, n. 194, p. 31-39, 2011.

HIDVÉGI, E.; ARATÓ, A.; CSERHÁTI, E.; HORVÁTH, C.; SZABÓ, A.; SZABÓ, A. Slight decrease in bone mineralization in cow milk-sensitive children. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, New York, v. 36, p. 44-49, 2003.

HIRUMA-LIMA, C.A.; MORAES, T.M.; RODRIGUES, C.M.; KUSHIMA, H.; BAUAB, T.M.; VILLEGAS, W.; PELLIZON, C.H.; BRITO, A.R.M.S. *Hancornia speciosa*: indications of gastroprotective, healing and anti-helicobacter pylori actions. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 120, p. 161-168, 2008.

INSTITUTO ADOLF LUTZ, **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. 78 p.

_____. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. 1020 p.

INTERNATIONAL DAIRY FOODS ASSOCIATION. **Ice cream labeling**. Disponível em: <<http://www.idfa.org/news--views/media-kits/ice-cream/ice-cream-labeling/>>. Acesso: 14 jun. 2012.

ISIK, U.; BOYACIOGLU, D.; CAPANOGLU, E.; NILUFER, D.E. Frozen yogurt with added inulin and isomalt. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, p. 1647–1656, 2011.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, London, v. 63, p. 125-134, 2004.

KAPIKI, A.; COSTALOS, C.; OIKONOMIDOU, C.; TRIANTAFYLLIDOU, A.; LOUKATOU, E.; PERTROHILOU, V. The effect of fructooligosaccharide supplemented formula on gut flora of preterm infants. **Early Human Development**, Amsterdam, v. 83, p. 335–339, 2007.

KARACA, O.B.; GÜVEN, M.; YASAR, K.; KAYA, S.; KAHYAOGU, T.T. The functional, rheological and sensory characteristics of ice cream with various flat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, Huntingdon, v. 62, n. 1, p. 93-99, 2009.

KAUME, L.; GILBERT, W.; GADANG, V.; DEVAREDDY, L. Dietary supplementation of fructooligosaccharides reduces hepatic steatosis associated with insulin resistance in obese zucker rats. **Functional Foods in Heals and Disease**, San Francisco, v. 5, p. 199-213, 2011.

KAUR, H.K.S.; BAJWA, U. Effect of fat replacers and fruit pulp on quality of frozen yoghurt. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 44, p. 500–504, 2007.

KONDEGOWDA, N.G.; MEANEY, M.P.; BAKER, C.; JU, Y.H. Effects of non-digestible carbohydrates on the growth of estrogen-dependent human breast cancer (MCF-7) tumors implanted in ovariectomized athymic mice. **Nutrition and Cancer**, Hillsdale, v. 63, n. 1, p. 55-64, 2011.

KRISTENSEN, M.; JENSEN, M.G.; AARESTRUP, J.; PETERSEN, K.E.; SØNDERGAARD, L.; MIKKELSEN, M.S.; ASTRUP, A. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depends on food type. **Nutr Metab**, London, v. 3, n. 9, p. 8, 2012.

KRUGER, M.C.; BOOTH, C.L.; COAD, J.; SCHOLLUM, L.M.; KUHN-SHERLOCK, B.; SHEARER, M.J. Effect of calcium fortified milk supplementation with or without vitamin K on biochemical markers of bone turnover in premenopausal women. **Nutrients**, London, v. 22, n. 11/12, p. 1120–1128, 2006.

LATTIMER, J.M.; HAUB, M.D. effects of dietary fiber and its components on metabolic health. **Nutrients**, Basel, v. 2, p. 1266-1289, 2010.

LEDERMAN, I.E.; SILVA JÚNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; ESPÍNDOLA, A.C.M. **Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 53 p.

LEMOS, A.C.C. **Efeito da suplementação de frutooligosacarídeos (FOS) sobre o sistema Imunológico: estudo em ratos.** 2008. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

LIM, C.W.; NORZIAH, M.H.; LU, H.F.S. Effect of flaxseed oil towards physicochemical and sensory characteristic of reduced fat ice creams and its stability in ice creams upon storage. **International Food Research Journal**, Penang, v. 17, p. 393-403, 2010.

LIONG, M.T. Probiotics: a critical review of their potential role as antihypertensives, immune modulators, hypocholesterolemics, and perimenopausal treatments. **Nutrition Reviews**, New York, v. 65, p. 316-328, 2007.

LIONG, M.T.; SHAH, N.P. Optimization of cholesterol removal, growth and fermentation patterns of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4962 in the presence of mannitol, fructooligosaccharides and inulin: a response surface methodology approach. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 98, p. 1115-1125, 2004.

LIOU, B.K.; GRUN, I.U. Effect of fat level on the perception of five flavor chemicals in ice cream with or without fat mimetics by using a descriptive test. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 8, n. 72, p. 595-604, 2007.

LIPILINA, E.; GANJI, V. Incorporation of ground flaxseed into bakery products and its effect on sensory and nutritional characteristics – a pilot study. **Journal of Foodservice**, Atlanta, v. 20, p. 52-59, 2009.

LOBO, A.R.; COLLI, C.; FILISETTI, T.M.C.C. Fructooligosaccharides improve bone mass and biomechanical properties in rats. **Nutrition Research**, New York, v. 26, p. 413-420, 2006.

LUTEN, J.; CREWS, H.; FLYNN, A.; VAN DAEL, P.; KASTENMAYER, P.; HURRELL, R.; DEELSTRA, H.; SHEN, L.; FAINVEATHER-TAIT, S.; HICKSON, K.; FARRÉ, R.; SCHLEMMER, U.; FRARHLICH, W. Interlaboratory trial on the determination of the *in vitro* iron dialysability from food. **Journal of Science of Food and Agriculture**, Amsterdam, v. 72, p. 415-424, 1996.

MACFARLANE, S.; MACFARLANE, G.T.; CUMMINGS, J.H. Review article: prebiotics in the gastrointestinal tract aliment. **Pharmacology & Therapeutics**, Oxford, v. 24, p. 701-714, 2006.

MADSEN, C.S.; JANOVITZ, E.; ZHANG, R.; NGUYEN-TRAN, V.; RYAN, C.S.; YIN, H.; MONSHIZADEGAN, H.; CHANG, M.; D'ARIENZO, C.; SCHEER, S.; SETTERS, R.; SEARCH, D.; CHEN, X.; ZHUANG, S.B.; KUNSELMAN, L.; PETERS, A.; HARRITY, T.; APEDO, A.; HUANG, C.; CUFF, C.A.; KOWALA, M.C.; BLANAR, M.A.; SUN, C.Q.; ROBL, J.A.; STEIN, P.D. The guinea pig as a preclinical model for demonstrating the efficacy and safety of statins. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, Baltimore, v. 324, p. 576-586, 2007.

MANERA, A. P.; COSTA, F. A. A.; RODRIGUES, M. I.; KALIL, S. J.; FILHO, F. M. Galacto-oligosaccharides Production Using Permeabilized Cells of *Kluyveromyces marxianus*. **International Journal of Food Engineering**, New York, v. 6, n.6, p. 1- 13, 2010.

MANNING, T.S.; GIBSON, G.R. Prebiotics. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, London, v. 18, p. 287-298, 2004.

MARIN, A.M.F.; SIQUEIRA, E.M.A.; ARRUDA, S.F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Abingdon, v. 60, n. 7, p. 180-190, 2009.

MARTINS, A.R.; BURKERT, C.A.V. Revisão: galacto-oligossacarídeos (GOS) e seus efeitos prebióticos e bifidogênicos. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 230-240, 2009.

MENEZES, C. C. Caracterização física e físico-química de diferentes formulações de doce de goiaba (*Psidium guajava* L.) da cultivar Pedro Sato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 618-625, 2009.

MIGUEL, D.P.; BORSATO, D.; ROSSI, E.A. Optimization of a symbiotic formulation of soy yoghurt containing yacon extract by response surface methodology. **International Journal of Probiotics and Prebiotics**, Coppel, v. 5, n. 3, 2010.

MIKILITA, I.S.; CÂNDIDO, L.M. Fabricação de sorvete: perigos significativos e pontos críticos de controle. **Brasil Alimentos**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 34-37, 2004.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeding to instrumentation. Tokyo, 1997. 49 p.

MONTEIRO, C.S.; CARPES, S.T.; KALLUF, V.H.; DYMINSKI, D.S.; CÂNDIDO, L.M.B. Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 347-362, 2006.

MONTEIRO, R.A.; COUTINHO, J.G.; RECINE, E. Consulta aos rótulos de alimentos e bebidas por frequentadores de supermercados em Brasília. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v. 18, n. 3, p. 172-177, 2005.

MORAES, F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MOROTI, C; MAGRI, L.F.S.; COSTA, M.D.; CAVALLINI, D.C.U.; SIVIERI, K. Effect of the consumption of a new symbiotic shake on glycemia and cholesterol levels in elderly people with type 2 diabetes mellitus. **Lipids in Health and Disease**, London, v. 11, n. 29, 2012.

MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ARAÚJO, N.C.C.; ALMEIDA, A.S. Quality of fruits native to latin america for processing: mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 2, n. 575, p. 549-554, 2002.

NAIR, K.K.; KHARB, S.; THOMPSON, D.K. Inulin dietary fiber with functional and health attributes—a review inulin dietary fiber with functional and health attributes. **Food Reviews International**, London, v. 26, n. 2, p. 189–203, 2010.

NAKAMURA, Y.; NATSUME, M.; YASUDA, A.; ISHIZAKA, M.; KAWAHATA, K.; KOGA, J. Fructooligosaccharides suppress high-fat diet-induced fat accumulation in C57BL/6J mice. **Biofactors**, Malden, 2011.

NOMURA, A.M.; HANKIN, J.H.; HENDERSON, B.E.; WILKENS, L.R.; MURPHY, S.P.; PIKE, M.C.; MARCHAND, L.; STRAM, D.O.; MONROE, K.R.; KOLONEL, L.N. Dietary fiber and colorectal cancer risk: the multiethnic cohort study. **Cancer Causes Control**, Oxford, v. 18, p. 753–764, 2007.

NZEUSSEU, A.; DIENST, D.; HAUFROID, V.; DPRESSEUX, G.; DEVOGER, J.P.; MANICOURT, D.H. Inulin and fructo-oligosaccharides differ in their ability to enhance the density of cancellous and cortical bone in the axial and peripheral skeleton of growing rats. **Bone**, New York, v. 38, p. 394–399, 2006.

OOI, L.; LIONG, M. Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: a review of *in vivo* and *in vitro* findings. **International Journal of Molecular Sciences**, Beijing, v. 11, n. 6, p. 2499–2522, 2010.

ORDÓÑEZ, J.A. Carboidratos. In: _____. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 1, cap. 5, p. 63–80.

PARK, Y.; BRINTON, L. A.; SUBAR, A. F.; HOLLENBECK, A.; SCHATZKIN, A. Dietary fiber intake and risk of breast cancer in postmenopausal women: The National Institutes of Health-AARP Diet and Health Study. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 90, p. 664–671, 2009.

PASSOS, L.M.L.; PARK, Y.K. Fructooligosaccharídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 33, n. 2, p. 385–390, 2003

PATTERSON, J.K.; LEI, X.G.; MILLER, D.D. The pig as an experimental model for elucidating the mechanisms governing dietary influence on mineral absorption. **Experimental Biology and Medicine**, Maywood, v. 233, p. 651–664, 2008.

PAULY-SILVEIRA, N.D.; BEDANI, R.; CAVALLINI, D.C.U.; MANZONI, M.S.J.; MIGUEL, D.P.; BORSATO, D.; ROSSI, E.A. Optimization of a symbiotic formulation of soy yoghurt containing yacon extract by response surface methodology. **International Journal of Probiotics and Prebiotics**, Milano, v. 5, n 3, 2010.

PEREIRA, G.G.; RESENDE, J.V.; ABREU, L.R.; GIAROLA, T.M.O.; PERRONE, I.T. 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.

PINHEIRO, M.M.; SCHUCH, N.J.; GENARO, P.S.; CICONELLI, R.M.; FERRAZ, M.B.; MARTINI, L.A. Nutrient intakes related to osteoporotic fractures in men and women - The Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). **Nutrition Journal**, London, v. 8, p. 6, 2009.

PINHEIRO, M.V.S.; OLIVEIRA, M.N.; PENNA, A.L.B.; TAMIME, A.Y. The effect of different sweeteners in low-calorie yogurts. **International Journal of Dairy Technology**, Oxford, v. 58, n. 4, p. 193-199, 2005.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

RENHE, I.R.T.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; STRINGHETA, P.C. Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 119-126, 2008.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de; RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 151-212.

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

ROBERFROID, M.B. Prebiotics: the concept revisited. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 137, n. 3, p. 830, 2007.

ROBERFROID, M.R. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. **Brazilian Journal of Nutrition**, London, v. 87, n. 2, p. 139-143, 2002.

ROCHA, J.R.; CATANA, R.; FERREIRA, B.S.; CABRAL, J.M.S.; FERNANDES, P. Design and characterisation of an enzyme system for inulin hydrolysis. **Food Chemistry**, Barking, v. 95, p. 77-82, 2006.

ROESLER, R.; MALTA, R.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

RUDE, R.K.; GRUBER, H.E. Magnesium deficiency and osteoporosis: animal and human observations. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 15, p. 710-716, 2004.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; SILVEIRA, M. R. S.; MOURA, C. F. H. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. **Fruits**, Paris, v. 64, p. 361-370, 2009.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006.

SABATER-MOLINA, M.; LARQUÉ, E.; TORRELLA, F.; ZAMORA, S. Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. **Journal of Physiology and Biochemistry**, New York, v. 65, n. 3, p. 315-328, 2009.

SABATINI, D.R.; SILVA, K.M.; PICININ, M.E.; DEL SANTO, V.R.; SOUZA, G.B.; PEREIRA, C.A.M. Composição centesimal e mineral da alfarroba em pó e sua utilização na elaboração e aceitabilidade em sorvete. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 129-136, 2011.

SANDBERG, A.S. Bioavailability of mineral in legumes. **British Journal of Nutrition**. Göteborg, v. 88, suppl. 3, p. S281-285, 2002.

SANGEETHA, P.T.; RAMESHA, M.N.; PRAPULLA, S.G. Recent trends in the microbial production, analysis and application of Fructooligosaccharides. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, p. 442–457, 2005.

SANTOS, G.G. **Características físicas, químicas e aceitabilidade de sorvete com mangaba e reduzido teor energético**. 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

_____. Sorvete: legislação, tecnologia e substitutos de sacarose. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 13, p. 95-109, 2010.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SAXELIN, M.; KORPELA, R.; MÄYRÄ-MÄKINEN, A. Introduction: classifying functional dairy products. In: MATTILA-SANDHOLM, T.; SAARELA, M. (Ed.). **Functional dairy products**. Cambridge: United Kingdom - Woodhead, 2003. p. 1–16.

SCHATZKIN, A.; PARK, Y.; LEITZMANN, M.F.; HOLLENBECK, A.R.; CROSS, A.J. Prospective study of dietary fiber, whole grain foods, and small intestinal cancer. **Gastroenterology**, Baltimore, v. 135, p. 1163–1167, 2008.

SHAHIDI, F. Nutraceuticals and functional foods: whole *versus* processed foods. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 20, p. 376–387, 2009.

SILVA, A.S.S.; HASS, P.; SARTORI, N.T.; ANTON, A.A.; FRANCISCO, A. Frutooligosacarídeos: fibras alimentares ativas. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 295-304, 2007.

SILVA, M.R.; LACERDA, D.B.L.; SANTOS, G.G.; MARTINS, D.M.O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, 2008.

SILVA, S.V. da. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2007.

SILVA JUNIOR, J.F. A cultura da mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 1-192, 2007.

SILVEIRA, H.G.; QUEIROZ, N.A.S.; NETA, R.S.P.; RODRIGUES, M.C.P.; COSTA, J.M.C. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de sorvetes do tipo tapioca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 60-65, 2009.

SINGH, K.K.; MRIDULA, A.D.; JAGBIR, A.; REAL, A.; BARNWAL, P. Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 51, p. 210–222, 2011.

SOFJAN, R.P.; HARTEL, R.W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, Barking, v. 14, n. 3, p. 255-262, 2004.
SOLER, M. P.; VEIGA, P.G. **Sorvetes**. Campinas: ITAL; CIAL, 2001. 68 p. (Especial, 1).

SOUZA, E.R.B.; NAVES, R.V.; CARNEIRO, I.F.; LEANDRO, W.M.; BORGES, J.D. Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* D.C.) nas condições do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 24, n. 2, p. 491-495, 2002.

SOUZA, J.C.B.; COSTA, M.R.; DE RENSIS, C.M.V.B.; SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 153-163, 2010.

STEFE, C.A.; ALVES, M.A.R.; RIBEIRO, R.L. Probióticos, prébióticos e simbióticos – artigo de revisão. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 3, n. 1, p. 16-33, 2008.

SUNG, H.Y.; CHOI, Y.S. Dose-response assessment of the anti-cancer efficacy of soy isoflavones in dimethylhydrazine-treated rats fed 6% fructooligosaccharide. **Nutrition Research and Practice**, Korea, v. 2, n. 2, p. 55-61, 2008.

SWITHERS, E.S.; OGDEN, S.B.; DAVIDSON, T.L. Fat substitutes promote weight gain in rats consuming high-fat diets. **Behavioral Neuroscience**, New York, v. 125, n. 4, p. 512–518, 2011.

TABELA brasileira de composição de alimentos (TACO): versão II. 2. ed. Campinas: UNICAMP, NEPA, 2006. 113 p.

TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt science and technology**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 791 p.

TÁRREGA, A.; ROCAFULL, A.; COSTELL, E. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. **LWT - Food Science Technology**, London, v. 43, n. 3, p. 556-562, 2010.

THARP, B. **Tharp food technology**. Disponível em:
 <<http://www.bruceharp.com/news.htm>>. Acesso em: 14 maio 2012.

TUOHY, K.M.; ROUZAUD, G.C.M.; BRÜCK, W.M.; GIBSON, G.R. Modulation of the human gut microflora towards improved health using prebiotics. **Assessment of Efficacy Current Pharmaceutical Design**, Sharjah, v. 11, p. 75-90, 2005.

VAN DER HEE, R.M.; MIRET, S.; SLETTENAAR, M.; DUCHATEAU, G.S.M.J.E.; RIETVELD, A.G.; WILKINSON, J.E.; QUAIL, P.J.; BERRY, M.J.; DAINITY, J.R.; TEUCHER, B.; FAIRWEATHER-TAIT, S.J. Calcium absorption from fortified ice cream formulations compared with calcium absorption from milk. **Journal of the American Dietetic Association**, Philadelphia, v. 109, n. 5, p. 830-835, 2009.

VAN DOKKUM, W. The concept of mineral bioavailability. In: _____. **Bioavailability of micronutrients and minor dietary compounds**: metabolic and technological aspects. Kerela: Ed. Research Signpost, 2003. p. 1-18.

VAN LOO, J.; CUMMINGS, J.; DELZENNE, N.; ENGLYST, H.; FRANCK, A.; HOPKINS, M.; KOK, N.; MACFARLANE, G.; NEWTON, D.; QUIGLEY, M.; ROBERFROID, M.; VAN VLIET, T.; VAN DEN, H. E. Funcional food properties of non-digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 81, p. 121-132, 1999.

VASCONCELOS, C.M.; SILVA, C.O.; TEIXEIRA, L.J.Q.; CHAVES, J.B.P.; MARTINO, H.S.D. Determinacao da fracao da fibra alimentar soluvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo metodo enzimatico-gravimetrico e cromatografia liquida de alta eficiencia. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 188-193, 2010.

VIEIRA, R.F.; COSTA, T.S.A.; SILVA, D.B.; FERREIRA, F.R.; SANO, S.M. **Frutas nativas da Região Centro-oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320 p.

VILLEGAS, B.; COSTELL, E. Flow behaviour of inulin–milk beverages. Influence of inulin average chain length and of milk fat content. **International Dairy Journal**, Barking, v. 17, p. 776–778, 2007.

VOGT, J.A.; ISHII-SCHRADE, K.B.; PENCHARZ, P.B.; JONES, P.J.H.; WOLEVER, T.M.S. L-rhamnose and lactulose decrease serum triacylglycerols and their rates of synthesis, but do not affect serum cholesterol concentrations in men. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 136, p. 2160–2166, 2006.

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

WANG, B.; DONG, L.; WANG, L.J.; OZKAN, N. Effect of concentrated flaxseed protein on the stability and rheological properties of soybean oil-in-water emulsions. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 96, p. 555–561, 2010.

WANG, Y. Prebiotics: present and future in food Science and technology. **Food Research International**, Essex, v. 42, p. 8–12, 2009.

WHELAN, A.P.; VEGA, C.; KERRY, J.P.; GOFF, H.D. Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 9, p. 1520-1527, 2008.

WILLIAMS, C.D.; WHITLEY, B.M.; HOYO, C.; GRANT, D.J.; IRAGGI, J.D.; NEWMAN, K.A.; GERBER, L.; TAYLOR, L.A.; MCKEEVER, M.G.; FREEDLAND, S.J.A. A high ratio of dietary n-6/n-3 polyunsaturated fatty acids is associated with increased risk of prostate cancer. **Nutrition Research**, New York, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2011.

WONG, J.M.; JENKINS, D.J. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 137, p. 2539–2546, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva, 2003. 149 p.

XU, J.; ZHOU, X.; CHEN, C.; DENG, Q.; HUANG, Q.; YANG, J.; YANG, N.; HUANG, F. Laxative effects of partially defatted flaxseed meal on normal and experimental constipated mice. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, London, v. 9, p. 12-14, 2012.

XU, X.; XIE, B.; PAN, S.; LIU, L.; WANG, Y.; CHEN, C. Effects of sea buckthorn procyanidins on healing of acetic acid-induced lesions in the rat stomach. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 16, p. 234–238, 2007

ZANÃO, C.F.P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SARMENTO, S.B.S.; ARTHUR, V. Características físico-química e sensoriais de arroz (*Oryza sativa* L.) irradiado e o efeito no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 46-55, jan./mar. 2009.

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.