



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

TAINARA DE MORAES CRIZEL

**APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE
LARANJA PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS**

Porto Alegre

2013

TAINARA DE MORAES CRIZEL

**APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE
LARANJA PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dra. Simone Hickmann Flôres

Co-orientador: Prof^ª. Dra. Rosane Rech

Porto Alegre
2013

CIP - Catalogação na Publicação

Crizel, Tainara de Moraes

Aproveitamento dos subprodutos da indústria de suco de laranja para aplicação em alimentos. /

Tainara de Moraes Crizel. -- 2013.

111 f.

Orientadora: Simone Hickmann Flôres.

Coorientadora: Rosane Rech.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Subprodutos de laranja. 2. Fibra dietética. 3. Substituição de gordura. 4. Caracterização físico-química e sensorial. I. Flôres, Simone Hickmann, orient. II. Rech, Rosane, coorient. III. Título.

Tainara de Moraes Crizel
(Engenharia de Alimentos/FURG)

DISSERTAÇÃO
APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE
LARANJA PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia e Alimentos (PPGCTA)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Aprovada em:/...../.....
Pela Comissão Examinadora:

Homologada em:/...../.....
Por:

Prof^ª. Dra. Simone Hickmann Flôres
Orientador – PPGCTA/UFRGS

Prof^ª. Dra. Rosane Rech
Co-orientador – PPGCTA/UFRGS

Prof^ª. Dra. Graziela Bruschi Brinques
Banca - UFCSPA

Prof^ª. Dra. Florência Cladera Olivera
Banca – UFRGS

Prof^ª. Dra. Roberta Cruz Silveira Thys
Banca - UFRGS

Prof. Dr. Marco Antônio
Zachia Ayub
Coordenador do Programa de
Pós Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos

*Dedico minha conquista
aos meus pais, por todo o
amor, dedicação e incentivo...*

AGRADECIMENTOS

Em especial a minha orientadora, Prof^a. Dra. Simone Hickmann Flôres por ter acreditado em mim e ter me dado a oportunidade de realizar esse projeto. Quero agradecer ainda a dedicação, atenção, apoio e amizade demonstrados durante esse período e que contribuíram muito para realização desse trabalho. Obrigada Simone!

Agradeço aos meus pais, Claudenir e Zélia, pelo constante apoio e incentivo que me fizeram chegar até aqui. Obrigada pelo amor incondicional e por acreditarem sempre em meu potencial, transmitindo-me assim a segurança e confiança necessária para conquistar meus objetivos! A vitória é nossa!

Ao meu irmão, Taissom, pelo apoio e carinho.

Ao André, pelo amor, amizade, incentivo e principalmente pela paciência nos momentos de ausência.

A minha família, pela união, por me proporcionarem momentos felizes e comemorem comigo cada conquista.

À Prof^a. Dra. Rosane Rech, pela co-orientação, disponibilidade que sempre demonstrou em me ajudar e pelos ensinamentos durante a realização desse trabalho.

Ao prof. Dr. Alessandro Rios, pela atenção e ajuda durante os momentos de dúvida. Obrigada pelo aprendizado!

A todos os membros da banca, pelas opiniões e correções, que valorizaram esta dissertação.

À Marcela, pela grande amizade e apoio durante esses dois anos. Obrigada pelo incentivo nos momentos difíceis e por todos momentos alegres compartilhados. Você faz parte dessa conquista!

As amigas: Tenisa, Camila, Renata, Luiza, Anne e Carol pela amizade, constante apoio e por tornarem meus dias mais divertidos. Obrigada gurias!

Ao Eduardo e a Rubilene, pela ajuda durante a realização desse trabalho!

Aos colegas do laboratório de compostos bioativos pela solidariedade e ajuda, em especial Karla, Carlos e Jaslin pela colaboração na realização de algumas análises.

A CAPES, pela bolsa de estudos.

À todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho. Muito Obrigada!!!

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de suco de laranja e os resíduos gerados deste processamento representam sérios problemas ao meio ambiente. No entanto, estes resíduos podem ser considerados como subprodutos da indústria por possuírem elevado teor de fibras, possibilitando sua utilização como ingrediente em alimentos. As fibras podem ser adicionadas como substituto de gordura, resultando em produtos mais saudáveis. Neste sentido, este trabalho visa estudar a possibilidade e viabilidade do aproveitamento dos subprodutos da indústria de sucos de laranja para aplicação em alimentos. As fibras obtidas a partir dos subprodutos de laranja foram adicionadas como substituto de gordura em sorvetes e bolos. Foi realizada a caracterização físico-química e funcional das fibras, sendo também avaliados os compostos fenólicos e carotenoides presentes. As fibras foram submetidas a tratamentos como a hidrodestilação com o objetivo de reduzir o sabor amargo. Análises físico-químicas e sensoriais foram realizadas nos sorvetes e nos bolos. Duas amostras diferentes de fibra de laranja: F1 (casca, bagaço e sementes) e F2 (casca) foram analisadas sendo que ambas apresentaram alto teor de fibra dietética total e uma relação ideal entre fibra solúvel e insolúvel. A F2 apresentou os maiores teores de compostos fenólicos (125 mg/g) e carotenoides (1,21 mg/100 g) quando comparada a fibra F1. Essas fibras quando adicionadas ao sorvete de chocolate reduziram em média 70 % o teor de gordura, sem modificar propriedades sensoriais de cor, odor e textura, porém provocou efeitos negativos sobre o sabor e o sabor residual dos sorvetes. A adição de 1,0 % de fibra da casca de laranja, submetida à hidrodestilação, em sorvete de limão reduziu aproximadamente 50 % o teor de lipídeos das amostras e não modificou o conteúdo de proteína, as propriedades de cor, os valores de pH, os parâmetros de textura e não provocaram mudanças na aceitação dos atributos sensoriais do produto original. A fibra bruta da casca de laranja também pode ser considerada uma boa alternativa como substituto de gordura em bolos. Já que foram obtidas reduções de até 90 % no teor de lipídeos e até 27 % no valor calórico do produto. A adição de 3 % de fibra de laranja, não alterou a formulação do bolo de forma a modificar sua preferência perante os julgadores, mostrando resultados semelhantes em todos os parâmetros sensoriais comparativos ao bolo padrão.

Palavras-chave: fibras, subprodutos de laranja, substituto de gordura, características sensoriais, propriedades físico-químicas, sorvete, bolo.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest orange juice producer and the wastes generated by this process represent serious environmental problem, however these residues may be regarded as byproducts of industry because their high fiber content allowing its use as ingredient in foods. Fibers can be added as fat replacer, resulting in healthier products. Thus, this work aimed to study the possibility and viability of orange juice industry byproducts utilization for application in foods. The fibers obtained from the orange juice byproducts were added as fat replacer in ice creams and cakes. The physicochemical and functional characterization of the fibers were performed, and carotenoids and phenolic compounds content were evaluated. The fibers were submitted to treatments such as hydro-distillation aiming to reduce the bitter taste. Chemical, physical and sensory analyses were performed in ice creams and cakes. Two different samples of orange fiber were analyzed: F1 (peel, pulp and seeds) and F2 (peel). Both samples showed high levels of total dietary fiber and an ideal ratio between soluble and insoluble fiber. The F2 showed higher levels of phenolic compounds (125 mg/g) and carotenoids (1.21 mg/100 g) when compared to fiber F1. The use of orange fiber as a fat replacer in ice cream led to a 70 % reduction of fat without causing significant changes on product attributes such as color, odor and texture, however caused negative effects on the taste and aftertaste of ice cream. The addition of 1 % of peel orange fiber, submitted to treatment by hydro-distillation, in lemon ice cream resulted in a mean reduction of approximately 50 % of the samples fat content and did not significantly modified properties as protein content, color properties, pH values, melt rate and texture parameters, and caused no changes in the acceptance attributes of original product. The crude peel orange fiber can be considered a good choice as a fat replacement in cakes, since the results showed 90 % reduction in lipid levels and 27 % in the caloric value of the product. The addition of 3 % orange fiber did not change the cake formulation in order to modify their preference before the judges, showing similar results in all sensory parameters comparable to standard cake.

Keywords: fibers, orange byproducts, fat replacer, sensory characteristics, physicochemical properties, ice cream, cake.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 5

Figure 1. Principal component analysis 1 and 2. Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % of orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % of orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH); Overall acceptability (OA); Aftertaste (AF).....70

Figure 2. Principal component analysis 1 and 4. Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % of orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % of orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH); Overall acceptability (OA); Aftertaste (AF).....70

CAPÍTULO 6

Figura 1. Volume específico do bolo padrão, do bolo contendo 3% de fibra de laranja e do bolo contendo 6% de fibra de laranja. *Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.....83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Table 1. Formulation of the chocolate ice cream control (IC) and ice cream with orange fiber (ICF1 and ICF2).....	30
Table 2. Physical and chemical properties of dietary fiber (g/100 g DM), and the IDF/SDF ratios of orange fibers F1 (peel, bagasse and seed fiber) and F2 (peel fiber).....	34
Table 3. Carotenoid composition of orange fibers F1 (peel, bagasse and seed fiber) and F2 (peel fiber).....	37
Table 4. Proximal composition of ice cream (control (IC) and fiber (ICF1 and ICF2)).....	38
Table 5. Acceptance of the sensory attributes of ice cream (control (C) and fiber (ICF1 and ICF2)).....	39

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Formulações do sorvete de chocolate controle - SC (5 % de gordura saturada), SF (fibra de laranja sem tratamento), SF1 (Fibra de laranja tratamento 1) e SF2 (fibra de laranja tratamento 2).....	46
Tabela 2. Composição proximal do sorvete controle (SC), sorvete c/ fibra de laranja (SF), sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 1 (SF1) e sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 2 (SF2).....	49
Tabela 3. Resultados das análises físicas do sorvete controle (SC), sorvete c/ fibra de laranja (SF), sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 1 (SF1) e sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 2 (SF2).....	50
Tabela 4. Aceitação sensorial dos atributos dos sorvetes (controle (SC), com fibra de laranja (SF), com fibra de laranja submetida a tratamento 1 (SF1) e com fibra de laranja submetida a tratamento 2 (SF2)).....	51

CAPÍTULO 5

Table 1. Fibers were obtained from orange byproducts without pretreatment (F1 and F2) and submitted to pretreatment (F3 and F4).....	58
Table 2. Formulation of the lemon ice cream control (IC) and the ice cream with orange fiber (ICA, ICB, ICC, ICD, ICE, ICF, ICG and ICH).....	59

Table 3. Proximal composition of the control ice cream and orange fiber ice cream.....	61
Table 4. Effect of orange fiber supplementation on the color parameters (L^* , a^* , b^* , C^* and h_{ab}) of lemon ice cream samples.....	63
Table 5. Results of several chemical-physical properties of control and orange fiber ice cream.....	64
Table 6. Effect of the addition of orange fiber on the ice cream texture profile.....	66
Table 7. Acceptance of the sensory attributes of control and orange byproduct fiber ice cream.....	68
Table 8. Factor coordinates of the variables based on correlations.....	69

CAPÍTULO 6

Tabela 1. Formulação do bolo sem adição de fibras e com adição de gordura (BC) e dos bolos com adição de fibra e sem adição de gordura (BF3 e BF6).....	79
Tabela 2. Composição proximal e valor calórico do bolo controle (BC) e dos bolos com 3 g (BF3) e 6 g (BF6) de fibra de laranja.....	82
Tabela 3. Parâmetros de cor avaliados no bolo controle (BC) e nos bolos com 3% e 6% de fibra de laranja (BF3 e BF6).....	84
Tabela 4. Atividade de água do bolo controle (BC) e dos bolos com 3 g (BF3) e 6 g (BF6) de fibra de laranja, no primeiro, terceiro e quinto dia após a elaboração.....	85
Tabela 5. Aceitação sensorial dos atributos do bolo controle (BC) e dos bolos com 3 g (BF3) e 6 g (BF6) de fibra de laranja.....	86

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1:.....	12
1.INTRODUÇÃO.....	12
CAPÍTULO 2:.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Fibra.....	14
2.1.1. Definição e caracterização.....	14
2.1.2. Propriedades tecnológicas.....	16
2.1.3 Aspectos relacionados à saúde.....	17
2.2. Substitutos de gordura.....	18
2.2.1. Terminologia e classificação dos substitutos de gordura.....	20
2.2.2. Fibras como substitutos de gordura	21
2.3. Aproveitamento dos subprodutos da indústria de sucos de frutas cítricas	22
2.4. Subprodutos oriundos do processamento de suco de laranja como fonte de fibra alimentar.....	24
2.5. Substitutos de gordura em sorvetes e bolos	26
CAPÍTULO 3:.....	28
DIETARY FIBER FROM ORANGE BYPRODUCTS AS A POTENTIAL FAT REPLACER.....	28
CAPÍTULO 4:.....	43
EFEITO DA FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO DE GORDURA EM SORVETES DE CHOCOLATE.....	43
CAPÍTULO 5:.....	55
SENSORY, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF LEMON ICE CREAM CONTAINING ORANGE FIBER AS A FAT REPLACER.....	56
CAPÍTULO 6:.....	76
EFEITO DA FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO DE GORDURA EM BOLO.....	76
DISCUSSÃO GERAL.....	90
REFERÊNCIAS.....	92
ANEXO A.....	101

CAPÍTULO 1:

1.INTRODUÇÃO

Grande parte das pessoas atribui importância a todos os aspectos que melhoram sua qualidade de vida, sendo a alimentação um dos mais importantes, pois afeta diretamente a saúde e o bem estar do indivíduo. A crescente conscientização da relação entre alimentação e saúde vem provocando mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores e com isso aumentando a procura por alimentos mais saudáveis ou que contribuam para uma dieta equilibrada (ARIHARA, 2006)

Segundo Jiménez-Colmenero, Carballo e Cofrades (2001), evidências científicas disponíveis sobre a relação entre a ingestão de alimentos e a incidência de doenças têm proporcionado um crescente interesse em alimentos que fornecem mais benefícios fisiológicos.

Alguns ingredientes com propriedades funcionais têm sido aplicados pela indústria de alimentos. Dentre eles, destacam-se as fibras, que correspondem a mais de 50 % do total dos ingredientes utilizados em todo o mundo (SAURA-CALIXTO, 2006). As fibras dietéticas vêm sendo utilizadas em produtos alimentícios não apenas para determinar seus possíveis efeitos benéficos sobre a saúde, mas também como potencial substituto de gordura (MENDOZA *et al.*,2001).

Dietas com elevada quantidade de fibras e com quantidade reduzida de gordura podem diminuir o risco de doenças cardiovasculares, derrames, obesidade, câncer de colón e várias outras doenças (MANSOUR & KHALIL, 1999).

A importância das fibras alimentares tem levado ao desenvolvimento de um amplo e potencial mercado de produtos e ingredientes ricos em fibras e atualmente há uma tendência para encontrar novas fontes de fibra alimentar (FA), tais como de subprodutos agrônômicos que eram tradicionalmente subestimados (RODRÍGUEZ *et al*, 2006).

Uma grande variedade de subprodutos é gerada pelas indústrias de processamento de alimentos (SCHAUB & LEONARD, 1996). Na indústria de sucos cítricos cerca de 45 % a 60 % da matéria-prima é transformada em subprodutos do processamento, que representam sérios problemas para a indústria, por possuírem limitadas aplicações de uso e serem de fácil contaminação microbiológica. Esses resíduos são comumente usados em ração animal, o que acaba sendo um grande desperdício visto que possuem uma grande quantidade de fibras e agente bioativos como os compostos fenólicos (DJILAS, CANADANOVIC-BRUNET & CETKOVIC, 2009; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*,2009; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*,2004).

O aproveitamento de subprodutos é de grande interesse para a indústria de alimentos, devido a sua possibilidade de aplicação, como ingrediente, pelas suas propriedades funcionais, tecnológicas e

nutricionais com benefícios para a saúde e com redução dos riscos de contaminação na indústria e no meio ambiente e conseqüentemente redução de custos (SCHIEBER, STINTZING & CARLE, 2001).

A demanda por alimentos mais saudáveis, entre eles produtos com baixo teor de gordura, vem proporcionando aumento no desenvolvimento de novas formulações ou modificações de produtos alimentícios tradicionais com o objetivo de reduzir o teor de gordura (MENDONZA *et al.*, 2001). Porém a redução da gordura pela simples diminuição da quantidade não é aceitável sob o ponto de vista sensorial principalmente com relação à textura e sabor, sendo necessária a utilização de substitutos de gordura, como as fibras, para que se obtenham formulações com melhor aceitação pelos consumidores (CACERES, GARCIA & SELGAS, 2004; JIMÉNEZ-COLMENERO, CARBALLO & COFRADES, 2001).

O sorvete destaca-se entre os produtos que possuem um alto teor de gordura sendo mundialmente aceito e consumido, torna-se bastante interessante o desenvolvimento de novas formulações desse produto visando reduzir o teor de lipídeos e também agregar propriedade funcional a ele. No Brasil há uma ótima perspectiva para o crescimento comercial do sorvete. Versátil e rico em opções, este mercado movimentou cerca de US\$ 1939 milhões em 2010. Pelos dados da Associação Brasileira de Indústrias de Sorvetes, o consumo per capita em 2010 foi de 5,77 litros de sorvete/ano por habitante, representando um crescimento de 51,05 % em relação ao ano de 2003 (ABIS 2010; SOUZA *et al.*, 2010).

Produtos de panificação, como os bolos “light” em gordura e açúcar, enriquecidos com fibras e produtos que apresentam “shelf life” prolongado se destacam no mercado brasileiro dos produtos de panificação. Embora não seja considerado um alimento básico como o pão, o bolo é aceito e consumido por pessoas de qualquer idade (GÓMEZ *et al.*, 2010; PAVANELLI, CICHELO & PALMA, 2000). O bolo vem adquirindo crescente importância no que se refere ao consumo e à comercialização no Brasil, principalmente, devido ao desenvolvimento tecnológico que possibilitou mudanças nas indústrias que passaram da pequena à grande escala. (MOSCATTO, PRUDÊNCIO-FERREIRA, & HAULY, 2004).

Tendo em vista o contexto apresentado, a obtenção de fibra a partir de subprodutos e sua caracterização em relação às propriedades funcionais, físicas e químicas, assim como sua aplicação como substituto de gordura em produtos alimentícios apresenta-se como tendência no desenvolvimento de novos produtos.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade do aproveitamento dos subprodutos da indústria de sucos de laranja para aplicação em alimentos. Utilizando esses subprodutos para obtenção de fibra e avaliando as propriedades funcionais, físicas e químicas da mesma, assim como sua aplicação como substituto de gordura em sorvete e bolo.

CAPÍTULO 2:

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fibra

2.1.1. Definição e caracterização

Fibra alimentar, segundo o Codex Alimentarius (2010) são polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas do intestino delgado de humanos. Os componentes da fibra têm sua origem nas paredes celulares de plantas, e os mais abundantes são a celulose e a lignina (ORDÓÑEZ, 2005).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003, define fibra alimentar como qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano (BRASIL, 2003).

As fibras dietéticas são constituídas de uma mistura de componentes químicos, como os carboidratos não digeríveis, lignina e outras substâncias associadas de origem vegetal, fibras de origem animal e polímeros de carboidratos não digeríveis modificados ou sintéticos (ELLEUCH *et al.*, 2011).

Os cereais são a principal fonte de celulose, lignina e hemiceluloses, enquanto as frutas e os vegetais são as principais fontes de pectina, gomas e mucilagem. Cada polissacarídeo é caracterizado por resíduos de açúcar e pela natureza da ligação entre os eles (ELLEUCH *et al.*, 2011).

A fibra alimentar total pode ser dividida em duas frações, dependendo da solubilidade de seus componentes, sendo uma fração solúvel em água a 100 °C e pH entre 6 e 7 e a outra insolúvel (FERNÁNDEZ LÓPEZ *et al.*, 2004). Estas duas frações têm diferentes funções fisiológicas e benefícios nutricionais (TOSH & YADA, 2010).

As fibras dietéticas solúveis (FDS) incluem pectinas, beta-glucanas, gomas e uma grande variedade de oligossacarídeos não digeríveis (RODRÍGUEZ *et al.*, 2006). Fibras solúveis formam uma rede de gel (alginatos, carragenas e pectinas) ou uma rede de espessamento (goma xantana, algumas hemiceluloses) em algumas condições físico-químicas, e dessa forma ligam-se a água livre (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

As fibras solúveis sofrem fermentação no colón, produzindo altas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Esses elementos são os principais promotores da motilidade do conteúdo fecal e regularizam o trânsito intestinal de forma suave. As fibras solúveis estão associadas à redução de colesterol no sangue e diminuição da absorção intestinal de glicose, pois essa fração de fibras é responsável pela formação de uma camada superficial suave ao longo da mucosa do intestino

delgado que serve de barreira na absorção de alguns nutrientes, assim atrasando o metabolismo dos açúcares e das gorduras (GRIGELMO MIGUEL, GORINSTEIN, & MARTÍN-BELLOSO, 1999). As frutas, a aveia e leguminosas como a soja são boas fontes de fibras solúveis (MCKEE & LATNER, 2000).

A outra fração da fibra é conhecida como fibra dietética insolúvel (FDI) e nela incluem-se celulose, hemicelulose e lignina (REHMAN & SHAH, 2004). Essas fibras possuem a capacidade de retenção de água na sua matriz estrutural formando misturas de baixa viscosidade que contribuem para um aumento da massa fecal e conseqüentemente aceleram o trânsito intestinal assim estimulando o bom funcionamento do intestino (ÁLVAREZ & SÁNCHEZ, 2006). Como boa fonte de fibras insolúveis pode-se destacar os cereais integrais (MCKEE & LATNER, 2000).

A relação entre fibra solúvel/fibra insolúvel é importante tanto na dieta como nas propriedades funcionais. Para ser aceitável como ingrediente uma fibra dietética tem que funcionar de forma satisfatória num alimento. Geralmente é aceitável como ingrediente alimentar aquelas fontes de fibra que possuam uma relação de FDS/FDI de 1:2 (JAIME *et al.*, 2002). Ambas as frações se complementam, entre 50 % e 70 % de fibra alimentar insolúvel e entre 30 % e 50 % de fibra solúvel é considerada uma proporção equilibrada (GORINSTEIN *et al.*, 2001).

Segundo Borderías, Sánchez-Alonso, Pérez-Mateos (2005), a fibra como um ingrediente alimentar pode possuir dois tipos de propriedades: a) funcionalidade tecnológica e b) funcionalidade fisiológica. As propriedades variam, dependendo do tipo de fibra utilizada. Quanto à funcionalidade tecnológica incluem-se características como a capacidade de retenção de água e gordura, viscosidade, capacidade de gelatinização, quelante, fermentativa e texturizante. Em relação às propriedades fisiológicas as fibras podem: reduzir o colesterol, modificar a resposta glicêmica, alterar a função intestinal, reduzir a disponibilidade de nutrientes e proporcionar efeitos benéficos à saúde.

De acordo com Larrauri (1999), a “fibra dietética ideal” deve satisfazer aos seguintes requisitos: não ter componentes nutricionais desagradáveis, ser o mais concentrada possível, ser agradável no sabor, cor e odor; ter uma composição equilibrada e uma quantidade adequada de compostos bioativos, apresentar elevada vida de prateleira, ser compatível com o processamento dos alimentos, ter os efeitos fisiológicos esperados e ter um preço razoável.

As fibras alimentares mais frequentemente utilizadas são à base de cereais, no entanto, as fibras obtidas de frutas possuem melhor qualidade devido ao seu elevado teor de fibra alimentar total e solúvel, alta capacidade de retenção de água e óleo, bem como menor teor de ácido fítico e valor calórico (FIGUEROLA *et al.*, 2005).

Em comparação com a fibra dietética insolúvel, no processamento de alimentos a fração solúvel, demonstra uma maior capacidade para proporcionar a viscosidade, capacidade de formar géis e/ou atuarem como emulsificantes, não possuem textura desagradável e nem gosto ruim e são mais fáceis para incorporação em alimentos processados e bebidas. Algas marinhas e subprodutos de frutas

são fontes superiores de fibras solúveis, seguida das frutas, legumes e cereais (ELLEUCH *et al.*, 2011).

2.1.2. Propriedades tecnológicas

A fibra dietética pode transmitir algumas propriedades funcionais de alimentos, por exemplo, aumentar a capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo, formação de emulsão e/ou gel. A fibra dietética incorporada nos produtos alimentares (produtos de padaria, leite, geléias, carnes, sopas) pode modificar as propriedades texturais, evitar sinérese (a separação do líquido a partir da contração do gel), estabilizar alimentos ricos em gordura e emulsões, e melhorar a vida de prateleira (ELLEUCH *et al.*, 2011).

A capacidade de hidratação das fibras alimentares está relacionada com a estrutura química dos polissacarídeos componentes, e outros fatores tais como a porosidade, tamanho de partícula, forma iônica, pH, temperatura e tipo de íons em solução. A capacidade das fibras alimentares de reter a água é fortemente relacionada com a fonte da fibra dietética. Fibras a partir de algas tem uma maior afinidade de água e de óleo do que aquelas obtidas a partir de subprodutos de suco de frutas. Derivados de cereais apresentam menor afinidade. Estas diferenças estão relacionadas com as propriedades químicas das fibras. As propriedades de hidratação das fibras em água aumentam com a temperatura (ELLEUCH *et al.*, 2011).

A solubilidade e propriedades de inchamento são relacionadas entre si: o primeiro passo de solubilização de polissacarídeos é o inchaço. A água move-se para a estrutura sólida e espalha as macromoléculas (inchaço) até elas fiquem completamente dispersas. Este fenômeno pode levar a solubilização das moléculas. Para alguns polissacarídeos, tal como a celulose, a dispersão final não é possível por causa da sua conformação química. Ocorre o intumescimento, mas a solubilização não ocorre. Propriedades de intumescimento são medidas como o volume obtido por uma massa definida de fibras, quando o equilíbrio é obtida na presença de excesso de solvente (geralmente água) (THEBAUDIN *et al.*, 1997) .

Capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a quantidade de água que é retida por 1 g de fibra seca sob condições especificadas de temperatura, tempo, e centrifugação (ELLEUCH *et al.*, 2011).

A capacidade de retenção de óleo (CRO) nas fibras alimentares pode ser importante para sua aplicação nos alimentos, por exemplo, na prevenção de perdas de gordura durante o cozimento, o que poderia ser benéfico para retenção de sabor e para aumentar o rendimento tecnológico (THEBAUDIN *et al.* 1997, ANDERSON & BERRY, 2000). Os métodos descritos na literatura para medir a retenção de gordura/óleo de fibras geralmente seguem um protocolo semelhante ao utilizado para o da

capacidade de retenção de água (incluindo a centrifugação da amostra) utilizando óleo em vez de água (TOSH & YADA, 2010).

Propriedades texturais e estabilizadoras são resultado das propriedades de hidratação das fibras. A incorporação de fibras dietéticas em alimentos modifica a textura e estabilidade como uma função das condições de processamento (produção e métodos de preservação). Os mecanismos diferem de acordo com a solubilidade das fibras. As propriedades de espessamento (por exemplo, goma xantana) e de geleificação (por exemplo, carragena e pectinas) e a capacidade de retenção de água contribui para a estabilização da estrutura dos alimentos (dispersões, emulsões e espumas), modificando as propriedades reológicas da fase contínua. Devido à sua capacidade de retenção da água e propriedades inchaço, as fibras insolúveis podem influenciar na textura dos alimentos (THEBAUDIN *et al.*, 1997).

O tamanho das partículas também possui influência nas propriedades das fibras, partículas de tamanho reduzido possuem uma maior capacidade de retenção de água (AUFFRET *et al.*, 1994). Estudo com fibra de resíduos de limão com maior granulometria apresentaram maiores valores de CRA e CRO, indicando que o tamanho de partículas pode influenciar estes parâmetros (LARIO *et al.*, 2004).

2.1.3 Aspectos relacionados à saúde

A fibra dietética tem um papel significativo na prevenção de várias doenças. Dietas com alto conteúdo de fibras, ricas em cereais, vegetais e legumes, tem um efeito positivo sobre a saúde uma vez que seu consumo está relacionado com a diminuição da incidência de vários tipos de câncer e com a prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, obesidade, distúrbios gastrintestinais e diabetes (RODRÍGUEZ *et al.*, 2006; JIMÉNEZ-ESCRIBANO *et al.*, 2001; ANDERSON, SMITH & GUFTASON, 1994).

De acordo com “American Heart Association” (2011) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003) recomenda-se a ingestão mínima de 25 g de fibra dietética por dia. A maioria dos nutricionistas e especialistas sugerem que cerca de 20 % a 30 % da nossa ingestão diária de fibras deve vir de fibras solúveis (ELLEUCH *et al.*, 2011).

A “American Dietetic Association” recomenda que um adulto deva consumir entre 25 g e 30 g de fibras por dia ou entre 10 g e 13 g de fibras por 1000 kcal ingeridas, e que a relação fibra insolúvel/fibra solúvel deve ser 3:1. Na Europa é recomendado o consumo de 20 g/dia/pessoa. (BORDERÍAS, SÁNCHEZ-ALONSO & PÉREZ-MATEOS, 2005).

Populações de países desenvolvidos ingerem, aproximadamente de 11 g a 12 g de fibra alimentar por dia (GRIGELMO-MIGUEL, GORINSTEIN & MARTÍN-BELLOSO, 1999).

A fibra dietética (FD) contribui para diminuir os níveis de colesterol total e lipoproteínas de baixa densidade no plasma, que está associado a uma maior diluição e excreção de ácidos biliares (GALLAHER, LOCKET & GALLAHER, 1992).

As fibras solúveis demonstraram capacidade de afetar o metabolismo do colesterol, reduzindo seus níveis no organismo, enquanto as fibras insolúveis mostram pequeno ou nenhum efeito sobre o metabolismo do colesterol sanguíneo, são responsáveis pelo aumento do volume do bolo fecal, a maciez das fezes e a frequência da evacuação, reduzindo o tempo de trânsito intestinal (MATTOS & MARTINS, 2000; MEIER & GASSUL, 2004).

Segundo Grigelmo-Miguel e Martín-Belloso (1999a), a fibra de laranja é um ingrediente importante do ponto de vista de saúde, devido aos seus elevados teores de fibra solúvel e insolúvel e a relação balanceada entre elas. Essa fibra dietética possui uma maior quantidade de fibra solúvel quando comparada a fibras derivadas de cereais, que são amplamente utilizadas para enriquecer alimentos.

A presença de fibra em alimentos normalmente implica na redução de seu conteúdo calórico, o que beneficia o seu consumo e contribui para a ingestão diária de fibras. Desse modo, a incorporação de fibras em alimentos frequentemente consumidos como produtos cárneos, lácteos e de panificação pode ajudar a suprir o déficit de fibras na alimentação (ALESÓN-CARBONELL *et al.*, 2005).

As fibras possuem muitos efeitos benéficos nutritivos e efeitos protetores. Cereais como o farelo de trigo podem oferecer proteção contra o câncer do cólon. Farelo de aveia pode reduzir o colesterol devido à capacidade de se ligar ácidos biliares, além de auxiliar no tratamento da constipação e na melhoria da biodisponibilidade da vitamina B12 em idosos com múltiplas doenças crônicas (STURTZEL *et al.*, 2010).

2.2. Substitutos de gordura

As mudanças nos hábitos alimentares provocam aumento na demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis, que contenham quantidades limitadas de compostos como gordura, sal, cafeína e colesterol (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996). A gordura é um dos componentes dos alimentos que está relacionada com o aumento nos níveis de colesterol, alguns tipos de câncer, doenças cardíacas e obesidade (GARCÍA, 2002).

Segundo a ANVISA (2005) gorduras vegetais são os produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécies vegetais. Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes na gordura.

A “World Health Organization” (2007) recomenda que a ingestão diária de gorduras não deva exceder 30 % das calorias totais da dieta sendo que as gorduras saturadas não devem fornecer mais que 10 % do consumo energético total, a ingestão de colesterol deve ser limitada em 300 mg/dia.

O desenvolvimento de produtos de alta qualidade com baixo teor de gordura é uma experiência desafiadora e uma prioridade para a indústria de alimentos devido à crescente demanda dos consumidores (MEZA, VERDINI & RUBIOLO, 2011). As formulações de alimentos com baixos teores de gordura necessitam de reformulações do produto tradicional, algumas vezes com diferentes ingredientes. Outras características físicas do alimento, como a cor dourada dos produtos de panificação ou viscosidade dos molhos de salada, também devem ser reformuladas. Adicionalmente, atributos sensoriais como o grau de coesividade, firmeza e suculência devem também ser considerados (PINHEIRO & PENNA, 2004).

A gordura, como um componente do alimento, contribui sensorialmente para o sabor ou com a percepção conjunta de paladar, sabor e aroma/odor. Contribui também para a cremosidade, aparência e textura dos alimentos e aumenta a sensação de saciedade durante as refeições. É a fonte mais concentrada de energia na dieta, fornecendo 9 kcal/g em relação ao 4 kcal/g para proteínas e carboidratos (AKOH, 1998).

A gordura tem um efeito básico sobre as características de vários produtos, portanto não pode ser simplesmente reduzida ou modificada (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2000). A proporção de gordura pode ser reduzida em muitos produtos, no entanto a redução de gordura requer modificações na composição e natureza destes produtos que afetam seus atributos de qualidade como cor, sabor, textura e propriedades de coesão (JIMÉNEZ-COLMENERO, 1996).

A potencialidade dos efeitos dos substitutos pode ser alcançada pela utilização de misturas, proporcionando maior funcionalidade para aplicações específicas. A escolha é determinada pelo custo, qualidade, inocuidade e pelo desempenho dos substitutos de gordura. Para ser utilizado como substituto de gordura, um ingrediente deve ser livre de efeitos tóxicos, não deve produzir metabólitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional, ou deve ser eliminado completamente do organismo e seus produtos devem ser reconhecidos amplamente como seguros, GRAS - “Generally Recognized As Safe” pelo FDA - “Food and Drug Administration” dos Estados Unidos (PINHEIRO & PENNA, 2004).

Segundo a Portaria nº 27, de 13/01/1998 da ANVISA, o produto pode ser denominado pelo termo "reduzido teor de gordura" quando apresentar redução mínima de 25 % no conteúdo de gordura quando comparado ao produto padrão, e que a alegação "baixo teor de gordura" só pode ser usada se não mais de 3 g de gordura está presente em 100 g de produto. O termo "sem gordura" é considerado como aceitável se a quantidade de gordura não exceder 0,5 g de gorduras totais e 0,1 g de gordura saturada por 100 g de produto.

2.2.1. Terminologia e classificação dos substitutos de gordura

Segundo a American Health Association (2010), os substitutos de gordura são ingredientes que imitam uma ou mais das funções da gordura em um alimento. Eles são classificados em três categorias com base em suas fontes de nutrientes: carboidratos, gordura e proteínas.

De acordo com AKOH (1998), os substitutos de gordura são geralmente categorizados em dois grupos: substitutos de gordura e imitadores (miméticos) de gordura.

Substitutos de gordura são macromoléculas que se assemelham química e fisicamente a triglicerídeos, e que podem teoricamente substituir a gordura em alimentos grama por grama. São quimicamente sintetizados ou derivados de óleos ou gorduras convencionais através de modificação enzimática. Muitos substitutos de gordura são estáveis em temperatura de cozimento e fritura (AKOH, 1998).

Miméticos de gordura são substâncias que imitam propriedades organolépticas ou físicas de triglicerídeos, mas que não pode substituir a gordura em base grama por grama. Denominados frequentemente de substitutos de gordura a base de proteínas ou carboidratos, são constituintes comuns dos alimentos, e podem ser química ou fisicamente modificados para imitar a função da gordura. Não são adequados para fritura, porque eles estão excessivamente ligados com água e desnaturam ou caramelizam em altas temperaturas (AKOH, 1998).

Diferentes tipos de substitutos de gordura estão disponíveis no mercado e sua classificação está baseada, principalmente, na natureza química e na origem do produto juntamente com seu valor energético. Amidos modificados e proteínas promovem boa emulsificação ou propriedades de gel com baixo valor energético. Ligações ésteres que foram modificadas, como glicerol ésteres, pseudo-gorduras e ésteres de ácidos graxos de carboidrato promovem propriedades similares às da gordura e sem valor calórico (PINHEIRO & PENNA, 2004).

- *Carboidratos como substitutos/miméticos de gordura:* Há um grande número de substitutos de gordura à base de carboidratos, incluindo celulose, gomas, dextrinas, fibras, maltodextrinas, amidos e polidextrose (PINHEIRO & PENNA, 2004). A funcionalidade de substitutos de gordura a base de carboidratos é baseada em sua capacidade de aumentar viscosidade, para formação dos géis, fornecer paladar e textura, e aumentar capacidade de retenção de água (AKOH, 1998). Essas substâncias também imitam a suavidade e a cremosidade das gorduras nos alimentos, principalmente por retenção de gordura e incorporação de sólidos que auxiliam no fornecimento de sensações semelhantes às da gordura, como umectância em produtos de padaria e textura em sorvetes (DAMODARAN, PARKIN & FENNEMA, 2010). Estes ingredientes têm sido utilizados há vários anos em muitos alimentos substituindo a gordura parcial ou totalmente. Carboidratos que são absorvidos, como amidos modificados e dextrinas, fornecem 4 cal/g, enquanto aqueles que não são absorvidos pelo organismo contêm poucas calorias (PINHEIRO & PENNA, 2004).

- *Proteínas como substitutos/miméticos de gordura*: vários substitutos de gordura são derivados de uma variedade de fontes de proteínas, incluindo leite, ovo, soja, soro de leite, gelatina, e glúten de trigo. Alguns destes miméticos de gordura são base de proteína que imitam a sensação na boca e textura de gordura. Essas proteínas podem ser úteis como ingrediente de substituição de gorduras em alimentos, em especial em emulsões óleo em água. As proteínas do soro proporcionam numerosas vantagens funcionais ao serem usadas em alimentos: são muito nutritivas, criam viscosidade devido à sua capacidade de reter água, formam géis, emulsificam, retêm e incorporam gordura, facilitam o batimento, formação de espuma e aeração, realçam a cor, o sabor, a textura, além de vários benefícios nutricionais. As proteínas do soro são altamente solúveis e sob condições específicas, formam um gel não reversível, cujas características dependem da concentração proteica, pH da solução e concentração de íons cálcio e sódio. Estes géis aprisionam grandes quantidades de água e de compostos não-proteicos, originando excelentes propriedades funcionais que auxiliam na formação de produtos com teor reduzido de gordura (DAMODARAN, PARKIN & FENNEMA, 2010; PINHEIRO & PENNA, 2004; AKOH, 1998).

-*Trigliceróis sintéticos*: Existem tentativas no sentido de explorar alguns triglicerídeos, os quais, devido a suas propriedades estruturais únicas, não geram valores calóricos completos quando consumidos por seres humanos e outros monogástricos. Esses triglicerídeos são de síntese variada, utilizando-se hidrogenação, bem como esterificações e interesterificação dirigidas. A incorporação de ácidos graxos saturados de cadeia curta, junto a um ácido graxo de cadeia longa, a moléculas de triglicerídeos é outra estratégia usada, a qual reduz de forma significativa o valor calórico. A redução calórica resulta em parte, de que os ácidos graxos de cadeia curta fornecem menos calorias por unidade de massa em comparação aos de cadeia longa. Além disso, a posição do ácido graxo de cadeia longa na molécula do glicerol influencia em sua absorção (DAMODARAN, PARKIN & FENNEMA, 2010).

2.2.2. Fibras como substitutos de gordura

Diversas fibras dietéticas vêm sendo utilizadas em produtos alimentícios não apenas para determinar seus possíveis efeitos benéficos sobre a saúde, mas como potencial substituto de gordura (MENDOZA *et al.*, 2001).

MANSOUR & KALIL (1999) utilizaram três níveis de fibra de trigo (50 g/kg, 100 g/kg e 150 g/kg) em hambúrguer de carne bovina como substituto de gordura e verificaram que é possível utilizar a fibra para reduzir o teor de gordura, sem afetar a cor, maciez, suculência e intensidade do aroma de carne.

Estudos realizados por MENDOZA *et al.* (2001) verificou o efeito da adição de 10 % de inulina em salames com o objetivo de reduzir o teor de gordura desses produtos, obtendo ao final do

estudo um produto de baixo teor calórico (30 % do original), sendo observada uma melhoria geral nas propriedades sensoriais devido a uma textura suave e macia, elasticidade e adesividade similar ao convencional.

García *et al.* (2002), investigaram o efeito da adição de fibras de cereais e frutas, nas concentrações de 1 %, 3 % e 5 %, nas características de qualidade de salames com reduzido teor de gordura. Os melhores resultados foram obtidos com salames contendo 10 % de toucinho e 1,5 % de fibras de frutas, principalmente aqueles com fibra de laranja, que resultaram em características organolépticas semelhantes aos produtos convencionais.

A substituição da gordura por fibra foi realizada por Martínez-Cervera *et al.* (2011) que elaboraram “muffins” utilizando fibra de cacau em substituição a gordura e obtiveram redução de até 75 % no teor de lipídeos em relação ao “muffin” padrão.

Grigelmo-Miguel, Carreras-Boladeras e Martin-Belloso (2001) que adicionaram fibra de pêssego em substituição à óleo vegetal em “muffins” e obtiveram uma redução de 60 % no teor de gordura em relação a amostra padrão.

O potencial de inulina como substituto de gordura em iogurte foi avaliado por Modzelewska-kapitula & Klebukowska (2009). Neste estudo, iogurtes produzidos a partir de leite integral (3,2 %), leite com baixo teor de gordura (0,5 %), e com 0,7 % de gordura e adição de 2,7 % inulina, foram comparados. Os resultados indicaram que a inulina tem potencial como um substituto de gordura no iogurte.

Karaca *et al.* (2009) avaliaram as características funcionais, reológicas e sensoriais de sorvetes com vários substitutos de gordura, verificaram que a adição de inulina em sorvetes com reduzido teor de gordura reduziu a taxa de derretimento do sorvetes e não alterou propriedades importantes como “overrun” e dureza.

Romanchik-Cerpovicz, Costantino & Gunn (2006) mostraram que a goma de quiabo é um substituto de gordura aceitável em sobremesa de chocolate congelada a base de leite.

2.3. Aproveitamento dos subprodutos da indústria de sucos de frutas cítricas

Laranja (*Citrus sinensis* L.) constitui, de longe, a mais importante classe de citrinos comerciais cultivadas no mundo. É uma das frutas mais populares do mundo, com agradável sabor e cor, rica em compostos nutricionais e bioativos como carotenoides e flavonoides, é também fonte abundante de vitamina C, minerais, fibras e aminoácidos (NIU *et al.*, 2008).

No mundo inteiro a produção de citros é superior a 88×10^6 toneladas, e se destaca por ser o cultivo mais abundante no mundo, sendo que um terço da colheita é destinada ao processamento. O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, na safra de 2009/2010 foram produzidas mais de 16

milhões de toneladas da fruta, sendo que 86 % dessa produção foi industrializada. O Brasil é também o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja (CITRUBR, 2011).

Laranjas, limões, toranjas e tangerinas representam aproximadamente 98 % de toda colheita industrializada de frutas cítricas, sendo as laranjas os frutos mais relevantes por representar aproximadamente 82 % do total processado (MARÍN *et al.*,2007) .

A citricultura é uma das mais destacadas agroindústria brasileira, sendo o Brasil é o maior produtor de laranjas no mundo. A liderança brasileira na produção de laranjas se deve tanto ao nosso clima e o solo, quanto à alta tecnologia aplicada na produção, que permite alta produtividade e adensamento nos pomares (CITRUBR, 2011).

A produção de laranja no Brasil é bastante concentrada geograficamente. O Estado de São Paulo e o Triângulo Mineiro juntos são responsáveis por 80 % da produção nacional de laranjas, e por isso a região é chamada de Cinturão Cítrico (*Citrus Belt*) (CITRUBR, 2011).

Os sucos de fruta têm ganhado crescente destaque nos últimos anos. A produção de suco de frutas e o consumo de frutas cítricas, especificamente a laranja, são predominantes nas zonas tropicais e subtropicais (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*,2009).

Na produção de suco de laranja o destaque brasileiro é ainda maior. Mais de 70 % das laranjas produzidas no Brasil são destinadas a fabricação de sucos. Apenas na região de São Paulo e Triângulo Mineiro, o Brasil produz 53 % de todo o suco de laranja produzido no mundo. Além disso, somos responsáveis por 85 % da exportação mundial de suco de laranja, o que significa, na prática, que a grande maioria do suco de laranja tomado em todo o mundo é feito no Brasil (CITRUBR, 2011).

Suco de laranja é provavelmente o mais conhecido e mais difundido suco de frutas em todo o mundo, particularmente apreciado por seu sabor fresco é considerado de alto valor benéfico pelo seu elevado teor de vitamina C e antioxidantes naturais, tais como flavonoides (GALAVARNA *et al.*, 2008).

Em comparação com outros tipos de frutas, as frutas cítricas têm uma pequena porção comestível e grandes quantidades de resíduos como cascas e sementes. Os subprodutos da indústria de sucos cítricos podem representar até 60 % da fruta, na laranja, por exemplo, aproximadamente 50 % da fruta é suco, enquanto os outros 50 % é casca, albedo e sementes. Portanto, o processamento de citros produz uma quantidade considerável de subprodutos, que são considerados um problema, já que o material vegetal é normalmente propenso à contaminação microbiológica e são comumente usados em ração animal ou adubo. Porém a utilização destes subprodutos é interessante pela redução de resíduos e também pela sua utilidade na indústria de alimentos, visto que estes produtos contêm várias substâncias nutricionais, incluindo fibra dietética, pectina e agentes bioativos (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*,2009; SÁENZ, ESTÉVEZ & SANHUEZA, 2007; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*,2004).

Entre os subprodutos obtidos a partir da indústria de suco de laranja destacam-se os óleos essenciais da casca que podem ser utilizados como ingredientes aromatizantes em uma variedade de

alimentos como bebidas ou sorvetes, assim como na formulação de cosméticos e perfumes; essências aromáticas obtidas na concentração do suco; D-limoneno empregado na fabricação de tintas e solventes, farelo de polpa cítrica destinado à produção de ração e polpa de laranja utilizada pelas indústrias de alimentos e bebidas (PEREIRA, 2008; RAEISSI *et al.*, 2008).

A extração de compostos funcionais de subprodutos de cítricos (fibras e polifenóis) pode ser de interesse para a indústria de alimentos, visto que esses compostos podem retardar as alterações oxidativas nos alimentos, assim melhorando sua qualidade e valor nutricional (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2007). A importância dos polifenóis como agentes promotores da saúde humana vem sendo reconhecida, pois esses compostos possuem efeitos contra doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e inflamatórias (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2007; NIJVELDT *et al.*, 2001).

Os resíduos oriundos da produção de suco de frutas cítricas são compostos principalmente por água, açúcares solúveis, fibras, ácidos orgânicos, aminoácidos e proteínas, minerais, óleos e lipídios, e também contém flavonoides e vitaminas. A quantidade desses componentes pode variar, dependendo do tipo e da fração da fruta (suco, albedo, flavedo, polpa e sementes) desse modo sua proporção nos resíduos de sucos de cítricos depende do sistema de extração do suco utilizado (MARÍN *et al.*, 2002; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2004).

2.4. Subprodutos oriundos do processamento de suco de laranja como fonte de fibra alimentar

A fibra alimentar de frutas cítricas tem melhor qualidade, quando comparada a outras fontes alternativas, como os cereais, pois possui uma maior proporção de fibra dietética solúvel (GRIGELMO-MIGUEL, & MARTÍN-BELLOSO, 1999b). Isso é importante, considerando que a ingestão de fibra alimentar deve ser equilibrada, ou seja, a fração solúvel em água deve representar entre 30 % e 50 % da fibra dietética total (MARÍN *et al.*, 2007). Outro fator que justifica a superioridade da fibra de citros em relação a outras fibras é a presença de compostos bioativos associados (flavonoides, polifenóis, carotenoides, vitamina C) com propriedades antioxidantes, as quais podem fornecer efeitos adicionais de promoção da saúde (MARÍN *et al.*, 2002; BENAVENTE-GARCÍA *et al.*, 1997; NAGY & ATTAWAY, 1992).

As frutas e seus subprodutos podem ser secos para preservação e posterior utilização, o que permite a exploração de características de interesse, ou seja, baixo teor de gordura e carboidratos digeríveis, elevado teor de fibras e baixo teor calórico (ROMERO-LOPEZ *et al.*, 2011).

Uma importante e potencial fonte de fibra alimentar é o resíduo da indústria de suco de laranja, pois esse material é rico em pectina e, além disso, está disponível em grandes quantidades e possui um baixo custo (ROMERO-LOPEZ *et al.*, 2011; GRIGELMO-MIGUEL, & MARTÍN-BELLOSO, 1999).

As propriedades físicas e químicas e os componentes da fibra de laranja vêm sendo amplamente estudados. Griguelmo-Miguel e Martín-Belloso (1999), avaliaram as características químicas e físicas da fibra dietética (FD) obtida a partir da polpa de três variedades diferentes de laranja. Verificando que as laranjas apresentaram alto conteúdo de FD total. A fibra obtida demonstrou uma elevada capacidade de retenção de água e absorção de óleo, baixo valor calórico e baixo teor de gordura e proteína.

Chau e Huang (2003) investigaram o teor de fibra alimentar de casca de laranja ('Liucheng' cultivar). Eles descobriram que a casca contém 57 % de fibra dietética total; deste 47,6 % se caracteriza como fração insolúvel e 9,41 % de fração solúvel. A fração insolúvel é a fração dominante proporcionando assim benefícios para a saúde, tais como regulação intestinal. Determinou-se também que os polissacarídeos pécicos e celulose foram os principais constituintes da fibra.

As habilidades de gelificação e espessamento da fibra laranja foram exploradas em iogurte enriquecido. Sendra *et al.* (2010) constataram que a fibra de laranja aumentou a viscosidade do iogurte. Verificaram que após a pasteurização, níveis mais elevados de fibra (superior a 6 %), reforçaram o gel.

Larrea, Chang e Martinez-Bustos (2005) investigaram os efeitos de incorporação de polpa de laranja extrusada sobre a qualidade das bolachas. Eles verificaram um aumento no teor de fibra dietética do biscoito (11,25 % de MS) em relação ao controle (2,10 % MS).

Os subprodutos de frutas cítricas, se utilizados plenamente, podem ser grande fonte de compostos fenólicos. As cascas, em particular, são uma abundante fonte de flavonoides naturais, e contêm grande quantidade de compostos fenólicos em comparação com as porções comestíveis (DJILAS *et al.*, 2009). Goristein *et al.* (2001), investigaram as propriedades antioxidantes de algumas frutas cítricas (limão, laranja e pomelos), determinando o conteúdo de fibra dietética total, polifenóis, compostos fenólicos essenciais e ácido ascórbico. Observaram que os limões possuem o potencial antioxidante mais elevado entre as frutas cítricas estudadas e que o conteúdo de compostos fenólicos totais nas cascas de todas as frutas cítricas foram 15 % maiores do que nos frutos descascados.

Rincón, Vásquez & Padilla (2005) estudaram a composição química e os compostos bioativos presentes nas farinhas de várias cascas de frutas cítricas, entre elas a laranja (*Citrus sinensis*), cultivadas na Venezuela. Seus resultados demonstraram teores elevados de fibras alimentares, além da presença de compostos polifenólicos com atividade antioxidante significativa.

Sáenz *et al.* (2007), realizaram um estudo onde desenvolveram um “snack” utilizando resíduos em pó da indústria de processamento de suco de laranja como fonte de fibra alimentar. O produto obtido apresentou uma boa fonte de fibras e teve uma boa aceitação.

Dervisoglu & Yazici (2006), avaliaram os efeitos da fibra de citros nas propriedades físicas, químicas e sensoriais de sorvete. Três tipos de sorvetes foram elaborados: sorvetes com estabilizante/emulsificante, sorvete com fibra de citros e sorvetes com estabilizante/emulsificante e

fibra de citros. Somente a fibra de citros como um estabilizante não melhorou a viscosidade e propriedades sensoriais de sorvete, mas proporcionou um efeito positivo sobre a resistência à fusão.

Romero-Lopez *et al.* (2011) obtiveram uma fibra de bagaço de laranja e a adicionaram em “muffins” em substituição a farinha de trigo, nas concentrações de 10 % e 15 %. A fibra provocou um aumento de 40 % a 63 % no teor de fibras dos “muffins” em comparação com um bolo controle e não ocasionou mudanças sensoriais perceptíveis aos consumidores.

A fibra de laranja tem um efeito positivo no que diz respeito ao retardamento de oxidação e redução do crescimento de microrganismos indesejados, aumentando assim o prazo de validade dos produtos, esses resultados foram provados por Viuda-Martos *et al.*, (2010a, 2010b).

2.5. Substitutos de gordura em sorvetes e bolos

O principal objetivo de muitos cientistas é diminuir a incidência de obesidade e algumas doenças crônicas, através do desenvolvimento e promoção de produtos de baixo teor de gordura, além de aumentar a palatabilidade desses alimentos (AKOH, 1998).

A importância da estrutura de gordura e aspectos coloidais de sorvetes é amplamente reconhecida, sendo a estrutura de gordura a base para maleabilidade, retenção de forma durante a fusão e textura suave do sorvete. Com interesse em produtos de baixo teor de gordura, é essencial entender como desenvolver estruturas equivalentes (GOFF, 2008).

A redução do teor de gordura no sorvete resulta na perda das propriedades texturais e sensoriais (AIME *et al.*, 2001). Assim, são necessárias melhorias nas formulações de sorvetes com reduzido teor de gordura para compensar esta perda de qualidade. Indústrias de sorvetes e pesquisadores se concentraram em produção de sorvetes altamente saborosos com reduzido teor de gordura que atenda a demanda de consumidores preocupados com saúde (KARACA *et al.*, 2009).

A fibra, quando adicionada ao sorvete, melhora sua textura, fornecendo uma massa uniforme lisa, resistência desejável à fusão, e melhora a manipulação de propriedades principalmente por dificultar a formação de cristais de gelo (REGAND & GOFF, 2003).

Prindiville *et al.* (2000) compararam dois substitutos de gordura à base de proteínas na elaboração de sorvetes de chocolate e observaram que sorvetes contendo gordura de leite apresentam aroma de cacau menos intenso e foram mais resistentes à mudanças de textura em função do tempo quando comparados com outros tipos de sorvete.

As características sensoriais e físicas de sorvetes contendo gordura ou substitutos a base de proteína foram estudadas por Ohmes, Marshall, & Heymann (1998). As avaliações sensoriais descritivas demonstraram que sorvetes contendo 4,8 % de qualquer substituto de gordura no lugar de gordura láctea não tiveram efeito sobre o aroma de baunilha, mas aumentaram a intensidade do aroma de soro, xarope e leite aquecido. Comparado com cada substituto, a gordura láctea reduziu

significativamente os aromas de xarope, soro e leite aquecido e aumentou o aroma de leite fresco e creme no sorvete.

Adapa *et al.* (2000) avaliaram as propriedades reológicas de sorvetes com gordura e com substitutos de gordura. A adição de substitutos de gordura a base de proteína e carboidratos não aumentou as propriedades elásticas dos sorvetes, mas aumentou as propriedades viscosas.

Akalin, Karagözlü, & Ünal (2008) estudaram a substituição da gordura do leite por inulina em sorvete e obtiveram uma redução de 41 % no conteúdo de gordura. A inulina também aumentou a dureza em comparação com sorvete padrão, mas os produtos fabricados com inulina derreteram mais rapidamente do que as outras amostras.

Sorvetes de chocolate contendo substitutos de gordura a base de proteína do soro do leite apresentaram maiores concentrações de substâncias voláteis comparados aos elaborados com gordura de leite ou manteiga de cacau, apesar das pequenas diferenças nos aromas voláteis (Welty *et al.*, 2001).

Entre os produtos de panificação, vem sendo realizados estudos para substituir parte da gordura por fibras. Martínez-Cervera *et al.* (2011) elaboraram “muffins” utilizando 34,5 % fibra de cacau em substituição a gordura e obtiveram uma redução de até 75 % no teor de lipídeos em relação ao “muffin” padrão.

Estudo realizado por Zambrano *et al.* (2005) avaliaram a adição de goma xantana, goma guar e emulsificante como substituto de gordura em bolos e obtiveram uma redução média de 55 % no teor de gordura de bolos. Os bolos obtiveram maior volume específico e características internas similares aos bolos padrão.

Griguelmo-Miguel, Carreras-boladeras e Martin-Belloso (2001) que adicionaram 10 % de fibra de pêssego em substituição à óleo vegetal em “muffins” e obtiveram uma redução de 60 % no teor de gordura em relação a amostra padrão.

A utilização de substitutos de gordura é uma alternativa viável quando se deseja formular um alimento com baixo teor de gordura, porém deve-se considerar que não existe um único elemento capaz de substituir a gordura em todas as suas aplicações devido às múltiplas funções exercidas por esta substância nos sistemas alimentares (sabor, textura, cremosidade, volume, sensação de saciedade, etc). Deve-se avaliar as características de cada substituto e do sistema em que este irá atuar e em alguns casos, a utilização de dois ou mais substitutos pode ser necessária (LIMA & NASSAU, 1996).

CAPÍTULO 3:

DIETARY FIBER FROM ORANGE BYPRODUCTS AS A POTENTIAL FAT REPLACER

Artigo aceito para publicação na revista LWT- Food Science and Technology.

Abstract

Brazil is the world's largest orange juice producer, but the waste that results from this process is a serious environmental problem. The purpose of this study was to characterize fibers from this byproducts and to study their application as a fat replacer in ice cream. Two different samples of orange fiber were analyzed: F1 (peel, pulp and seeds) and F2 (peel). Both samples showed high levels of total dietary fiber and an ideal ratio between soluble and insoluble fiber. The fibers showed a high water and oil retention capacity and a high content of phenolic compounds and carotenoids. The use of orange fiber as a fat replacer in ice cream led to a 70 % reduction of fat without causing significant changes in products attributes such as color, odor and texture. Orange fiber proved to be a promising alternative as a fat replacer in ice cream production.

Keywords: Orange byproducts; Dietary fiber; Fat replacer; Ice cream

1. Introduction

A growing awareness of the relationship between diet and health has led to changes in the dietary habits of consumers, increasing the demand for healthier foods. Fiber was one of the first ingredients associated with health in the 1980s and has been used by the food industry since that time (Dervisoglu & Yazici, 2006).

An “ideal dietary fiber” must have important features such as a pleasant flavor, color and odor, a balanced composition, a proper amount of bioactive compounds, a long shelf life, compatibility with food processing, favorable physiological effects on the human body and a reasonable price (Larrauri, 1999).

The consumption of dietary fiber is recommended for the treatment and prevention of chronic diseases such as cardiovascular diseases, certain types of cancers, diabetes and gastrointestinal disorders (Figuerola, Hurtado, Estévez, Chiffelle, & Asenjo, 2005). The byproducts generated by the citrus juice industries are sources of dietary fiber but are commonly used in animal feed or fertilizer. However, due to their high fiber content, they can be used as ingredients in food (Lario et al., 2004).

The orange juice industry uses approximately 50 % of the fruit, while the other 50 % is peels, seeds and albedo, which can reach 60 % of the total byproducts (Fernández-López, Sendra-Nadal, Navarro, Sayas, Viuda-Martos, & Pérez-Alvarez, 2009).

The dietary fiber of citrus fruit is a higher quality than alternative sources such as cereals because citrus fiber has a higher soluble dietary fiber ratio and associated bioactive compounds (flavonoids, polyphenols, carotenoids and vitamin C) with antioxidant properties, which may provide additional health-promoting effects (Griguelmo-Miguel & Martin-Belloso, 1999b; Marín, Soler-Rivas, Benavente-García, Castillo, & Pérez-Alvarez, 2007). In recent years, studies have been conducted to demonstrate the physical, chemical and functional properties of dietary fiber derived from citrus fruits such as oranges and lemons, highlighting their antioxidants properties (Figuerola et al., 2005; Griguelmo-Miguel & Martin-Belloso, 1999a; Marín et al., 2007; Rincón, Vásquez, & Padilla, 2005).

Several dietary fibers have been used in food products to determine their possible beneficial effects on health and due it has a range of technological attributes such as water binding, gelling, structure building and it can be used as potential fat replacers (O'Shea, Arendt & Gallagher, 2012). The functionality of fat replacers based on carbohydrates is due to their ability to increase gel formation and viscosity, to provide taste and texture, and to increase water retention capacity (Dervisoglu & Yazici, 2006).

The present study characterized fibers from byproducts of the orange juice industry with respect to their functional, physical and chemical properties. Furthermore, the fiber was used as a fat replacer in chocolate ice cream formulations. The ice creams were analyzed for chemical and sensorial differences.

2. Materials and methods

2.1. Orange fiber

Orange (*Citrus sinensis*) juice extraction waste was provided by the "Pure Juice" company, located in Porto Alegre (RS / Brazil). These waste components consisted of the orange peel, pulp and seeds that had been manually separated into two groups: peel, pulp (flavedo and albedo) and seeds (F1); and peel (F2). The raw material was collected in a single week and stored at -18 °C for further use.

The fiber samples were thawed at room temperature, manually cut into pieces of approximately 1 cm², and washed and sanitized in a sodium hypochlorite solution (150 mg/L) for 10 min. The samples were dehydrated in a tray dryer at 60 °C until the weight remained constant. After cooling to room temperature, the dried product was ground in a mill (Arbel, model MCF55, Brazil). The milled fiber was separated using sieves for particle size analysis (Bertel, Brazil); the separated

particles were smaller than 125 μm (mesh 115). The fiber was packed in a vacuum sealer (Fastvac, model F200, Brazil) and stored in the dark at room temperature.

2.2. Ice cream

The ingredients (UHT (Ultra High Temperature) skimmed milk, skimmed milk powder, cream with 35 % fat and sugar) for ice cream production were purchased from the local market. Glucose (Glucosoft), emulsifier 100 and POD super chocolate flavoring were acquired from Vidal Distributor Ltd. Machinery (Porto Alegre / RS / Brazil).

Table 1 shows the three ice cream formulations used in this work: a standard control ice cream (IC) with added fat (5 % fat), ice cream with orange peel fiber (ICF1) and ice cream with the fiber of the peel, bagasse and orange seed (ICF2).

Table 1

Formulation of the chocolate ice cream control (IC) and ice cream with orange fiber (ICF1 and ICF2)

Ingredients	Composition (%)		
	IC	ICF1	ICF2
Skim milk	-	74.13	74.13
Whole milk	64.41	-	-
Skim milk powder	-	0.74	0.74
Whole milk powder	5.00	-	-
Fiber from peel, bagasse and orange seed (F1)	-	0.74	-
Orange peel fiber (F2)	-	-	0.74
Cream pasteurized milk	5.74	-	-
Sugar	11.03	10.00	10.00
Glucose	4.19	1.11	1.11
Glucosoft	1.62	1.11	1.11
DPO super 100	3.16	7.41	7.41
Chocolate flavoring	4.85	4.76	4.76

The ice cream was produced in a batch processing plant located at the Vidal Ice Cream Machines and Products Company (Porto Alegre / RS / Brazil). The dry ingredients were mixed in a plastic container and added to pasteurized skim milk at 40 °C. The mixture was homogenized, pasteurized (pasteurizer 100 L/h capacity, Bertollo / Brazil), matured (maturation tank with 100 L, Bertollo / Brazil), placed in a discontinuous ice cream producer (GM200, Bertollo / Brazil) and beaten and frozen at -5 °C until the desired consistency was achieved. The ice cream was placed in 2 L polypropylene pots and stored at -18 °C.

2.3. Analysis

2.3.1. Dietary fiber composition

The total dietary fiber, soluble and insoluble, was determined by the enzyme-gravimetric method described by AOAC (1990), method 991.43.

2.3.2. Proximate composition

Both the fiber and ice cream were analyzed according to AOAC (1990). The total protein content was determined by the Kjeldahl method using the correction factor of 6.25 (for fiber) or 6.38 (for ice cream). The lipid content was determined using a Soxhlet extractor (Foss Soxtec, model 2055™, Denmark). The ice cream samples were hydrolyzed before lipid analysis. The ash content was performed in a muffle furnace (Elektro Therm Linn, 312.6 SO LM 1729, Germany) set to 550 °C. The moisture content was determined at 105 °C (DeLeo, model 48 TLK, Brazil). The carbohydrate content was determined by the difference. All analyses were performed in triplicate. The results were expressed as gram per 100 grams of dry matter (DM).

2.3.3. Physicochemical analyses

The water holding capacity (WHC) analysis of the fibers was performed according to Fernandez-Lopez et al. (2009) with minor modifications. Thirty milliliters of distilled water was added to 1 g of the powdered sample. The suspension was homogenized in a vortex (Quimis, Model Q920-A2, Brazil) for 1 min and left at room temperature for 24 h. After centrifugation ($3000 \times g$ for 20 min, Sigma, model 4K15, England) the supernatant was removed and the residue weighed. The water retention capacity was expressed in grams of water per gram of dry sample.

The oil holding capacity (OHC) of the fibers was determined in a similar manner as the WHC, except that distilled water was substituted by sunflower oil. The result was expressed as grams of oil per gram of dry sample.

The water activity (a_w) of the fibers was measured using a portable water activity meter (Rotronic, HygroPalm, Switzerland).

The solubility was determined according to Cano-Chauca, Stringheta, Ramos and Cal-Vidal (2005). Approximately 1 g of the sample was added to 100 mL of distilled water in a centrifuge tube. The suspension was homogenized using a vortex (Quimis, Model Q920-A2, Brazil) for 2 min and centrifuged ($3000 \times g$ for 5 min, Sigma, model 4K15, England). A 25 mL aliquot of the supernatant was transferred to a beaker and placed at 105 °C for approximately 5 h. The solubility (%) was then calculated by the difference in the weight.

The color analysis of the fiber samples was performed with a colorimeter (Minolta®, CR400, Japan) following the color system of the CIE- $L^*a^*b^*$, where the L^* value (brightness) ranges from

black (0) to white (100), the chroma a^* value ranges from green (-60) to red (+60) and the chroma b^* value ranges from blue (-60) to yellow (+60). The chroma C^* value and the hue angle (h_{ab}), referred to as the color system CIELCh according to Minolta (1993), were calculated by Equations 1 and 2.

$$\text{Croma } (C^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (2)$$

2.3.4. Total phenolic compound analysis

The determination of total phenolic compounds present in orange fiber was performed by the spectrophotometric method of Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). A 1.5 g sample was homogenized with 20 mL of methanol in an Ultra-Turrax homogenizer (IKA, Ultra-Turrax® T25 digital, Germany) for 2 min and centrifuged ($3000 \times g$ for 20 min, Sigma, model 4K15, England) at 4 °C. A 250 μL aliquot of the supernatant was diluted in 4 mL of distilled water. The control was prepared using 250 μL of methanol. A 125 μL aliquot of Folin-Ciocalteu 1 N was added and, after reacting for 3 min, 625 μL of Na_2CO_3 1 N was added. The mixture was incubated for 2 h at room temperature, and the absorbance was read at 725 nm in a UV-visible spectrophotometer (Amersham Biosciences, model Ultrospec 3000, England). The quantitation of phenolic compounds was performed using a standard curve of gallic acid with concentrations ranging from 0.02 mg/L to 0.50 mg/L. The results were expressed as milligrams of GAE per gram of dry sample (mg/g).

2.3.5. Analysis of carotenoids

The carotenoid extract was prepared according to Mercadante, Britton & Rodriguez-Amaya (1998). The pigments were extracted with chilled acetone until discoloration occurred, and the extract was saponified overnight with 10 % KOH in a methanol solution at room temperature. The extract was then washed to remove the alkali and concentrated in a rotary evaporator ($T < 35$ °C). The concentrated extract was transferred to an amber flask, dried under a nitrogen stream and stored at -18 °C for further analysis using high performance liquid chromatography (HPLC).

HPLC analysis was performed in an Agilent 1100 Series HPLC system equipped with a quaternary solvent pumping system (Waters Series 2695) and a UV/Vis detector (Waters Series 2487 Dual D). A 250 mm \times 4.6 mm i.d., 3 μm , C30 reversed phase polymeric column was used (YMC, Japan). The wavelength was adjusted to 450 nm. The mobile phase was water:methanol:tert-methyl butyl ether (MTBE) (J.T.Baker - Mallinckrodt, EUA) starting at 5:90:5, reaching 0:95:5 in 12 min, 0:89:11 in 25 min, 0:75:25 in 40 min and finally 0:50:50 after a total of 60 min, with a flow rate of 1 mL/min at 33 °C (Zanatta & Mercadante, 2007).

The carotenoids were quantified using standard curves of lutein (1 mg/L to 65 mg/L), zeaxanthin (1 mg/L to 40 mg/L), cryptoxanthin (4 mg/L to 100 mg/L), α -carotene (2 mg/L to 25 mg/L)

and β -carotene (5 mg/L to 50 mg/L). The limits of quantitation (LOQ) and detection (LOD) were, respectively, 10.89×10^{-2} mg/kg⁻¹ and 6.53×10^{-2} mg/kg⁻¹ for β -carotene and 9-cis- β -carotene, 1.15×10^{-2} mg/kg⁻¹ and 6.9×10^{-3} mg/kg for lutein, 3.51×10^{-2} mg/kg and 2.11×10^{-2} mg/kg for cryptoxanthin, 1.59×10^{-2} mg/kg and 9.56×10^{-2} mg/kg for zeaxanthin, 3.28×10^{-2} mg/kg and 1.97×10^{-2} mg/kg for α -carotene, 7.43×10^{-2} mg/kg and 4.46×10^{-2} mg/kg for β -carotene 5,6-epoxide and 7.43×10^{-2} mg/kg and 4.46×10^{-2} mg/kg for 13-cis- β -carotene. The carotenoids β -cryptoxanthin (purity > 97 %), β -carotene (purity > 93 %), α -carotene (purity > 95 %) and zeaxanthin (purity > 95 %) were purchased from Sigma Chemical (USA). Lutein (Purity > 95 %) was purchased from Indofine Chemical Company Inc. Hillsborough (USA). The results were expressed in milligrams per 100 grams of dry sample.

2.3.6. Sensory Analysis

The sensory evaluation of the ice cream samples was conducted using an acceptance test. Each analysis was performed by 50 untrained panelists between 18 and 60 years old. The samples were provided in 50 mL cups, with approximately 30 g of each sample coded with a three-digit random number. The acceptance of attributes such as appearance, color, odor, flavor, aftertaste, texture and overall acceptability were evaluated using a hedonic scale of 9 points. The consumers were asked whether they intended to purchase the ice cream with fiber as a fat replacer (Meilgaard, Civille, & Carr, 2007). The study had the permission of the University Ethical Committee (Protocol n:21912) and the participants were informed of every detail of the scope of the present research.

2.4. Statistical Analysis

The results were evaluated by analysis of variance (ANOVA) and Tukey test at significance level of 0.05 using the software Statistica 10.0. (STATSOFT Inc.).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Orange fiber

Two samples of orange fiber were produced: F1 (peel, pulp and seeds) and F2 (peel). Table 2 shows the composition of the samples. The total dietary fiber (TDF) mass fraction was approximately 63 % (DM) and showed no significant difference ($p < 0.05$) between samples. According to Larrauri (1999), products with a fiber content above 50 % can be regarded as a rich source of dietary fiber. The TDF values were similar to those found by Figuerola et al. (2005) for orange waste fiber (64.3 %). The differences in values might be related to different cultivars and varieties, as well as the maturation stage of the harvest.

Insoluble dietary fiber (IDF) is the largest fraction of orange fiber; however, a high amount of soluble dietary fiber (SDF) was also found (between 15.56 g/100 g and 17.36 g/100 g DM). The high content of both fractions indicates that consumption of orange fiber may result in positive

physiological effects. This could occur because soluble fiber is associated with decreased blood cholesterol and intestinal absorption of glucose, and insoluble fiber contributes to proper functioning of the intestinal tract (Grigelmo-Miguel, Gorinstein, & Martin-Belloso, 1999).

The SDF in orange fiber represents between 24.5 % and 27.4 % of the TDF, a higher content when compared to other fruits such as pomelo (7.3 % to 14.54 %) and lemon (9.15 % to 15.3 %) (Figuerola et al., 2005).

The IDF/SDF ratio is important because both fractions are complementary in their functional properties. To be accepted as a food ingredient, dietary fiber generally has an IDF/SDF ratio of approximately 2:1. According to this ratio (2:1), fibers from orange byproducts are considered high quality due to the physiological effects associated with both soluble and insoluble fibers and could be used as a food ingredient.

The proximate composition analysis showed that the fibers were significantly different in moisture, protein and ash contents, and F1 fiber (peel, bagasse and orange seed) showed the highest values of moisture and protein (Table 2).

Table 2

Physical and chemical properties of dietary fiber (g/100 g DM), and the IDF/SDF ratios of orange fibers F1 (peel, bagasse and seed fiber) and F2 (peel fiber)

	Orange Fiber	
	F1	F2
Moisture*	7.9 ± 0.2 ^a	7.1 ± 0.1 ^b
Protein*	8.93 ± 0.05 ^a	8.50 ± 0.03 ^b
Lipids*	1.85 ± 0.06 ^a	1.81 ± 0.01 ^a
Ash*	2.94 ± 0.03 ^b	3.03 ± 0.04 ^a
Carbohydrates¹	86.3	86.7
TDF*	63.6 ± 0.9 ^a	63.7 ± 0.06 ^a
IDF*	46.2 ± 2.3 ^a	48.2 ± 1.6 ^a
SDF*	17.4 ± 1.3 ^a	15.6 ± 1.5 ^a
IDF/SDF*	2.7:1 ^a	3.1:1 ^a
Water activity	0.43 ± 0.04 ^a	0.38 ± 0.01 ^a
WHC (g water/g fiber)	8.71 ± 0.31 ^b	9.63 ± 0.25 ^a
OHC (g oil/g fiber)	3.50 ± 0.16 ^a	3.63 ± 0.29 ^a
Solubility (%)	28.95 ± 0.32 ^a	28.90 ± 1.27 ^a
L*	67.22 ± 0.92 ^b	74.82 ± 0.05 ^a
a*	5.14 ± 0.18 ^a	1.60 ± 0.28 ^b
b*	33.43 ± 0.87 ^b	35.88 ± 0.72 ^a
C*	33.82 ± 0.88 ^b	35.92 ± 0.72 ^a
h	81.26 ± 0.10 ^b	87.39 ± 0.34 ^a

¹ Determined by difference; * Results are the means of three determinations ± standard deviation.

Different letters in the same line are significantly different as determined by Tukey test ($p \leq 0.05$).

The orange fibers showed low moisture contents (7.1 g/100 g to 7.9 g/100 g), similar to the values found for the peel of *Citrus sinensis* (7.53 g/100 g) (Chau & Huang, 2003), but lower when compared to the values of fiber from Valencia orange waste (10.5 g/100 g DM) (Figuerola et al., 2005). The lipid content (an important parameter) was approximately 1.83 g/100 g DM, lower than the values published by Chau & Huang (2003) (22.22 g/100 g DM) and Fernández-López et al. (2009) (4.43 g/100 g DM) for orange fibers and similar to the lipid content of orange peel flour (1.64 g/100 g DM) and orange pulp fiber (1.52 g/100 g DM) (Rincón et al., 2005).

The protein content of the F1 and F2 samples, 8.93 g/100 g and 8.50 g/100 g DM, respectively, were similar to the values published by Fernández-López et al. (2009) for orange fiber-products. The ash contents between the F1 and F2 samples were significantly different and were low, 2.94 g/100 g and 3.03 g/100 g DM, respectively, when compared to the results of Chau & Hung (2003) for orange peel (3.30 g/100 g DM) and Fernández-López et al. (2009) for orange byproduct fiber (4.52 g/100 g DM).

The F1 and F2 fibers had no significant difference in water activity (a_w), with water activities of 0.43 ± 0.04 and 0.38 ± 0.01 , respectively. These values are higher than those found by Fernández-López et al. (2009) for orange byproduct dietary fiber (0.26).

The water activity is directly related to food deterioration, from both microbial degradation and reactions of lipid oxidation or browning (Maillard). Microorganism growth and degradation reactions do not occur in foods with low water activity (less than 0.5). The ideal water activity in products with a low moisture content is between 0.11 and 0.40 (Fernández-López et al., 2009).

Fibers that have high hydration capacity can increase the viscosity of the food to which they are added (Figuerola et al., 2005). F1 and F2 samples showed a significant difference for water holding capacity (WHC), expressed in grams of water per gram of dry fiber (Table 3), with F2 fiber showing the highest WHC (9.63 g/g). Fernández-López et al. (2009) evaluated the WHC of orange byproduct fiber and found lower values (5.83 g/g) than those observed in the F1 and F2 fibers.

Values of F1 and F2 WHC were similar to those found by Grigelmo-Miguel & Martin-Belloso (1999a) (7.3 g/g to 10.32 g/g) for dietary fiber from different orange varieties. According to Grigelmo-Michael & Martin-Belloso (1999b), fibers with high WHC can be used as a functional food ingredient to reduce calories, to avoid syneresis, and to modify the viscosity and texture of the final product.

Studies on lemon waste fiber showed that an increase in particle size leads to an increase in WHC and OHC values, indicating that the particle size can affect these parameters (Lario et al., 2004).

The oil retention capacity of fiber is important to prevent fat loss during cooking, which is also beneficial for flavor retention (Thebaudin, Lefebvre, Harrington, & Bourgeois, 1997). The values of oil holding capacity (OHC) were $3.50 \text{ g/g} \pm 0.16 \text{ g/g}$ for F1 and $3.63 \text{ g/g} \pm 0.29 \text{ g/g}$ for F2 and showed no significant difference between samples (Table 3). The OHCs in the fibers (F1 and F2) were higher than values obtained by Fernández-López et al. (2009) for orange fiber products (2.15 g/g DM).

According to Thebaudin et al. (1997), the source of the fiber and its particle size can affect the oil holding capacity, and insoluble fiber can hold up to five times its weight in oil.

The solubility of dietary fiber relies on the nature of the glycidyl component and structural characteristics and is expressed as the percentage of the fraction that is solubilized under defined conditions (Thebaudin et al., 1997). The solubility of the fibers analyzed in this study was 28.9 % and was not significantly different (Table 2). Garau, Simal, Rosselló & Femenia (2007) evaluated the solubility of orange peel fiber (27.3 % to 37.8 %) and orange pulp fiber (25.9 % to 38.5 %) and concluded that the solubility was dependent on the fiber's dehydration temperature.

The color analysis showed that fibers F1 and F2 were significantly different for all color parameters (Table 2). The F2 fiber derived from orange peels had the highest lightness (L^*) value (74.82 ± 0.05). A similar result was obtained by Grigelmo-Miguel & Martin-Belloso (1999a) for orange fiber, where the luminance values ranged from 72.15 to 74.35 among different orange varieties analyzed, indicating that the color can be influenced by both variety and the stage of maturation.

F2 showed the lowest value in the a^* chromaticity coordinate and the highest value in the b^* coordinate, indicating that the F1 fiber (peel) is less red and more yellow than F2. The a^* and b^* values are used to calculate the chroma (C^*) values and the hue angle (h_{ab}). F2 had a greater C^* value, indicating an increase in its color intensity. The hue angle analysis showed that F2 is closer to 90° , which indicates yellow.

Color is one of the most important quality parameters in the process of drying foods and leads to darkening (reduced L^* and increased a^*) (Garau et al., 2007; Lario et al., 2004). The use of high temperatures and the length of the drying process can cause non-enzymatic browning reactions, such as the Maillard reaction. A washing process prior to drying prevents the darkening of the fiber due to sugar removal (Lario et al., 2004; Larrauri, 1999).

Phenolic compounds are one of the most diverse groups of secondary metabolites in edible plants and have been directly related to health-promoting agents associated with prevention of chronic degenerative diseases. These effects are attributed to their antioxidant activity (Balasundram, Sundram, & Samman, 2006).

The polyphenols extracted from samples of pulp fiber and orange peel fiber (F1 and F2) were determined using the Folin-Ciocalteu method, and the results were expressed as gallic acid equivalents (GAE). Statistical analysis showed that the samples did not differ in the content of total phenolic compounds, and F1 fiber contained 118.66 ± 4.10 mg/g while F2 fiber contained 124.97 ± 6.59 mg/g.

Citrus byproducts can be good sources of phenolic compounds, and peels are a major source of these compounds (Balasundram et al., 2006). A study by Goristein et al. (2001) identified that the total phenolic compound content in peels of lemons, oranges and grapefruits was 15 % higher than

that in peeled fruits. In this study, both fibers contain orange peel, but F1 is also composed of albedo and seeds.

Fernández-López et al. (2009) determined that the total phenolic compounds present in orange byproduct fibers were lower than the results reported in this study (40.67 mg/g). Lower levels were also reported by Alicia, Marina and Fanny (2005) in peel flours of orange (43.3 mg/g), tangerine (76.4 mg/g) and grapefruit (51.1 mg/g). The variability of the phenolic compound content can be attributed not only to various fruit varieties, but also to the use of various solvents and temperatures during the extraction process (Li, Smith & Hossain, 2006).

Drying processes, particularly at high temperatures and for long periods, can destroy phenolic compounds. Studies show that the drying temperature suitable to maintain the antioxidant activity of products is 60 °C, suggesting that the antioxidant compounds have a higher resistance to heat degradation (Li et al., 2006).

Table 3 shows the carotenoid content of F1 and F2 fibers. F2 fiber (orange peel) showed a higher content of total carotenoids including lutein, zeaxanthin and β -carotene. F1 fiber showed a higher content of cryptoxanthin and α -carotene. The total carotenoid contents of the F2 fiber was 1.21 mg/100 g, approximately 30 % more carotenoids than the F1 fiber (0.95 mg/100 g).

Table 3

Carotenoid composition of orange fibers F1 (peel, bagasse and seed fiber) and F2 (peel fiber)

Peak N°	Carotenoids	Retention time (min)	Concentration (mg/100 g (DM)) ¹	
			F1	F2
1	Lutein	17.6 - 17.9	0.47 ± 0.09 ^a	0.62 ± 0.10 ^a
2	Zeaxanthin	20.6 - 20.9	0.04 ± 0.01 ^b	0.15 ± 0.01 ^a
3	Cryptoxanthin	31.1 - 31.4	0.10 ± 0.004 ^a	0.04 ± 0.002 ^b
4	α -carotene	37.6 - 38.0	0.13 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.003 ^b
5	β -carotene	42.1 - 42.6	0.20 ± 0.01 ^b	0.33 ± 0.01 ^a
Total Carotenoids			0.95 ± 0.09 ^b	1.21 ± 0.11 ^a

¹ Results are means of three determinations ± standard deviation. Different letters in the same line are significantly different as determined by Tukey test ($p \leq 0.05$).

The lutein was the carotenoid with the highest content in both orange fibers. Wang, Chuang and Hsu (2008) analyzed the carotenoid profile in orange peels and also found lutein among the major compounds.

The results indicate that carotenoids are concentrated in the peel because F2 fiber obtained only from the peel showed higher carotenoid contents than F1 fiber that contained peel, bagasse and seed. This finding was also observed by Wang, Chuang and Ku (2007) and Wang et al. (2008), who analyzed the total carotenoid content of citrus fruits and their peels and found that the total carotenoid content of oranges was 0.080 mg/g for the whole fruit (DM) and 0.445 mg/g for the peel (DM).

Alicia et al. (2005) examined the total carotenoid content in orange peel flour (2.25 mg/100 g DM), tangerine peel flour (11.03 mg/100 g DM) and pomelo peel flour (2.31 mg/100 g DM) and found higher contents than those reported in this study. The carotenoid composition in foods is affected by factors such as cultivar or variety, plant parts, climate, stage of maturity, harvesting and post-harvest handling, processing and storage (Rodriguez-Amaya, 2001).

The effect of temperature and processing on the carotenoid content still generates controversy among researchers. Fratianni et al. (2010) evaluated the carotenoid degradation in orange juice at different time/temperature conditions and concluded that lutein and carotenoids with provitamin-A activity were stable at temperatures of 60 °C to 70 °C, but at 85 °C or above, 50 % of the initial carotenoid was degraded. Industrial processing (extraction and pasteurization) resulted in a reduction of the total carotenoid content in orange juice. Conversely, mechanical processing reduces the size of the particles, improving carotenoid bioaccessibility (Stinco, Fernandez-Vazquez, Razor-Escudero, Heredia, Melendez-Martinez, & Vicario, 2012).

3.2. Ice Cream

Ice cream with orange fiber as a fat replacer had a lower lipid content, differing significantly from standard ice cream (Table 4).

Table 4

Proximal composition of ice cream (control (IC) and fiber (ICF1 and ICF2))

Ice Cream	Moisture (%)³	Protein (%)^{1,3}	Lipids (%)^{1,3}	Ash (%)^{1,3}	Carbohydrates (%)^{1,2,3}
IC	63.03 ± 0.44 ^c	12.87 ± 0.19 ^a	18.52 ± 0.02 ^a	3.41 ± 0.08 ^c	65.20 ± 0.20 ^b
ICF1	69.26 ± 0.08 ^a	12.48 ± 0.26 ^{ab}	5.32 ± 0.08 ^b	3.69 ± 0.04 ^b	78.51 ± 0.18 ^a
ICF2	66.83 ± 0.37 ^b	12.09 ± 0.38 ^b	5.15 ± 0.05 ^c	4.31 ± 0.02 ^a	78.46 ± 0.38 ^a

¹ Values on a dry basis (% = g/100 g); ² Determined by difference; ³ Different letters in the same columns are significantly different as determined by Tukey test ($p \leq 0.05$).

The average reduction in fat content of ice cream with added fiber compared to the control cream was 72 %. This result was higher than that published by Prindiville, Marshall & Heymann (2000) who achieved a reduction of 65 % to 68 % in fat content of chocolate ice cream by adding several fat replacers based on proteins.

The sensorial analysis showed that attributes such as color, odor and texture do not differ among the ice cream samples (Table 5). Flavor, aftertaste, texture and overall acceptability were the parameters that showed significant differences among the samples, and the control ice cream (C) had the highest values. The low scores for residual flavor observed for the ice cream with added fiber may be related to the presence of a bitter taste from the fiber. This finding indicates the need of a

pretreatment to reduce the compounds responsible for the bitterness present in the orange bagasse and peel. The buying intention of ice cream with added fiber (ICF1 and ICF2) was 74 %.

Table 5

Acceptance of the sensory attributes of ice cream (control (C) and fiber (ICF1 and ICF2))

Attributes	Ice cream ¹		
	C	ICF1	ICF2
Color	8.12 ± 1.04 ^a	7.68 ± 1.36 ^a	8.02 ± 0.74 ^a
Odor	7.31 ± 1.35 ^a	7.24 ± 1.30 ^a	7.64 ± 1.16 ^a
Flavor	8.12 ± 0.94 ^a	6.96 ± 1.50 ^b	6.70 ± 1.44 ^b
Aftertaste	7.70 ± 1.11 ^a	6.22 ± 1.59 ^b	6.18 ± 1.73 ^b
Texture	8.06 ± 1.28 ^a	7.04 ± 1.70 ^a	7.56 ± 1.46 ^a
Overall acceptability	8.10 ± 0.68 ^a	7.20 ± 1.41 ^b	7.12 ± 1.12 ^b

¹Different letters on the same line are significantly different as determined by Tukey test ($p \leq 0.05$).

Dervisoglu and Yazici (2006) also obtained lower scores for ice cream with added citrus fiber compared to a control sample without fiber. Prindiville et al. (2000) indicated that fat replacers based on protein modification resulted in chocolate ices and sorbets that were darker and less tender.

4. Conclusion

Based on the results from tests conducted on dietary fiber, fibers from byproducts of the orange juice industry can be used as ingredients in the food industry, particularly for their nutritional and functional characteristics. The fibers had high total dietary fiber content and a good ratio between soluble and insoluble fibers, which is important in gut regulation and prevention of various diseases.

Regarding functional properties, the fibers showed good results for WHC and OHC, allowing its application in the formulation of food products in order to improve texture and reduce the caloric value. Both fibers (F1 and F2) were a good source of phenolic compounds and carotenoids.

Orange fiber is a good alternative as a fat replacer in ice cream making due to its nutritional and functional properties and particularly due to the reduction of approximately 70 % of the fat content of ice cream (without significant changes in properties such as color, odor and texture). Nevertheless, it is necessary to develop a pretreatment of orange fibers to improve the acceptance of flavor and aftertaste and to thus increase the overall acceptance scores. Regarding the consumer intent to purchase, 74 % of the panelists would buy the ice cream with the fat replacer.

References

Alicia, M. R., Marina, V. A., & Fanny, C. P. (2005). Chemical composition and bioactive compounds of flour of orange (*Citrus sinensis*), tangerine (*Citrus reticulata*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) peels cultivated in Venezuela. *Archivos Latinoamericanos De Nutricion*, 55, 305-310.

AOAC (1990). *Official methods of analysis*. 15th ed., vol 2. Association of Official Analytical Chemist, Arlington.

Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, *99*, 191-203.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *6*, 420-428.

Chau, C. F., & Huang, Y. L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*, 2615-2618.

Dervisoglu, M., & Yazici, F. (2006). Note. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology International*, *12*, 159-164.

Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda-Martos, M., & Pérez-Alvarez, J. A. P. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International Journal of Food Science and Technology*, *44*, 748-756.

Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, *91*, 395-401.

Fратиани, A., Cinquanta, L., & Panfili, G. (2010). Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. *LWT - Food Science and Technology*, *43*, 867-871.

Garau, M. C., Simal, S., Rosselló, C., & Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*, *104*, 1014-1024.

Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y.-S., Haruenkit, R., Lojek, A., Číž, M., Caspi, A., Libman, I., & Trakhtenberg, S. (2001). Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*, *74*, 309-315.

Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S., & Martín-Belloso, O. (1999). Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, *65*, 175-181.

Grigelmo-Miguel, N., & Martin-Belloso, O. (1999a). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. *Food Research International*, 31, 355-361.

Grigelmo-Miguel, N., & Martin-Belloso, O. (1999b). Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. *LWT - Food Science and Technology*, 32, 503-508.

Lario, Y., Sendra, E., García-Pérez, J., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 113-117.

Larrauri, J. A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 10, 3-8.

Li, B. B., Smith, B., & Hossain, M. M. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels I. Solvent extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48, 182-188.

Marín, F. R., Soler-Rivas, C., Benavente-García, O., Castillo, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*, 100, 736-741.

Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques*. (4th ed). Boca Raton: CRC Press.

Mercadante, A. Z., Britton, G., & Rodriguez-Amaya, D. B. (1998). Carotenoids from Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4102-4106.

Minolta. (1993). *Precise color communication: Color control from feeling to instrumentation*. Osaka: Minolta Camera Co. Ltd.

O'Shea, N., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. ARTICLE IN PRESS

Prindiville, E. A., Marshall, R. T., & Heymann, H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, 83, 2216-2223.

Rincón, A. M., Vásquez, M. A., & Padilla, F. C. (2005). Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cascaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y

toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55, 305-310.

Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington, DC: International Life Sciences Institute Press.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

Stinco, C. M., Fernandez-Vazquez, R., Escudero-Gilete, M. L., Heredia, F. J., Melendez-Martinez, A. J., & Vicario, I. M. (2012). Effect of Orange Juice's Processing on the Color, Particle Size, and Bioaccessibility of Carotenoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 1447-1455.

Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M., & Bourgeois, C. M. (1997). Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 41-48.

Wang, Y.-C., Chuang, Y.-C., & Hsu, H.-W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106, 277-284.

Wang, Y.-C., Chuang, Y.-C., & Ku, Y.-H. (2007). Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 102, 1163-1171.

Zanatta, C. F., & Mercadante, A. Z. (2007). Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Food Chemistry*, 101, 1526-1532.

CAPÍTULO 4:

EFEITO DA FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO DE GORDURA EM SORVETES DE CHOCOLATE

Artigo submetido para publicação na revista Boletim do Centro de Pesquisa do Processamento de Alimentos.

RESUMO

A busca por alimentos mais saudáveis tem levado ao desenvolvimento de novos produtos, principalmente aqueles com reduzido teor de gordura. Este trabalho teve como objetivo desenvolver sorvete de chocolate utilizando fibra obtida de subprodutos da indústria de suco laranja como substituto de gordura. A fibra foi submetida a diferentes tratamentos, sendo avaliado o seu efeito nas propriedades físico-químicas e sensoriais dos sorvetes. Foram elaboradas uma formulação controle com gordura (SC) e três com teor reduzido de gordura, sendo uma adicionada de fibra de laranja bruta (SF), a segunda com fibra de laranja após tratamento de hidrodestilação (SF1) e a terceira com fibra de laranja após imersão em água por dois dias (SF2). A adição de fibra de laranja nos sorvetes de chocolate proporcionou uma redução média de 75 % no teor de gordura, sem alterar significativamente ($p \leq 0,05$) propriedades físicas como o derretimento e alguns atributos sensoriais como cor e aroma. Os tratamentos aplicados às fibras não resultaram em melhora nos atributos sabor e sabor residual. O sorvete SF teve a maior aceitação global e a maior intenção de compra (74 %) quando comparado com as formulações SF1 (72 %) e SF2 (44 %).

PALAVRAS-CHAVE: FIBRA DE LARANJA; SORVETE; SUBSTITUTO DE GORDURA.

ABSTRACT

The search for healthier foods had provided the developed of new products, especially ones with reduced fat. This study aimed to develop a chocolate ice cream using fiber from by-products of orange juice industry as fat replacer. The fiber was subjected to different treatments, and the effects on ice cream physicochemical properties and sensory characteristics were evaluated. The ice creams formulations were a standard fat ice cream as control (SC) and three fat reduction ice creams prepared with crude orange fiber (SF), orange fiber after hydrodistillation treatment (SF1) and orange fiber after immersion in water for two days (SF2). The addition of orange fiber in chocolate ice cream provided

an average reduction of 75 % in fat content, without significant changes ($p \leq 0.05$) on melting rate and sensory attributes as color and aroma. The treatments applied in the fibers did not improve the taste and aftertaste attributes. The ice cream SF showed the highest overall acceptance and highest purchase intent (74 %) compared with the formulations SF1 (72 %) and SF2 (44 %).

KEYWORDS: ORANGE FIBER; ICE CREAM; FAT REPLACE.

1. Introdução

A relação entre alimentação e saúde aliada a busca permanente da indústria por inovações têm proporcionado o surgimento de novos produtos, que além de seu conhecido papel nutricional apresentam propriedades funcionais. As indústrias alimentícias vêm explorando a relação entre o consumo de determinados ingredientes com a redução de fatores de risco para algumas doenças (SALES *et al.*, 2008).

Dentre os constituintes alimentares com propriedades funcionais, destacam-se as fibras, que correspondem a mais de 50 % do total dos ingredientes utilizados em todo o mundo (SAURACALIXTO, 2006). As fibras dietéticas vêm sendo utilizadas em produtos alimentícios não apenas para propiciar efeitos benéficos sobre a saúde, mas também como potencial substituto de gordura (MENDOZA *et al.*, 2001).

Atualmente há uma tendência na busca de novas fontes de fibras alimentares (FA), tais como de subprodutos agrônômicos que eram tradicionalmente subestimados, como o caso dos resíduos gerados pela indústria de suco de laranja (RODRÍGUEZ *et al.*, 2006). Nessa indústria cerca de 50 % da matéria-prima é transformada em subprodutos do processamento, que representam sérios problemas, por possuírem limitadas aplicações de uso e serem de fácil contaminação microbiológica (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009).

O sorvete é um produto de boa aceitação no mundo todo, sendo que no Brasil há uma ótima perspectiva para seu crescimento comercial. Segundo dados da Associação Brasileira de Indústrias de Sorvetes, o consumo per capita aumentou 58,9 % entre 2003 e 2011 (ABIS 2011; SOUZA *et al.*, 2010).

O consumo de alimentos com reduzido teor de gordura vem sendo uma opção para muitos indivíduos preocupados com a saúde. Os sorvetes contêm em média entre 10 % e 16 % de gordura, porém nos últimos anos as indústrias do setor vêm desenvolvendo produtos com menores teores ou até mesmo livres de gordura (AKALM, KARAGÖZLÜ e ÜNAL, 2008). Para essa redução podem ser utilizados substitutos de gordura à base de carboidratos ou proteínas.

Prindiville, Marshall e Heymann (2000) avaliaram os efeitos de dois substitutos de gordura à base de proteínas (Simplese® e Dairy Lo™) na elaboração de sorvete de chocolate, observando que o Simplese® foi similar a gordura do leite nos efeitos de cor, aroma e estabilidade de textura.

Os efeitos da fibra de citrus nas propriedades físicas, químicas e sensoriais de sorvete foram avaliados por Dervisoglu & Yazici (2006). Três tipos de sorvetes foram elaborados: sorvetes com estabilizante/emulsificante, sorvete com fibra de citrus e sorvetes com estabilizante/emulsificante e fibra de citrus. A fibra de citrus não melhorou a viscosidade, o *overrun* e as propriedades sensoriais das amostras, mas teve um efeito positivo sobre a resistência à fusão.

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um sorvete de chocolate com redução de gordura, utilizando como substituto de gordura fibra obtida de subprodutos da indústria de suco de laranja e submetida a diferentes tratamentos, bem como avaliar o seu efeito na qualidade dos sorvetes.

2. Material e Métodos

2.1. Formulação

Foram realizadas quatro formulações de sorvete, sendo uma controle (SC) com sorvete padrão (5 % gordura saturada) e outras três com fibra de laranja (0,74 % de fibra) e sem adição de gordura saturada. A formulação controle foi obtida da literatura e as formulações SF, SF1 e SF2 foram obtidas através de testes preliminares substituindo a gordura por fibra (Tabela 1). Foram utilizadas três fibras diferentes: fibra de casca de laranja sem tratamento (SF), fibra de laranja submetida a tratamento por hidrodestilação (SF1) ou por imersão em água durante 2 dias (SF2).

Tabela 1

Formulações do sorvete de chocolate controle - SC (5 % de gordura saturada), SF (fibra de laranja sem tratamento), SF1 (Fibra de laranja tratamento 1) e SF2 (fibra de laranja tratamento 2).

Ingredientes	Composição (%)			
	SC	SF	SF1	SF2
Leite desnatado	-	74,13	74,13	74,13
Leite integral	64,41	-	-	-
Leite em pó desnatado	-	0,74	0,74	0,74
Leite em pó integral	5,00	-	-	-
Fibra s/tratamento	-	0,74	-	-
Fibra tratamento 1	-	-	0,74	-
Fibra tratamento 2	-	-	-	0,74
Nata	5,74	-	-	-
Açúcar	11,03	10,00	10,00	10,00
Glicose	4,19	1,11	1,11	1,11
Dextrose	1,62	1,11	1,11	1,11
Estabilizante	3,16	7,41	7,41	7,41
Aroma de chocolate	4,85	4,76	4,76	4,76

SC: formulação controle (5 % gordura); SF: formulação com 0,74 % de fibra de laranja; SF1: formulação com 0,74 % de fibra de laranja submetida a tratamento 1; SF2: formulação com 0,74 % de fibra de laranja submetida a tratamento 2.

2.2 Produção das fibras de laranja

Para a produção das fibras foram utilizados subprodutos da extração de suco de laranja (*Citrus sinensis*) cedidos pela indústria Puro Suco, Porto Alegre (RS). Os subprodutos apresentavam em sua composição resíduos sólidos, como cascas de laranja, albedos, flavedos e sementes. Para obtenção da fibra os resíduos foram cortados manualmente em pedaços pequenos 1 cm², lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (150 mg/L) por 10 min. Depois foram secos em secador de circulação de ar forçado a 60 °C, após resfriamento a temperatura ambiente os resíduos secos foram triturados em moinho e a fibra obtida foi separada em peneiras (Bertel, Brasil), obtendo tamanho inferior a 115 mesh. A fibra foi colocada em embalagens plásticas submetidas a vácuo, em seladora (Fastvac, modelo F200, Brasil) e armazenada sob ausência de luz. Na obtenção da fibra de laranja adicionada ao SF1, o subproduto da laranja teve o óleo essencial extraído por processo contínuo em aparelho tipo-Clevenger (Destilação por Arraste de Vapor D'água), durante aproximadamente 3 horas. A fibra da formulação SF2, foi imersa em água durante 2 dias, sendo a água trocada 2 vezes por dia. Os subprodutos submetidos aos dois tratamentos foram secos em secador de circulação de ar forçado, desenvolvido da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a 60 °C, resfriados a temperatura ambiente, triturados em moinho (Arbel, modelo MCF55, Brasil) e separados em peneiras (Bertel, Brasil), obtendo tamanho inferior a 115 mesh. As fibras foram colocadas em embalagens plásticas, submetidas a vácuo, em seladora (Fastvac, modelo F200, Brasil) e armazenadas sob ausência de luz.

2.3 *Produção do sorvete*

2.3.1 *Material*

Os ingredientes (leite desnatado UHT, leite em pó desnatado, creme de leite com 35 % de gordura, açúcar) foram adquiridos no mercado local. A glicose, dextrose (Glucosoft), estabilizante (DPO super 100) e o saborizante de chocolate foram adquiridos na empresa Vidal Distribuidora de Máquinas LTDA.

2.3.2 *Processamento*

Para a produção do sorvete foi utilizada uma planta de processamento descontínuo, situada na empresa Vidal Máquinas e Produtos para Sorvetes, na cidade de Porto Alegre.

Os ingredientes secos foram misturados ao leite desnatado pasteurizado e após aquecido a 40 °C. Foi realizada a homogeneização, pasteurização (pasteurizador de 100 L/h de capacidade, Bertollo/Brasil) e maturação da calda (tina de maturação com 100 L, marca Bertollo/Brasil).

Posteriormente, a calda foi colocada em uma produtora de sorvete (produtora descontínua GM200, Bertollo/Brasil) para a realização do batimento e congelamento a -5 °C até obter a consistência desejada. O sorvete foi depositado em potes de 2 litros de polipropileno e estocado em freezer a -18 °C para completar o endurecimento e assim conservados até o momento das análises.

2.4 *Análises físicas e químicas*

Os sorvetes foram analisados em triplicata no Laboratório de Compostos Bioativos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As análises químicas para proteína (N x 6,38), carboidratos, lipídeos, umidade e cinzas foram realizadas segundo metodologias da AOAC (1990).

As análises de cor foram realizadas em colorímetro Minolta® CR400, seguindo o sistema de cor no espaço $L^*a^*b^*$ ou CIE- $L^*a^*b^*$, definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores L^* (luminosidade), a^* , b^* (coordenadas de cromaticidade). Foram calculados também o valor do croma ou C^* e do h_{ab} ou ângulo de tonalidade, referidos como sistema de cor CIELCh, de acordo com Minolta (1993), por meio das Equações 1 e 2.

$$\text{Croma } (C^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (2)$$

A taxa de derretimento dos sorvetes foi medida de acordo com Ohmes, Marshall e Heymann (1998) com algumas adaptações. As amostras utilizadas nos testes foram armazenadas a -18 °C durante 24 horas. Primeiramente as amostras (70 g) foram colocadas em câmara de incubação, sem corrente de ar, a temperatura de 25 °C ± 1 °C, no topo de uma tela de arame, com malhas de 1 cm²,

localizada sobre um becker previamente tarado. Depois de 30 minutos o becker com amostra foi substituído e o sorvete derretido foi pesado. Tal processo foi repetido em intervalos de 10 minutos durante 70 minutos. O experimento foi realizado em triplicata para todas as amostras. A taxa de derretimento foi calculada através da regressão linear dos dados da porcentagem de sorvete derretido contra o tempo, sendo a taxa de derretimento o coeficiente angular da reta.

2.5 *Análise sensorial*

As amostras de sorvete foram avaliadas sensorialmente, pelo teste de aceitação (MEILGAARD, 2007). Cada análise foi realizada por uma equipe composta por 50 provadores não treinados, do sexo masculino e feminino.

Neste teste foi avaliada a aceitação de atributos como aparência, cor, odor, sabor, sabor residual, textura e a aceitação global, utilizando-se a escala hedônica estruturada de nove pontos, onde 1 equivale a “desgostei muitíssimo” e 9 a “gostei muitíssimo” (DUTCOSKY, 1996). Também foi avaliada a intenção de compra de cada um dos sorvetes (SF1, SF2 e SF3).

As amostras foram servidas em copos descartáveis de 50 mL, com cerca de 30 g de cada amostra, codificados com números de três dígitos aleatórios. Os testes foram realizados no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

COMITÊ DE ÉTICA: Para participar da pesquisa, todos os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Protocolo nº 21912).

2.6 *Análise estatística*

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (Tukey) a nível de 5 % de probabilidade, através do programa Statistica 10.0 (StatSoft Inc.).

3. Resultados e Discussão

3.1 *Composição proximal*

O teor de umidade foi significativamente ($p \leq 0,05$) superior nos sorvetes com teor de gordura reduzido, elaborados com as fibras submetidas aos tratamentos 1 e 2 (SF1 e SF2), quando comparadas as demais formulações (Tabela 2). O sorvete controle foi o que apresentou menor teor de umidade e segundo Pinheiro & Penna (2004) quanto maior a quantidade de gordura, menor a quantidade de água do produto.

Tabela 2

Composição proximal do sorvete controle (SC), sorvete c/ fibra de laranja (SF), sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 1 (SF1) e sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 2 (SF2).

	Umidade (%) ³	Proteínas ^{1,3} (%)	Lipídeos ^{1,3} (%)	Cinzas ^{1,3} (%)	Carboidratos ^{1,2,3} (%)
SC	63,03 ± 0,45 ^c	12,87 ± 0,15 ^{ab}	18,53 ± 0,2 ^a	3,41 ± 0,11 ^b	65,20 ± 0,40 ^c
SF	69,26 ± 0,08 ^b	12,48 ± 0,29 ^{ab}	5,15 ± 0,25 ^b	3,69 ± 0,04 ^a	78,67 ± 0,45 ^{ab}
SF1	70,52 ± 0,38 ^a	13,95 ± 0,94 ^a	4,89 ± 0,02 ^{bc}	3,86 ± 0,17 ^a	77,30 ± 1,01 ^b
SF2	70,87 ± 0,06 ^a	11,64 ± 1,00 ^b	4,53 ± 0,13 ^c	3,80 ± 0,04 ^a	80,03 ± 1,06 ^a

¹valores em base seca (% = g / 100 g); ² calculado por diferença; ³ Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os sorvetes elaborados com as fibras de laranja (SF, SF1 e SF2) apresentaram um menor valor no teor de lipídeos, diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) quando comparado ao sorvete padrão. O sorvete elaborado com a adição da fibra submetida a tratamento 2 (SF2), foi que apresentou o menor teor de lipídeos, contudo não diferindo significativamente do SF1. Houve uma redução média de 75 % de gordura dos sorvetes SF, SF1 e SF2 em relação ao SC, valor superior ao obtido por outros autores que utilizaram substitutos de gordura a base de proteína do leite e inulina.

Prindiville, Marshall e Heymann (2000) utilizaram dois substitutos de gordura a base de proteína (Simplese® e Dairy Lo™) em sorvete de chocolate e obtiveram uma redução de gordura de 68,2 % quando comparado ao sorvete padrão (com gordura). Resultados semelhantes também foram obtidos por Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) que adicionaram proteína isolada do soro de leite e inulina como substitutos de gordura, sendo que o sorvete com menor teor de lipídeos em relação ao padrão foi o sorvete adicionado apenas de inulina, com uma redução de 67,7 %.

O teor de cinzas e carboidratos das amostras de sorvete com fibra (SF, SF1 e SF2) foi significativamente ($p \leq 0,05$) maior que o sorvete controle.

3.2 Cor

Os valores de luminosidade (L^*) obtidos para as amostras (Tabela 3) de SC e SF foram muito próximos não havendo diferença significativa entre eles, porém ambos apresentaram resultados superiores aos sorvetes SF1 e SF2. A mudança na luminosidade pode estar associada ao tratamento realizado nas fibras adicionadas aos sorvetes SF1 e SF2. O tratamento 1 (SF1) pode resultar em escurecimento não enzimático associado a degradação dos carotenoides devido ao calor.

Roland, Phillips e Boor (1999) analisaram os parâmetros de cor em sorvetes com diferentes concentrações de gordura e verificaram que a luminosidade elevou-se conforme o aumento no teor de gordura, fato observado nesse estudo.

Os valores obtidos para as coordenadas a^* e b^* foram significativamente ($p \leq 0,05$) maiores no SF quando comparada aos demais sorvetes, indicando que a adição de fibra de laranja contribuiu para o aumento da cor vermelha (a^*) e da cor amarela (b^*) nas amostras, o que era esperado devido adição da fibra de laranja bruta, sem nenhum tratamento (Tabela 3).

Dervisoglu e Yazici (2006) obtiveram resultados semelhantes ao avaliarem o efeito da adição da fibra de laranja sobre a cor do sorvete. O sorvete SF1 não apresentou diferença significativa em relação ao SC, quando analisadas as coordenadas a^* e b^* .

Os valores de a^* e b^* foram utilizados para calcular os valores de croma (C^*) e o ângulo hue (h_{ab}). Verificou-se que o SF teve um maior valor de C^* , indicando aumento na intensidade de sua cor. De acordo com o ângulo “hue”, identifica-se que a SF1 está mais próxima do ângulo de 90° , que indica mais proximidade com a coloração amarela.

Tabela 3

Resultados das análises físicas do sorvete controle (SC), sorvete c/ fibra de laranja (SF), sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 1 (SF1) e sorvete com fibra de laranja submetida a tratamento 2 (SF2).

	SC	SF	SF1	SF2
L	$47,24 \pm 2,34^a$	$46,13 \pm 0,92^a$	$37,02 \pm 0,85^b$	$38,05 \pm 2,54^b$
a^*	$13,39 \pm 0,49^c$	$14,63 \pm 0,10^a$	$13,76 \pm 0,31^c$	$12,15 \pm 0,25^b$
b^*	$16,89 \pm 0,54^b$	$19,86 \pm 0,64^a$	$17,03 \pm 0,21^b$	$16,06 \pm 0,42^b$
C^*	$21,56 \pm 0,70^b$	$24,67 \pm 0,52^a$	$21,90 \pm 0,26^b$	$20,14 \pm 0,24^c$
h_{ab}	$51,59 \pm 0,47^{ab}$	$53,61 \pm 0,93^a$	$51,06 \pm 0,73^c$	$52,87 \pm 1,21^{ab}$
Taxa de derretimento (% min^{-1})	$2,48 \pm 0,08^{ab}$	$2,34 \pm 0,17^b$	$2,55 \pm 0,06^{ab}$	$2,67 \pm 0,13^a$

* Resultados são médias de três determinações \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.3 Taxa de derretimento

O comportamento do sorvete durante o derretimento (taxa de derretimento) foi analisado através dos dados da porcentagem de sorvete derretido contra o tempo (Tabela 3). O sorvete que obteve a maior taxa de derretimento foi o SF2, porém essa diferença não foi significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao SC e o SF1. A formulação SF foi o que apresentou a menor taxa de derretimento, entretanto a taxa também não foi significativa quando comparada ao SC e SF1.

Estudo realizados por Prindiville, Marshall e Heymann (1999) e Roland, Phillips e Boor (1999), concluíram que sorvetes com maior teor de gordura apresentam menor velocidade de derretimento, o que não foi verificado nesse estudo, pois não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre a velocidade de derretimento do sorvete controle (SC) em relação aos sorvetes com fibra de laranja (SF, SF1 e SF2).

El-Nagar *et al.* (2002) demonstraram uma relação direta entre os níveis de inulina e a taxa de derretimento dos sorvetes de iogurte com reduzido teor de gordura, evidenciando que uma maior concentração de inulina ocasionou uma diminuição na taxa de derretimento. Em contraste com esses resultados, estudo realizado por Akalin, Karagözlü e Ünal (2008) concluiu que sorvetes com reduzido e com baixo teor de gordura adicionados de inulina derreteram mais rapidamente que o sorvete padrão (com adição de gordura).

Nabeshima *et al.* (2001) avaliaram o efeito de substituto de gordura (“Simplese” 100) e substituto de sacarose (“Litesse”) nas propriedades físicas de sorvete de baunilha, verificando que a velocidade de derretimento dos sorvetes formulados com substitutos de gordura e sacarose foi maior que a obtida com a amostra padrão.

3.4 Análise sensorial

Os sorvetes foram submetidos à análise sensorial para verificar a aceitação de atributos como cor, odor, sabor, sabor residual, textura e aceitação global (Tabela 4).

Tabela 4

Aceitação sensorial dos atributos dos sorvetes (controle (SC), com fibra de laranja (SF), com fibra de laranja submetida a tratamento 1 (SF1) e com fibra de laranja submetida a tratamento 2 (SF2)).

Atributos	Produto ¹			
	SC	SF	SF1	SF2
Cor	8,12 ± 1,04 ^a	7,68 ± 1,36 ^{ab}	8,00 ± 0,92 ^a	7,28 ± 1,37 ^b
Odor	7,31 ± 1,35 ^a	7,24 ± 1,30 ^{ab}	7,36 ± 1,38 ^a	6,62 ± 1,40 ^b
Sabor	8,12 ± 0,94 ^a	6,96 ± 1,50 ^b	6,78 ± 1,50 ^{bc}	6,22 ± 1,47 ^c
Sabor residual	7,70 ± 1,11 ^a	6,22 ± 1,59 ^b	6,40 ± 1,59 ^b	5,92 ± 1,59 ^b
Textura	8,06 ± 1,28 ^a	7,04 ± 1,70 ^b	7,36 ± 1,78 ^{ab}	6,58 ± 1,68 ^b
Aceitação Global	8,10 ± 0,68 ^a	7,20 ± 1,41 ^b	6,98 ± 1,35 ^{bc}	6,42 ± 1,31 ^c

¹ Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A partir dos resultados obtidos através da análise sensorial verificou-se que em relação aos atributos de cor, odor e textura não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras de sorvete com fibra SF e SF1, quando comparadas ao sorvete controle (SC). Quanto ao atributo textura a amostra de sorvete com fibra, submetida ao tratamento 1 (SF1), apresentou características similares ao sorvete controle, não havendo diferença entre elas.

Os resultados da avaliação sensorial em relação aos atributos de sabor e sabor residual indicaram que a adição de fibra nos sorvetes prejudicou o sabor e o sabor residual, sendo obtidas médias significativamente menores em relação ao padrão. As notas baixas para esses atributos podem estar associadas à presença de sabor amargo decorrente da fibra, indicando que nenhum dos

tratamentos aplicados foi suficiente para reduzir os compostos responsáveis pelo amargor presente na casca e no bagaço da laranja.

Dervisoglu e Yazici (2006) avaliaram as propriedades sensoriais de sorvetes adicionados de fibra de frutas cítricas e também obtiveram notas menores para os atributos analisados quando comparados com uma amostra controle, sem fibras.

Dos sorvetes com adição de fibra e redução de gordura, o SF foi o que obteve aceitação global de 80 %, porém não apresentou diferença significativa do SF1 (78 %), indicando que os tratamentos não melhoram a aceitação global dos sorvetes. Observando-se as porcentagens de aceitação para o SF e SF1 nota-se que ambas as amostras são boas alternativas de mercado.

A substituição da gordura em sobremesa de chocolate congelada também provocou alterações nos atributos sensoriais de textura, sabor, sabor residual e aceitação global. A adição de goma de quiabo em substituição a gordura do leite reduziu significativamente em 10 % a 12 % as notas médias das amostras, com substituição de 100 % da gordura pela goma, em relação aos atributos de textura, sabor e aceitação global e uma redução de 22 % em relação ao sabor residual. (ROMANCHIK-CERPOVICZ, COSTANTINO e GUNN, 2006).

Segundo Karaca *et al.*, (2009) a gordura atua como solvente para compostos de aroma e sabor, e muitas vezes servem como um reservatório, liberando lentamente o *flavor*, sendo assim a falta de gordura também pode ter influenciado de maneira negativa no sabor dos sorvetes com redução de gordura e adição de fibras.

A intenção de compra realizada nos sorvetes indicou que 74 % dos julgadores compraria a amostra SF, 72 % comprariam o sorvete SF1 e apenas 44 % compraria o sorvete SF2.

4. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos foi possível concluir que a adição da fibra de laranja é uma boa alternativa como substituto de gordura em sorvete de chocolate, pois não alterou significativamente uma das principais propriedades físicas do produto, o derretimento, e resultou em uma redução média de 75 % no teor de lipídeos.

A adição das fibras de laranja proporcionou mudança nos parâmetros de coloração dos sorvetes principalmente na amostra SF, indicando que a adição de fibra de laranja bruta contribuiu para o aumento da cor vermelha e da cor amarela nas amostras, essa mudança de cor não foi percebida pelos julgadores tendo em vista que o atributo sensorial de cor não diferiu da amostra SC.

A textura do sorvete SF1 foi semelhante ao SC, não havendo diferença significativa entre eles.

Em relação à aceitação de atributos pode-se verificar que os tratamentos realizados nas fibras adicionadas aos sorvetes não foram suficientes para melhorar sua qualidade sensorial, tendo em vista que o sorvete SF, cuja fibra não sofreu tratamento, teve uma maior aceitação global em relação aos demais (SF1 e SF2). Sendo assim é necessário que outros tratamentos sejam testados na fibra de

laranja, a fim de melhorar a aceitação em relação ao sabor e sabor residual e conseqüentemente aumentar as notas da aceitação global. Uma mudança no saborizante do sorvete, poderia melhorar seu sabor e disfarçar o sabor de laranja ou sabor amargo.

O sorvete SF1 teve 74 % de intenção de compra, indicando que apesar do sabor residual o produto tem potencial mercadológico.

Referências

ABIS - Associação Brasileira De Indústrias De Sorvetes. Sorvete. 2011. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2012.

AKALIN, A.S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research Technology**, v. 227, p. 889–895, 2008.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15th ed., v. 2, Arlington.

DERVISOGLU, M.; YAZICI, F. The Effect of Citrus Fibre on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Ice Cream. **Food Science Technology International**, v.12, n. 2, p. 159-164, 2006.

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

EL-NAGAR, G.; CLOWES, G.; TUDORICA, C.M.; KURI, V. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, v. 55, p. 89–93, 2002.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SENDRA-NADAL, E.; NAVARRO, C.; SAYAS, E.; VIUDA-MARTOS, M.; ALVAREZ, J.A.P. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science & Technology**, v.44, p.748–756, 2009.

KARACA, O.B.; GUYEN, M.; YASAR, K.; KAYA, S.; KAHYAOGLU, T. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, p. 93–99, 2009.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, v. 4, 2007.

MENDOZA, E.; GARCÍA, M.L.; CASAS, C.; SELGAS, M.D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v.57, p. 387-393, 2001.

MINOLTA. **Precise color communication: Color control from feeling to instrumentation**. Osaka: Minolta Camera Co. Ltd, 1993.

NABESHIMA, E.H.; OLIVEIRA, E.S.; HASHIMOTO, J.M.; JACKIX, M.N.H. Propriedades físicas do sorvetes de baunilha elaborado com substitutos de gordura e sacarose. **Boletim do CEPPA**, v. 19, n. 2, p. 169-182, 2001.

OHMES, R.L.; MARSHALL, R.T.; HEYMANN, H. Sensory and physical properties of ice cream containing milk fat or fat replacers. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 1222-1228, 1998.

PINHEIRO, M.V.S.; PENNA, A L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, p. 175–186, 2004.

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

PRINDIVILLE, E.A.; MARSHALL, R.T.; HEYMANN, H. Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 10, p. 2216-2223, 2000.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNANDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 3–15, 2006.

ROLAND, A.M.; PHILLIPS, L.G.; BOOR, K.J. Effects of fat replacers on the sensory properties, color, melting, and hardness of ice cream. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 1, p. 2094-2100, 1999.

ROMANCHIK-CERPOVICZ, J.E.; COSTANTINO, A.C.; GUNN, L.H. Sensory Evaluation Ratings and Melting Characteristics Show that Okra Gum Is an Acceptable Milk-Fat Ingredient Substitute in Chocolate Frozen Dairy Dessert. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, p. 594-597, 2006.

SALES, R.L.; VOLP, A.C.P.; BARBOSA, K.B.F.; DANTAS, M.I.S.; DUARTE, H.S.; MINIM, V.P.R. Mapa de preferência de sorvetes ricos em fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p. 27-31, 2008.

SAURA-CALIXTO, F. **Evolución del concepto de fibra**. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. São Paulo: Edusp, 2006. Cap. 10, p. 235-253.

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**, v.21, n.1, p.155-165, 2010.

CAPÍTULO 5:

SENSORY, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF LEMON ICE CREAM CONTAINING ORANGE FIBER AS A FAT REPLACER

Artigo submetido para publicação na revista *International Dairy Journal*.

ABSTRACT

Reduced fat products can decrease the risk of developing coronary heart diseases. The aim of this study was to develop light lemon ice cream with orange fiber as a fat replacer and to evaluate the effects of this fiber on the physical, chemical and sensory properties of the ice cream. Nine ice cream formulations were compared: control ice cream (5 % fat), reduced fat ice cream with crude and treated fiber (peel and peel, bagasse and seed), were added two concentrations (1.0 % and 1.5 %) of each orange fiber. The addition of orange fiber reduced the ice cream fat content by approximately 50 %. The ice cream sample supplemented with orange peel fiber that was submitted to pretreatment (ICG) did not significantly modify several properties, such as protein content, color, pH, melt rate or texture parameters, and it did not change the acceptance attributes of the original product.

KEYWORDS: ORANGE FIBER; FAT REPLACER; ICE CREAM; PRETREATMENT; BYPRODUCTS; SENSORY ACCEPTANCE.

1. Introduction

Consumers have become increasingly interested in reduced or low-fat products, as they associate them with a reduced risk of obesity and coronary heart diseases (Akalin, Karagözlü, and Ünal, 2008). This behavior has incited growth in the development of “healthier” products. Such products must possess at least one of the following characteristics: a modified composition to prevent or limit the presence of potentially harmful compounds, such as fat, and/or the possibility of including certain desirable substances, such as fibers, with subsequent added health benefits (Jimenez-Colmenero, Carballo, and Cofrades, 2001).

The development of new food products remains challenging, as it must fulfill the consumer’s demand for products that are simultaneously delicious and healthy (Cruz, Antunes, Sousa, Faria, and Saad, 2009). The dairy industry has developed a variety of low-fat and fat-free ice cream products while trying to avoid modifications that could change the taste or texture, which are key factors for an ice cream to be successful in the market (Cadena and Bolini, 2011).

Ice cream is a complex colloidal frozen system that is composed of partially coalesced fat droplets, air cells, ice crystals and a continuous aqueous phase, in which the polysaccharides, proteins, lactose and mineral salts are dispersed (Marshall, Goff, and Hartel, 2003). Conventional ice cream formulations possess a high fat content, at approximately 10 to 16 %, which can be replaced by carbohydrates or proteins (Adapa, Dingeldein, Schmidt, and Herald, 2000).

High-fiber and low-fat foods tend to reduce the risk of cardiovascular diseases, obesity, colon cancer and several other disorders (Mansour and Khalil, 1997). Several dietetic fibers have been used in products not only to determine their possible health benefits but also as potential fat replacers (Mendoza, García, Casas, and Selgas, 2001). The carbohydrate-based fat replacers rely on their ability to increase viscosity, to form gels, to provide mouthfeel and texture, and to increase the water-holding capacity (Voragen, 1998).

Orange juice extraction by-products represent a potential source of dietary fiber. This material is rich in bioactive compounds (flavonoids, vitamin C, carotenoids and phenolic compounds) with antioxidant properties, which may provide additional health-promoting effects (Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 1999; Marín, Soler-Rivas, Benavente-García, Castillo, and Pérez-Alvarez, 2007).

The aim of this work was to develop a reduced-fat lemon ice cream using different fibers obtained from byproducts of the orange juice industry as fat replacers. The physical, chemical and sensory properties of the ice creams were evaluated.

2. Materials and Methods

2.1. Orange fiber

Orange (*Citrus sinensis*) juice extraction waste was provided by the "Pure Juice" company, located in Porto Alegre (RS / Brazil). These waste components included the orange peel, pulp and seeds that had been manually separated into two groups: the peel, pulp (flavedo and albedo) and seeds (F1); and the peel alone (F2). The raw material was collected in a single week and stored at -18 °C.

The byproduct samples were thawed at room temperature, manually cut into 1-cm² pieces, and washed and sanitized in a sodium hypochlorite solution (150 mg/L) for 10 min. The samples were dehydrated in a tray dryer at 60 °C until a constant weight was attained. After the samples were cooled to room temperature, the dried product was ground in a mill (Arbel, model MCF55, Brazil). The milled fiber was separated using sieves (Bertel, Brazil), and particles smaller than 125 µm (mesh 115) were collected, packed in a vacuum sealer (Fastvac, model F200, Brazil) and stored in the dark at room temperature.

2.1.1 Pretreatment by hydro-distillation

The orange byproducts were pretreated by hydro-distillation in a Clevenger apparatus to extract the essential oils to reduce the compounds responsible for the bitterness of the orange bagasse and peel.

Fresh orange bagasse and peels were thawed at room temperature, manually cut into 1-cm² pieces and hydro-distilled, following the protocol of Ferhat, Meklati, Smadja, and Chemat (2006), for 4 h until no more essential oil was obtained. The orange waste was removed from the water and was dried and milled as described in the item (2.1) above.

Table 1 displays the fibers, their byproducts and the treatment applied.

Table 1

Fibers were obtained from orange byproducts without pretreatment (F1 and F2) and submitted to pretreatment (F3 and F4).

Fiber	Orange byproduct	Pretreatment (hydro-distillation)
F1	peel, bagasse and seed	no
F2	peel	no
F3	peel, bagasse and seed	yes
F4	peel	yes

2.2. Ice cream

The ingredients UHT (Ultra High Temperature) skimmed milk, skimmed milk powder, sugar and cream with a 35 % fat content were purchased from the local market for ice cream production. Glucose, dextrose (Glucosoft), a stabilizer (DPO-50), an emulsifier (Emulgel), lemon flavoring acid and paste (Aromitalia) were obtained from Vidal Distributor Ltd. Machinery (Porto Alegre / RS / Brazil).

Table 2 summarizes the 9 ice cream formulations used in this work: a standard ice cream control (IC / 5 % fat content), ice cream with fiber from the peel, bagasse and orange seed (ICA e ICB), ice cream with fiber from the orange peel alone (ICC and ICD), ice cream with fiber from the peel, bagasse and orange seed pretreated with hydro-distillation (ICE and ICF) and ice cream with fiber from the orange peel pretreated with hydro-distillation (ICG and ICH).

Table 2

Formulation of the lemon ice cream control (IC) and the ice cream with orange fiber (ICA, ICB, ICC, ICD, ICE, ICF, ICG and ICH)

Ingredients	Composition (%) ¹								
	IC	ICA	ICB	ICC	ICD	ICE	ICF	ICG	ICH
Skim milk	-	68.01	68.01	68.01	68.01	68.01	68.01	68.01	68.01
Whole milk	64.43	-	-	-	-	-	-	-	-
Skim milk powder	-	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
Whole milk powder	1.71	-	-	-	-	-	-	-	-
Cream pasteurized milk	4.87	-	-	-	-	-	-	-	-
Sugar	11.46	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10
Emulsifier	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-
Glucose	1.58	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
Dextrose	1.45	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
Stabilizer	3.29	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48	3.48
Lemon paste flavoring	5.40	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
Lemon acid flavoring	5.40	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
F1	-	1.0	1.5	-	-	-	-	-	-
F2	-	-	-	1.0	1.5	-	-	-	-
F3	-	-	-	-	-	1.0	1.5	-	-
F4	-	-	-	-	-	-	-	1.0	1.5

¹ Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % orange fiber F1 (ICA), F2 (ICC), F3 (ICE) and F4 (ICG); Ice cream with 1.5 % orange fiber F1 (ICB), F2 (ICD), F3 (ICF) and F4 (ICH).

The ice creams were produced in the dairy pilot plant at the Federal University of Rio Grande do Sul (Porto Alegre / RS / Brazil). They were prepared using an ice cream producer (Nemox, model Gelato chef 2500, Italy), beaten, frozen for one hour, placed in 1-L polypropylene pots and stored at -18 °C.

2.3. Analysis

2.3.1. Dietary fiber composition

The total dietary fiber (TDF) was assessed in the orange byproducts fiber (F1, F2, F3 and F4) by the enzyme-gravimetric method described by the AOAC (1990), method 991.43.

2.3.2. Proximate composition

All ice creams were analyzed according to the AOAC (1990). The total protein content was determined by the Kjeldahl method using a correction factor of 6.38. The lipid content was determined using a Soxhlet extractor (Foss Soxtec, model 2055, Denmark). The ice cream samples were submitted to acid hydrolysis before lipid analysis. The ash content was assessed in a muffle furnace (Elektro

Therm Linn, 312.6 SO LM 1729, Germany) at 550 °C. The total solid content was assessed at 105 °C (DeLeo, model 48 TLK, Brazil). The ice cream fiber content was calculated based on the TDF of the added fibers. All analyses were performed in triplicate. The results are expressed as grams of fiber per 100 grams of moist matter.

2.3.3 Color

The color of the ice cream samples was analyzed with a colorimeter (Minolta, CR400, Japan) following the color system of the CIE-L*a*b*, where the L^* value (brightness) ranges from black (0) to white (100), the chroma a^* value ranges from green (-60) to red (+60) and the chroma b^* value ranges from blue (-60) to yellow (+60). The chroma C^* value and the hue angle (h_{ab}), referred to as the color system CIELCh according to Minolta (1993), were calculated by Equations 1 and 2.

$$\text{Croma } (C^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (2)$$

2.3.4. Melting rate

The melting rate was determined according to the method described by Prindiville, Marshall, and Heymann (2000) with some modifications. The melting rates of the ice cream samples stored at -18 °C for 2 weeks were evaluated. Pre-weighed ice cream samples (70 g) were carefully removed from the plastic cups and placed on a wire mesh (1 cm²) over a previously weighed becker cup. The system was kept at 24 °C ± 1 °C. After 30 min, the becker with melted ice cream was replaced and weighed. This process was repeated at 10-min intervals up to 70 min. The assay was performed in triplicate for all samples. The melting profiles were plotted as the ratio of the weight of drained ice cream to the weight of the original sample versus time. The melting rates were determined as the angular coefficient of the linear regression of the data over the percentage of melted ice cream against time.

2.3.5 pH

The pH was measured using a pH-meter (Quimis, model Q400AS, Brazil) by directly immersing the electrode into the samples

2.3.6 Overrun

The overrun was estimated using a standard 100-mL cup according to Equation 3 (Dervisoglu and Yazici, 2006).

$$\text{Overrun} = \left[\frac{(\text{volume of ice cream} - \text{volume of mix})}{(\text{volume of mix})} \right] \times 100 \quad (3)$$

2.3.7 Texture profile analysis (TPA)

The texture profile was assessed according to Akalin et al. (2008). The analysis was performed at room temperature (20 ± 1 °C) using a Texture Analyser (Stable Micro System, model TA.XT plus, United Kingdom) with the software *Exponent* and equipped with a 2.0 cm diameter stainless steel cylindrical probe. Ice cream samples stored at -18 °C for 2 weeks were tempered to -10 °C before analysis. The analysis conditions were as follows: penetration distance = 15 mm, force = $5.0 \times g$, probe speed during penetration = 3.3 mm/s, probe speed pre and post penetration = 3.0 mm/s. The ice cream, which remained in the plastic cup, was penetrated in one spot on its smooth surfaces, and six measurements were recorded for each product. Hardness was measured as the peak compression force (g) during probe penetration, adhesiveness as the negative peak force (g) during probe withdrawal, and springiness, cohesiveness and gumminess were also measured.

2.3.8 Sensory Analysis

Ice cream acceptability was evaluated using laboratory tests with 50 untrained potential consumers between 18 and 60 years old. The samples were provided in 50-mL cups, with approximately 30 g of each sample coded with a three-digit random number. The acceptance of the appearance, color, odor, flavor, aftertaste, texture and overall acceptability were evaluated using a hedonic 9-point scale of (Meilgaard, Civille, and Carr, 2007). The study was approved by the University Ethical Committee (Protocol n°:21912), and the participants were informed of all of the details of the study.

2.4. Statistical Analysis

The results were evaluated by an analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test, and the sensorial results were also analyzed using Principal Components Analysis (PCA). The statistical analyses were performed using the software Statistica 10.0 at a significance level of 0.05 (STATSOFT Inc.).

3. Results and discussion

3.1. Chemical parameters

Chemical analyses of the sample composition revealed that using orange fiber to replace fat did not significantly change the ice cream protein content ($p \leq 0.05$) (Table 3).

Table 3

Proximal composition of the control ice cream and orange fiber ice cream

Ice cream ¹	Total solids (%) ²	Protein (%) ²	Fat (%) ²	Ash (%) ²	Fiber (%) ²
IC	37.91 ± 0.18 ^a	3.37 ± 0.24 ^a	8.24 ± 0.50 ^a	0.60 ± 0.05 ^b	0
ICA	35.97 ± 0.21 ^b	3.39 ± 0.12 ^a	4.10 ± 0.05 ^b	0.69 ± 0.02 ^b	0.64 ± 0.01 ^b
ICB	35.95 ± 0.12 ^b	3.41 ± 0.20 ^a	3.84 ± 0.11 ^b	1.06 ± 0.18 ^a	0.88 ± 0.01 ^a
ICC	35.77 ± 0.36 ^b	3.49 ± 0.45 ^a	4.05 ± 0.15 ^b	0.68 ± 0.03 ^b	0.65 ± 0.00 ^b
ICD	35.89 ± 0.08 ^b	3.81 ± 0.04 ^a	4.10 ± 0.13 ^b	0.98 ± 0.00 ^a	0.89 ± 0.00 ^a
ICE	35.89 ± 0.12 ^b	3.37 ± 0.07 ^a	4.16 ± 0.15 ^b	0.68 ± 0.01 ^b	0.63 ± 0.01 ^b
ICF	35.56 ± 0.08 ^b	3.71 ± 0.08 ^a	3.81 ± 0.22 ^b	0.98 ± 0.01 ^a	0.86 ± 0.01 ^a
ICG	35.93 ± 0.12 ^b	3.67 ± 0.22 ^a	4.03 ± 0.04 ^b	0.66 ± 0.05 ^b	0.66 ± 0.01 ^b
ICH	35.97 ± 0.05 ^b	3.50 ± 0.06 ^a	4.05 ± 0.06 ^b	1.01 ± 0.05 ^a	0.89 ± 0.01 ^a

¹ Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % orange fiber F1 (ICA), F2 (ICC), F3 (ICE) and F4 (ICG); Ice cream with 1.5 % orange fiber F1 (ICB), F2 (ICD), F3 (ICF) and F4 (ICH). ² Mean values ± standard deviation. Values with different letters on the same columns are significantly different as determined by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

All ice cream samples that were supplemented with orange fiber as a fat replacer displayed a lower lipid content, which differed significantly from the standard ice cream. The ice cream with added fiber displayed an average 51 % reduction in the fat content compared to the control ice cream. This result was higher than the previously published results of Santos and Silva (2012), who achieved a fat content reduction of 41 % in mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) ice cream by adding Dairy-Lo (a whey protein concentrate) as a fat replacer. Akalin, Karagözü, and Ünal (2008) observed that substituting milk fat with inulin in ice cream yielded a fat reduction of 41 %.

The ash content of the orange fiber ice cream was higher than of the control ice cream, and the increase in the orange fiber ratio significantly increased the samples' ash values.

The control ice cream displayed the highest total solids content. Similar results were identified by Roland, Phillips, and Boor (1999a) and Aime, Arntfield, Malcolmson, and Ryland (2001), who observed a higher total solids content in ice cream with a higher fat content.

The ice cream fiber content was calculated from the results obtained by the TDF analysis of the F1, F2, F3 and F4 samples considering the solids content in each formulation. All ice cream samples with 1.5 % orange fiber demonstrated significantly higher TDF results ($p \leq 0.05$) when compared to the samples with 1.0 % orange fiber. The TDF analyses of ice cream with 1.5 % orange fiber were similar to that of ice cream with granola (0.90 g/100 g) and lower than that for ice cream fortified with fructooligosaccharide (5.0 g/100 g) (Sales, Volp, Barbosa, Dantas, Duarte, and Minim, 2008).

3.2. Effect on Color Properties

The lightness values (L^*) of the ice cream samples ICC, ICE, ICF and ICG did not significantly differ from the control ice cream (IC), but these samples displayed significantly higher values than the ice cream supplemented with orange fiber (ICA, ICB, ICD and ICH) (Table 4). No correlation between the lightness and pretreatment or fiber amount was observed. Roland et al. (1999a) evaluated the effects of the fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream and observed that the ice cream lightness values increased as the fat content increased, which differs from the present study.

Table 4

Effect of orange fiber supplementation on the color parameters (L^* , a^* , b^* , C^* and h_{ab}) of lemon ice cream samples

Ice cream ¹	Color parameters ²				
	L^*	a^*	b^*	C^*	h_{ab}
IC	76.40 ± 2.29 ^{ab}	2.29 ± 0.05 ^{ef}	8.80 ± 0.91 ^e	9.09 ± 0.89 ^d	75.34 ± 1.26 ^d
ICA	69.18 ± 2.35 ^d	3.25 ± 0.17 ^b	13.96 ± 0.58 ^{abc}	14.33 ± 0.60 ^{ab}	76.88 ± 0.48 ^{cd}
ICB	72.86 ± 1.79 ^c	3.93 ± 0.12 ^a	14.08 ± 0.44 ^{ab}	14.62 ± 0.39 ^{ab}	74.39 ± 0.90 ^d
ICC	74.19 ± 2.24 ^{abc}	2.28 ± 0.10 ^{ef}	13.13 ± 1.69 ^{abcd}	13.33 ± 1.67 ^{abc}	80.06 ± 0.90 ^{ab}
ICD	73.85 ± 0.30 ^{bc}	2.58 ± 0.04 ^{cd}	15.08 ± 0.92 ^a	15.30 ± 0.91 ^a	80.27 ± 0.43 ^{ab}
ICE	77.50 ± 1.83 ^a	2.64 ± 0.08 ^c	11.15 ± 0.53 ^{de}	11.46 ± 0.50 ^c	76.64 ± 0.98 ^{cd}
ICF	76.36 ± 2.05 ^{ab}	2.39 ± 0.05 ^{cdf}	12.16 ± 0.39 ^{bcd}	12.39 ± 0.39 ^{bc}	78.87 ± 0.15 ^{abc}
ICG	75.97 ± 3.68 ^{abc}	2.34 ± 0.15 ^{df}	11.60 ± 0.89 ^{cd}	11.84 ± 0.84 ^{cd}	78.56 ± 1.64 ^{bc}
ICH	66.97 ± 0.93 ^d	2.04 ± 0.07 ^e	13.38 ± 0.54 ^{abcd}	13.53 ± 0.52 ^{abc}	81.33 ± 0.55 ^a

¹ Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % orange fiber F1 (ICA), F2 (ICC), F3 (ICE) and F4 (ICG); Ice cream with 1.5 % orange fiber F1 (ICB), F2 (ICD), F3 (ICF) and F4 (ICH). ² Mean values ± standard deviation. Values with different letters on the same columns are significantly different as determined by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

The addition of F1 significantly increased the a^* (+) values of the ICA and ICB samples, which demonstrated that the F1 added ice cream displayed an intense red color compared with the other ice cream samples. A similar result was achieved with byproducts utilized for F1 production, according to Garau, Simal, Rosselló, and Femenia (2007), and the fiber obtained from the pulp were darker than from the peel due to a greater amount of reducing sugar, which could be responsible for the browning. The ICC, ICF, ICG and ICH samples were significantly similar ($p \leq 0.05$) to the IC sample in the chromatic coordinate a^* .

The values found for chromatic coordinate b^* ranged between 8.80 and 15.08, where IC possessed the lowest value. This parameter is related to the yellow-blue component of the chromaticity diagram, where positive values of this variable are reflected by a yellowish color. The addition of orange fiber significantly increased the b^* coordinate values of the samples, demonstrating that the

addition of fiber promoted a yellow ice cream color. A similar result was obtained by Dervisoglu and Yazici (2006) for ice cream supplemented with citrus fiber.

The a^* and b^* values are used to calculate the chroma (C^*) values and the hue angle (h_{ab}). The ice creams supplemented with untreated orange fiber (ICA, ICB, ICC and ICD) displayed a greater C^* value, indicative of an increased color intensity; therefore, the color of these ice cream samples was more saturated than the other samples with treated orange fiber. The hue angle analysis revealed that the untreated peel orange fiber ice creams (ICC and ICD) and the ICF and ICH samples with the highest concentrations of treated fiber are closer to 90° , which is indicative of a yellow hue.

3.3. Physical parameters

The addition of orange fiber to ice cream did not significantly affect the pH values when compared to the IC (Table 5). Different results were obtained by Dervisoglu and Yazici (2006), where the addition of citrus fiber to ice cream decreased the sample pH values.

Table 5

Results of several chemical-physical properties of control and orange fiber ice cream

Ice cream ¹	pH ²	Melting rate (%) ²	Overrun (%) ²
IC	4.54 ± 0.02 ^{ab}	2.29 ± 0.01 ^a	54.5 ± 2.1 ^a
ICA	4.48 ± 0.00 ^b	2.13 ± 0.05 ^b	22.7 ± 1.8 ^b
ICB	4.53 ± 0.01 ^{ab}	2.33 ± 0.03 ^a	17.3 ± 1.8 ^b
ICC	4.60 ± 0.01 ^a	2.21 ± 0.04 ^{ab}	23.0 ± 1.4 ^b
ICD	4.58 ± 0.01 ^a	2.30 ± 0.01 ^a	18.3 ± 0.4 ^b
ICE	4.56 ± 0.04 ^a	2.21 ± 0.07 ^{ab}	24.0 ± 2.8 ^b
ICF	4.59 ± 0.00 ^a	2.35 ± 0.02 ^a	18.0 ± 2.8 ^b
ICG	4.56 ± 0.02 ^a	2.21 ± 0.04 ^{ab}	21.8 ± 0.4 ^b
ICH	4.55 ± 0.04 ^a	2.28 ± 0.02 ^a	18.0 ± 1.8 ^b

¹Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH). ² Mean values ± standard deviation. Values with different letters on the same columns are significantly different as determined by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

The fat-containing ice creams should melt more slowly than reduced-fat ice creams because the milk fat slows the rate of heat transfer through the ice creams (Akalin, Karagözlü, and Ünal, 2008). Rossa, Burin, and Bordignon-Luiz (2012) observed that ice creams with 8 g/100 g of fat displayed a higher resistance to melting compared to ice creams with 4 to 6 g/100 g of fat. However, the melting properties of the ice cream samples used in the study (Table 5) revealed that the ice creams supplemented with low concentrations of orange fiber (1.0 %) displayed lower resistance values than the control ice cream, and ice creams with 1.5 % orange fiber displayed no significant differences ($p \leq 0.05$) when compared to the control ice cream.

Previous studies demonstrated contrasting effects of a fat replacer on the product melting rate. According to Prindiville, Marshall, and Heymann (1999), the addition of a fat replacer (polydextrose and Simplese) increased the ice cream melting rate. Similar results were observed by El-Nagar, Clowes, Tudorica, Kuri, and Brennan (2002), where increased additions of inulin to yog-ice mixes reduced their melting rates. However, other authors revealed that fat replacers attenuated the ice cream melting rates. Roland, Phillips and Boor (1999b) verified that nonfat ice cream (0.1 % fat) samples with maltodextrin, milk protein concentrate or polydextrose melted faster than the control ice cream (10 % fat). However, the use of okra gum as a fat replacer in frozen dairy dessert slowed the sample melting rate (Romanchik-Cerpovicz, Costantino, and Gunn, 2006).

The overrun correlates with the amount of air incorporated during the ice cream manufacturing process (Cruz, Antunes, Sousa, Faria, and Saad, 2009). The ice creams obtained in this study displayed overrun ratios from 17.3 % to 54.5 % (Table 5), and these values are similar to the values established by Goff (2002), where the gas phase volume varied widely from 10 % to 15 % to values as high as 50 %.

The ice creams supplemented with orange fiber displayed significantly lower overrun values ($p \leq 0.05$) compared with the control ice cream, likely due the fat reduction and the addition of a fat replacer, as proposed by other studies. According to Chang and Hartel (2002), the formulation factors (fat, emulsifier and stabilizer contents) and processing conditions (whipping temperature and freezing power) can affect air cell development. Thus, the low overrun values of orange fiber ice creams are likely due to the addition of carbohydrate-based fat replacers, as they exhibit a viscous behavior that may decrease its whipping capacity. Similar results were obtained by Adapa et al. (2000), where the carbohydrate fat replacer mix displayed a low overrun because of the higher viscous component, which could have prevented air incorporation.

The addition of protein-based fat replacers also decreased the ice cream overrun values, as reported by Yilsay, Yilmaz, and Bayizit (2006), where a 5 % reduction in the overrun of low-fat ice cream was observed. The addition of whey protein isolate to reduced-fat ice cream also lowered the ice cream overrun compared to the regular fat ice cream (Akalin et al., 2008; Santos and Silva, 2012).

Table 6 summarizes the assessments of the hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, and gumminess. The lowest hardness values were observed in the control ice cream and in the ice cream samples with $p \leq 1.0$ % of fiber, given that the ICC, ICE and ICG samples did not significantly differ from ($p \leq 0.05$) the control ice cream. The addition of more orange fiber as a fat replacer significantly increased the ice cream hardness ($p \leq 0.05$). The effect of fat content on ice cream hardness was evaluated by Roland et al. (1999a), Alamprese, Foschino, Rossi, Pompei, and Savani (2002) and Rossa et al. (2012), who demonstrated that the hardness was inversely proportional to the fat content. According to Guinard, Zoumas, Morse, Mori, Uatoni, Panyam, and Kilara (1997), an increase in the fat content decreases ice crystal formation and subsequently yields a softer product.

The effects of guar gum on low-fat frozen yogurt properties were evaluated by Milani and Koocheki (2011). Guar gum supplementation decreased the sample hardness. The reduction of fat and the addition of a fat replacer likely changed the characteristics of the fluid surrounding the air cells. The decreased instrumental hardness with increased hydrocolloid content may be attributed to their freeze concentrations in the serum phase.

El-Nagar et al. (2002) observed that increased inulin concentrations promoted the low-fat ice cream hardness in yog-ice cream.

The use of whey protein-based fat replacers also increased the hardness of reduced-fat ice creams in comparison to regular ice cream (Akalin, Karagözlü, and Ünal, 2008; Karaca, Guven, Yasar, Kaya, and Kahyaoglu, 2009).

Table 6

Effect of the addition of orange fiber on the ice cream texture profile

Ice cream ¹	Texture parameters ²				
	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
IC	1569 ± 237 ^c	208 ± 11 ^{bc}	0.82 ± 0.01 ^c	0.11 ± 0.01 ^a	165 ± 39 ^d
ICA	2402 ± 9 ^d	413 ± 13 ^a	0.85 ± 0.00 ^{bc}	0.11 ± 0.01 ^a	274 ± 18 ^c
ICB	7294 ± 279 ^{ab}	348 ± 22 ^a	0.87 ± 0.01 ^{ab}	0.10 ± 0.00 ^a	386 ± 22 ^a
ICC	1031 ± 75 ^c	135 ± 12 ^c	0.85 ± 0.05 ^{bc}	0.10 ± 0.02 ^a	268 ± 35 ^c
ICD	6330 ± 256 ^c	173 ± 45 ^{bc}	0.90 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	308 ± 17 ^{bc}
ICE	1583 ± 149 ^e	180 ± 18 ^{bc}	0.83 ± 0.01 ^c	0.10 ± 0.01 ^a	346 ± 40 ^{ab}
ICF	8057 ± 71 ^a	233 ± 39 ^b	0.91 ± 0.03 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	357 ± 25 ^{ab}
ICG	1243 ± 60 ^e	170 ± 24 ^{bc}	0.83 ± 0.02 ^c	0.10 ± 0.00 ^a	333 ± 33 ^b
ICH	7017 ± 684 ^{bc}	206 ± 30 ^{bc}	0.91 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	390 ± 9 ^a

¹Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH). ² Mean values ± standard deviation. Values with different letters on the same columns are significantly different as determined by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

The ice cream control adhesiveness values (Table 6) were not significantly different ($p \leq 0.05$) from most fat reduction ice creams with added orange fiber (ICC, ICD, ICE, ICF, ICG, ICH). These results disagreed with Aime et al. (2001) and Prindiville et al. (1999), who demonstrated that the low fat ice creams displayed the lowest adhesiveness values.

The ice creams with 1.5 % orange fiber displayed higher springiness values than the others samples. However, the ice creams with 1.0 % orange fiber did not significantly differ ($p \leq 0.05$) from the ice cream control. There cohesive values did not differ among the ice creams, indicating that fiber addition does not affect this parameter, which agrees with the results obtained by Hwang, Shyu, and Hsu (2009). Moreover, the fat reduction did not change the cohesiveness, which was in accordance with Prindiville et al. (1999).

The control ice cream gumminess values (Table 6) were significantly lower ($p \leq 0.05$) than the reduced-fat ice creams, but different values were obtained by Prindiville, who demonstrated lower values for the reduced-fat ice cream (4 %) than the ice cream with 9 % fat.

The sensorial analysis demonstrated that the attribute odor did not differ among the ice cream samples (Table 7). The acceptance means for the color attribute of the orange fiber ice creams were lower when compared to the control ice cream, but only two samples (ICA and ICB) were significantly different ($p \leq 0.05$). The color and odor attributes also did not significantly differ between frozen dairy desserts supplemented with okra gum as a milk fat replacer and the control product (Romanchik-Cerpovicz et al., 2006).

The ice cream sensory scores for flavor and aftertaste were negatively affected by the fat reduction and the addition of orange fiber (Table 7). Fat is a solvent for many flavor compounds and acts as a reservoir by slowly releasing flavor. However, this effect is not replicated by most fat replacers (Li, Marshall, Heymann, and Fernando, 1997). We also observed this effect in this study, evidenced by the low scores of these attributes. Karaca et al. (2009) observed that reduced and low-fat ice creams with carbohydrate-based fat replacers displayed a lower flavor than the control sample.

The low scores for aftertaste observed for ice cream samples with orange fiber may be related to the fiber's bitter taste. Dervisoglu and Yazici (2006) also observed lower scores for flavor, texture and appearance of ice cream supplemented with citrus fiber compared to a control sample without fiber.

The ICG sample was the only sample that did not significantly differ ($p \leq 0.05$) in the flavor and aftertaste attributes compared to the control was, indicating the pretreatment of the orange peel fiber was effective in reducing the bitter taste in the ice cream supplemented with 1.0 % fiber.

Table 7

Acceptance of the sensory attributes of control and orange byproduct fiber ice cream

Ice cream ¹	Sensory attributes ²					
	Color	Odor	Flavor	Aftertaste	Texture	Overall acceptability
IC	8.0 ± 0.8 ^a	7.2 ± 1.3 ^a	7.9 ± 1.0 ^a	7.5 ± 1.2 ^a	7.4 ± 1.52 ^a	7.9 ± 0.9 ^a
ICA	6.4 ± 1.5 ^c	6.8 ± 1.4 ^a	6.2 ± 1.8 ^{bcd}	5.6 ± 1.9 ^{bcd}	6.3 ± 2.1 ^{bc}	6.4 ± 1.6 ^{cd}
ICB	6.7 ± 1.5 ^{bc}	7.1 ± 1.4 ^a	6.5 ± 1.55 ^{bc}	5.4 ± 1.8 ^{cd}	6.6 ± 1.6 ^{abc}	6.4 ± 1.4 ^{cd}
ICC	7.3 ± 1.4 ^{ab}	6.9 ± 1.6 ^a	5.9 ± 1.5 ^{cd}	5.3 ± 1.8 ^{cd}	6.9 ± 1.7 ^{abc}	6.1 ± 1.5 ^{cd}
ICD	7.6 ± 1.3 ^a	6.9 ± 1.5 ^a	5.4 ± 1.7 ^d	4.7 ± 1.7 ^d	6.2 ± 1.81 ^c	5.7 ± 1.5 ^d
ICE	7.6 ± 0.9 ^a	6.9 ± 1.3 ^a	6.8 ± 1.6 ^{bc}	5.9 ± 1.7 ^{bc}	7.2 ± 1.2 ^{ab}	6.8 ± 1.4 ^{bc}
ICF	7.5 ± 1.1 ^a	6.8 ± 1.4 ^a	6.0 ± 1.4 ^{cd}	5.7 ± 1.5 ^{bcd}	7.4 ± 1.2 ^a	6.6 ± 1.2 ^{bc}
ICG	7.6 ± 0.8 ^a	7.3 ± 1.1 ^a	7.1 ± 1.5 ^{ab}	6.6 ± 1.7 ^{ab}	7.3 ± 1.2 ^a	7.2 ± 1.1 ^{ab}
ICH	7.3 ± 1.1 ^{ab}	7.4 ± 1.3 ^a	6.8 ± 1.5 ^{bc}	6.3 ± 1.7 ^{bc}	6.2 ± 1.6 ^c	6.7 ± 1.2 ^{bc}

¹ Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH). ² Mean values ± standard deviation. Values with different letters on the same columns are significantly different as determined by Tukey's test ($p \leq 0.05$).

Only three samples (ICA, ICD and ICH) displayed a significant difference in texture ($p \leq 0.05$) when compared to the ice cream control, indicating that the fat reduction and orange fiber addition did not affect the texture of most of the samples. Similar results were obtained by Karaca et al. (2009), who determined that reduced and low-fat ice cream samples with added fat replacers displayed a similar texture to the control. Cadena and Bolini (2011) performed the acceptance test for traditional and light vanilla ice cream and observed no significant differences in texture acceptance between the samples. The ICG ice cream did not differ significantly from the IC sample in relation to the overall acceptance means values.

The principal component analysis (PCA) was used to establish the most important characteristics of each ice cream by analyzing the correlations with the analyzed attributes (Dutcosky, 1996). The PCA enables the transformation of numerous original variables into new ones, called principal components, given that they are linear combinations of source data. In this way, all of the variables can be reduced because two or three principal components are typically sufficient to explain the majority of the total variability of the original variables (Vainionpää et al., 2004).

In this study, three principal components explained approximately 75 % of the variation of the original variables, resulting in a considerable compression of the data, with significant contributions of 43.17 % for the first, 21.72 % for the second and 10.09 % for the fourth principal components.

The chemical-physical and sensory characteristics of the nine ice cream samples were evaluated. During this analysis (Table 8), the main component 1 (PC1) was primarily related to the sensory attributes values (flavor, aftertaste, color, odor, overall acceptability and texture), the color parameters (L and h_{ab}) and *overrun*, whereas the principal component 2 (PC2) was related to the

adhesiveness and the color parameters (a^* , b^* and C), and the principal component 4 (PC4) related to melting rate, pH, hardness, springiness, cohesiveness and gumminess.

Table 8

Factor coordinates of the variables based on correlations

Variables	PC1	PC2	PC4
Color	0,631700	-0,728230	0,036986
Odor	0,356731	-0,155897	-0,214680
Flavor	0,854593	0,207817	-0,010676
Aftertaste	0,866506	0,067695	-0,109805
Texture	0,771443	-0,172744	0,413515
Overall acceptability	0,907165	0,068797	0,035500
L	0,568458	-0,253426	0,519837
a^*	-0,383095	0,759583	0,486367
b^*	-0,970270	0,069216	-0,107834
C	-0,966635	0,117631	-0,074051
hab	-0,388196	-0,711918	-0,559972
pH	0,016152	-0,878028	0,153357
Melting Rate	-0,092485	-0,528100	0,682511
Overrun	0,841762	0,119550	-0,055421
Hardness	-0,637159	-0,306294	0,467430
Adhesiveness	-0,338689	0,815515	0,194873
Springiness	-0,746738	-0,493926	0,131690
Cohesiveness	-0,350852	-0,479717	-0,097332
Gumminess	-0,602056	-0,163439	0,267702

PC1 = Principal Component 1; PC2 = Principal Component 2; PC4 = Principal Component 4.

The analysis of the relationship between the PC1 and PC2 (Figure 1) revealed a positive linear correlation between flavor, aftertaste, overall acceptability and *overrun* as well as a positive linear correlation between color, texture, odor and luminosity. These relationships allowed for the discrimination between the ICA, ICB, ICC, ICD, ICF and ICH samples, which are located in the left part of the figure, whereas the other samples (IC, ICG, and ICE) are located in the right part of the figure. Figure 1 also demonstrates that ICG and ICE are the closest to the control sample (IC) and are, therefore, the most similar with regards to the analyzed characteristics.

The PCA allowed the verification of the relationship between the sensory and chemical-physical evaluations. The overall acceptance by the judges was higher for the samples with a lower hardness and springiness because they are in opposite quadrants in Figure 1. An opposite relationship was also observed between the color sensory attributes and the instrumental color parameters (C , a^* and b^*), indicating that the samples with low a^* , b^* and C values received high scores for the ice cream color. These results demonstrate that the addition of fiber perceptibly changes the ice cream color.

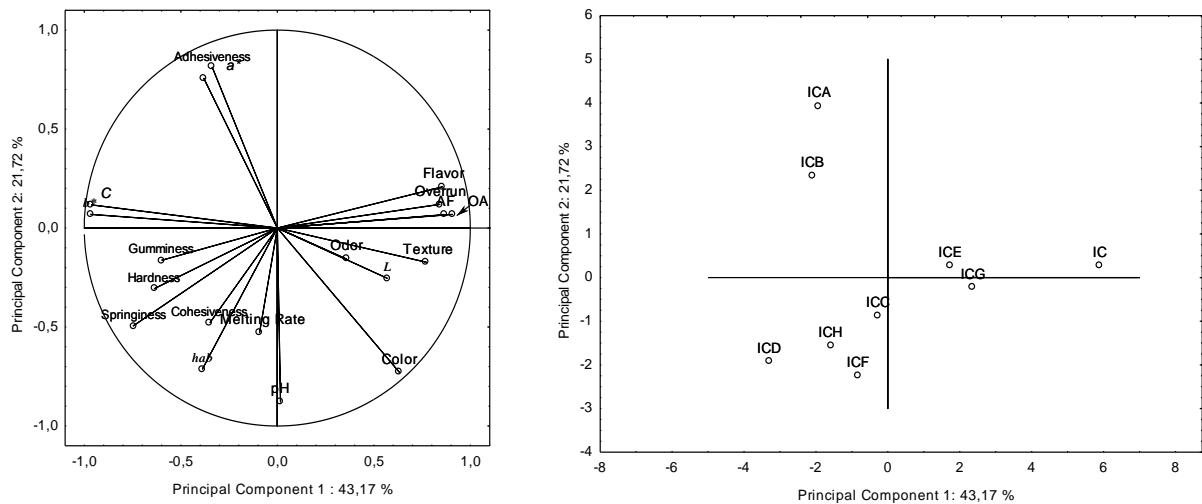


Figure 1. Principal component analysis 1 and 2. Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % of orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % of orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH); Overall acceptability (OA); Aftertaste (AF).

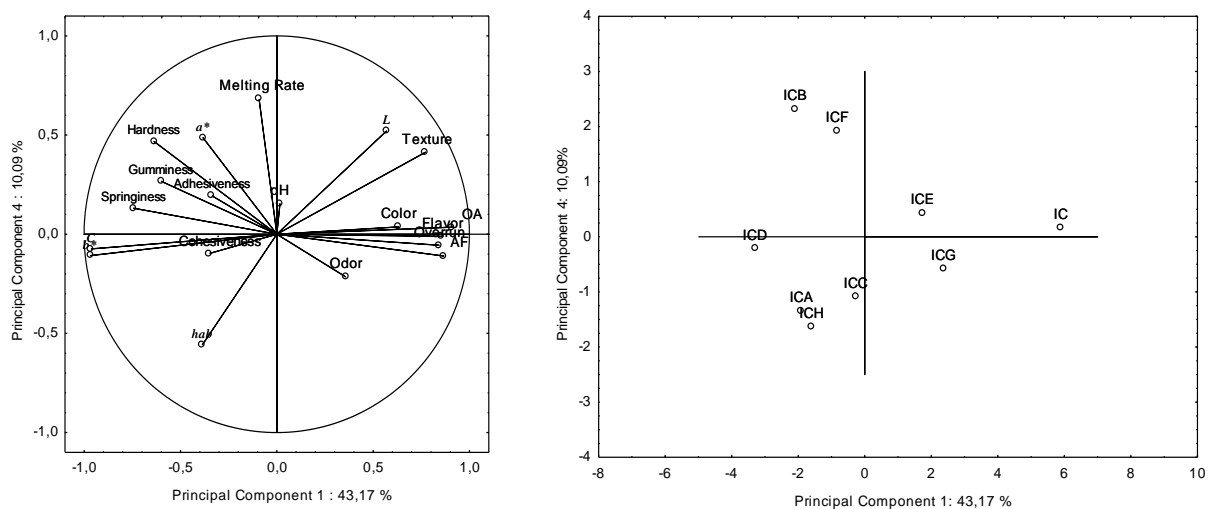


Figure 2. Principal component analysis 1 and 4. Control ice cream (IC); Ice cream with 1.0 % of orange fiber 1 (ICA), 2 (ICC), 3 (ICE) and 4 (ICG); Ice cream with 1.5 % of orange fiber 1 (ICB), 2 (ICD), 3 (ICF) and 4 (ICH); Overall acceptability (OA); Aftertaste (AF).

When the graphs in Figure 1 overlap, the relevant analyses and sensory attributes that are responsible for the high acceptability or that better characterize the sample receptivity are revealed. The IC and ICG samples were distinguished by the highest acceptance for all sensory attributes. The ICA and ICB samples displayed the lowest color and texture attributes, most likely because the more

intense yellow color that is characteristic of the fiber 1 (peel, bagasse and seed) was not treated hydro-distillation. This color was also verified through instrumental analysis by a colorimeter.

The sensory attributes (texture, odor, flavor, aftertaste, color and overall acceptability) and instrumental color luminosity of the ICG and ICE samples were similar to the IC sample (Figure 2). Both samples were supplemented with pre-treated fibers (F3 and F4) at low concentrations (1.0 %). The physio-chemical and sensory parameters of the ICD, ICF, ICG and ICH samples differed the most from the IC sample.

The ice cream melting rate was better explained by the principal component 4 (PC4). The ICB and ICF samples displayed the highest melting rates. The ice cream melting rate directly correlated with the sample hardness. Extremely hard samples also presented with a high melting rate. This result differed from other studies, in which these parameters were inversely proportional (El-Nagar et al., 2002; Akalin, Karagözlü, and Ünal, 2008).

Guinard, Zoumas Morse, Mori, Uatoni, Panyam, and Kilara (1997) investigated the effects of sugar and fat on the sensory properties of vanilla ice cream. They applied principal component analysis (PCA) to determine the relationships among the attributes and differences among the samples. The PCA clearly revealed that the ice cream samples differed along a dimension (PC1), which contrasted between the vanilla, almond, buttery, custard, sweetness, fatty, creamy, doughy/pasty/elastic, and mouth coating attributes after a feel at one end and the melting rate, coolness/cooling and ice crystals attributes at the other end. There were no separations between the properties that may have been attributed to sugar or fat. This could be due to the common contribution of both sugar and fat to the mouth feel or to their frequent association in many foods.

The PCA proved to be an extremely convenient method for the multivariate characterization of the ice cream samples. We were able to evaluate and correlate the sensory and physical methods, thus demonstrating that the sensory results could be confirmed with the physical tests that we conducted, such as the color assessment. Physical characteristics, such as the texture and melting rate, were also linked.

4. Conclusions

The addition of orange fiber represents an effective alternative to fat in ice creams. This observation is timely, given that the orange juice industry byproducts are used for producing fat replacers due to their nutritional and functional properties. Notably, their addition did not change important ice cream properties and resulted in a light ice cream with a mean fat content reduction of approximately 50 %.

Based on our results, we conclude that ice cream supplemented with pretreated orange peel fiber (ICG) did not significantly modify the most important physical, chemical and sensory properties of the ice creams, such as the protein content, color properties (L^* , a^* and C^*), pH values, rate of melt

and texture parameters (hardness, adhesiveness, springiness and cohesiveness) and did not change the acceptance attributes. Therefore, we verified that pretreatment of the orange peel is an effective strategy for reducing the bitter taste (characteristic of orange fibers) when using it as a fiber supplement (at 1.0 %) in lemon ice cream without changing the product properties.

Nutritional benefits associated with dietary fiber fortification and fat reduction represent attractive novel products that can fill market niches.

References

AOAC (1990). *Official methods of analysis*. 15th ed., vol 2. Association of Official Analytical Chemist, Arlington.

Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K. A., & Herald, T. J. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2224-2229.

Aime, D. B., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J., & Ryland, D. (2001). Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Research International*, 34(2-3), 237-246.

Akalin, A. S., Karagözlü, C., & Ünal, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227(3), 889-895.

Alamprese, C., Foschino, R., Rossi, M., Pompei, C., & Savani, L. (2002). Survival of *Lactobacillus johnsonii* La1 and influence of its addition in retail-manufactured ice cream produced with different sugar and fat concentrations. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 201-208.

Cadena, R. S., & Bolini, H. M. A. (2011). Time-intensity analysis and acceptance test for traditional and light vanilla ice cream. *Food Research International*, 44(3), 677-683.

Chang, Y., & Hartel, R. W. (2002). Development of air cells in a batch ice cream freezer. *Journal of Food Engineering*, 55(1), 71-78.

Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Sousa, A., Faria, J. A. F., & Saad, S. M. I. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42(9), 1233-1239.

- Dervisoglu, M., & Yazici, F. (2006). Note. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology International*, 12(2), 159-164.
- El-Nagar, G., Clowes, G., Tudorica, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2), 89-93.
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., & Chemat, F. (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 121-126.
- Garau, M. C., Simal, S., Rosselló, C., & Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry*, 104(3), 1014-1024.
- Goff, H. D. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 7(5-6), 432-437.
- Grigelmo-Miguel, N., & Martin-Belloso, O. (1999). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. *Food Research International*, 31(5), 355-361.
- Guinard, J. X., ZoumasMorse, C., Mori, L., Uatoni, B., Panyam, D., & Kilara, A. (1997). Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. *Journal of Food Science*, 62(5), 1087-1094.
- Hwang, J. Y., Shyu, Y. S., & Hsu, C. K. (2009). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *Lwt-Food Science and Technology*, 42(1), 312-318.
- Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J., & Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 59(1), 5-13.
- Karaca, O. B., Guven, M., Yasar, K., Kaya, S., & Kahyaoglu, T. (2009). The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. *International Journal of Dairy Technology*, 62(1), 93-99.
- Li, Z., Marshall, R., Heymann, H., & Fernando, L. (1997). Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, 80(12), 3133-3141.

- Mansour, E. H., & Khalil, A. H. (1997). Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*, 30(3-4), 199-205.
- Marshall, R. T., Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2003). *Ice cream* (6th ed.). New York: USA: Kluwer Academic Publishers.
- Marín, F. R., Soler-Rivas, C., Benavente-García, O., Castillo, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*, 100(2), 736-741.
- Mendoza, E., García, M. L., Casas, C., & Selgas, M. D. (2001). Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science*, 57(4), 387-393.
- Milani, E., & Koocheki, A. (2011). The effects of date syrup and guar gum on physical, rheological and sensory properties of low fat frozen yoghurt dessert. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1), 121-129.
- Prindiville, E. A., Marshall, R. T., & Heymann, H. (1999). Effect of milk fat on the sensory properties of chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82(7), 1425-1432.
- Prindiville, E. A., Marshall, R. T., & Heymann, H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2216-2223.
- Roland, A. M., Phillips, L. G., & Boor, K. J. (1999a). Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82(1), 32-38.
- Roland, A. M., Phillips, L. G., & Boor, K. J. (1999b). Effects of fat replacers on the sensory properties, colour, melting, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82, 2094-2100.
- Romanchik-Cerpovicz, J. E., Costantino, A. C., & Gunn, L. H. (2006). Sensory evaluation ratings and melting characteristics show that okra gum is an acceptable milk-fat ingredient substitute in chocolate frozen dairy dessert. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(4), 594-597.

- Rossa, P. N., Burin, V. M., & Bordignon-Luiz, M. T. (2012). Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents. *Lwt-Food Science and Technology*, 48(2), 224-230.
- Sales, R. L., Volp, A. C. P., Barbosa, K. B. F., Dantas, M. I. D., Duarte, H. S., & Minim, V. P. R. (2008). Preference map of high-fiber ice cream. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 27-31.
- Santos, G. G., & Silva, M. R. (2012). Mangaba (*Hancornia speciosa Gomez*) ice cream prepared with fat replacers and sugar substitutes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32(3), 621-628.
- Vainionpää, J., Smolander, M., Alakomi, H.-L., Ritvanen, R., Rajamäki, T., Rokka, M., Ahvenainen, R. (2004). Comparison of different analytical methods in the monitoring of quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis. *Journal of Food Engineering*, 65, 273–280.
- Voragen, A. G. J. (1998). Technological aspects of functional food-related carbohydrates. *Trends in Food Science & Technology*, 9(8-9), 328-335.
- Yilsay, T. O., Yilmaz, L., & Bayizit, A. A. (2006). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222(1-2), 171-175.

CAPÍTULO 6:

EFEITO DA FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO DE GORDURA EM BOLO

Artigo submetido para publicação na revista Boletim do Centro de Pesquisa do Processamento de Alimentos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi elaborar bolos utilizando fibra de laranja como substituto de gordura e avaliar seus efeitos sobre as características físicas, químicas e sensoriais dos mesmos. Os bolos com adição de fibra obtiveram valores superiores de umidade, cinzas, proteína, volume específico, cor e atividade de água. Foram obtidas reduções de até 90 % no teor de lipídeos e até 27 % no valor calórico do produto. A substituição da gordura por 3 g de fibra de laranja para cada 100 g de farinha de trigo não alterou as características do bolo de forma a modificar sua preferência perante os julgadores, mostrando resultados semelhantes em todos os parâmetros comparativos ao bolo padrão. A fibra de laranja pode ser considerada uma boa alternativa como substituto de gordura em bolos.

PALAVRAS-CHAVE: BOLO; FIBRA DE LARANJA; SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA

ABSTRACT

The aim of this study was to elaborate cakes using orange fiber as a fat replacer and evaluate its effects on the physical, chemical and sensory characteristics of the cakes. The cakes with fiber showed higher values of moisture, ash, protein, specific volume, color and water activity when compared with control cake. Results showed up to 90 % reduction in lipid levels and 27 % in the caloric value of the product. The fat replacement by 3 g of orange fiber per 100 g of wheat flour did not change the cake characteristics in order to alter its preference before the judges, showing similar results in all parameters comparable to standard cake. The orange fiber can be considered a good choice as a fat replacer in cakes.

KEYWORDS: CAKE; ORANGE FIBER; FAT REPLACEMENT

1. Introdução

Segundo recente documento da “World Health Organization” (WHO), as doenças cardiovasculares são a principal causa de morte, sendo responsáveis por 48 % dos óbitos registrados em todo o mundo. Estima-se que fatores comportamentais, entre eles uma dieta inadequada, são responsáveis pelo aparecimento destas doenças (WHO, 2012).

O consumo de uma dieta rica em gordura e pobre em fibras está fortemente associado a um aumento de diversas patologias, como obesidade, doenças cardiovasculares e hipertensão. Conseqüentemente, uma redução do consumo total de gordura e um aumento na ingestão de fibras resultam em menor aporte calórico na dieta, favorecendo a perda e/ou manutenção de peso e assim prevenindo e melhorando estas complicações (NEUTZLING *et al.*, 2007).

A crescente conscientização da relação entre alimentação e saúde vem provocando mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores e com isso aumentando a demanda por alimentos saudáveis. A fibra alimentar foi um dos primeiros ingredientes a ser associado com a saúde na década de 1980, e vem sendo utilizada pela indústria de alimentos até os dias atuais (DERVISOGLU e YAZICI, 2006).

Entre estes alimentos, destacam-se os produtos de panificação, devido a sua elevada aceitação por diferentes públicos consumidores. Os bolos vem adquirindo crescente importância no que se refere ao consumo e comercialização no Brasil (ZAVAREZE, MORAES e SALAS-MELLADO, 2010).

O bolo é um produto obtido pela mistura, homogeneização e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, fermentadas ou não e outras substâncias alimentícias (como, por exemplo, leite, ovos e gordura) (BORGES *et al.*, 2006). O enriquecimento de bolo com fibra de laranja confere uma série de vantagens, uma vez que pode melhorar o valor nutritivo, visto que a fibra da laranja é de excelente qualidade, contendo uma boa relação entre o teor de fibras solúveis e insolúveis, e assim podendo auxiliar na regulação intestinal e na prevenção de diversas doenças (GRIGELMO-MIGUEL, GORINSTEIN e MARTIN-BELLOSO, 1999).

As fibras dietéticas vêm sendo utilizadas em produtos alimentícios não apenas para determinar seus possíveis efeitos benéficos sobre a saúde, mas também como potencial substituto de gordura (MENDOZA *et al.*, 2001).

A substituição da gordura em produtos de panificação, no entanto, é um grande desafio, pois ela é a responsável pela durabilidade da massa, além de contribuir para o sabor e a maciez no produto pronto. Os altos níveis de gordura requeridos em produtos de panificação, se substituídos, poderão representar reduções significativas no teor calórico do produto. No entanto, a substituição nesses produtos é difícil em razão da importante função que desempenha a gordura na estrutura e nas características sensoriais do produto (BARKER e CAUVIN, 1994).

Este trabalho teve como objetivo elaborar bolos utilizando fibra de laranja como substituto de gordura e avaliar seus efeitos sobre as características físicas, químicas e sensoriais dos mesmos.

2. Material e métodos

2.1. Fibra de laranja

Os resíduos da extração de suco de laranja (*Citrus sinensis*) foram fornecidos pela empresa “Puro Suco”, localizada na cidade de Porto Alegre (RS/Brasil). Esses resíduos eram compostos por cascas de laranja, albedos, flavedos e sementes, as cascas foram separadas manualmente e o excesso de albedo foi retirado. A matéria-prima foi coletada numa única semana, e armazenada a -18 °C para posterior utilização.

Para obtenção da fibra, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, cortadas manualmente em pedaços de aproximadamente 1 cm², lavadas e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio (150 mg L⁻¹) por 10 min. Em seguida, as amostras foram colocadas em secador com circulação de ar forçado, desenvolvido da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a 60 °C, até atingir peso constante. Após o resfriamento à temperatura ambiente o produto seco foi triturado em moinho (Arbel, modelo MCF55, Brasil). A fibra obtida foi separada em peneiras para análise granulométrica (Bertel, Brasil), as partículas separadas tinham tamanho inferior a 125 µm (115 mesh). A fibra obtida foi embalada a vácuo em seladora (Fastvac, modelo F200, Brasil) e armazenada sob ausência de luz.

2.2. Elaboração dos bolos

2.2.1 Material

Os ingredientes (suco de laranja, farinha de trigo, fermento químico, açúcar cristal, ovos, laranja pêra, aroma de laranja e gordura vegetal hidrogenada) foram adquiridos no mercado local.

2.2.2 Formulação

Foram realizadas quatro formulações de bolo, sendo uma denominada de controle (BC) com adição de gordura vegetal hidrogenada, uma com 3 % de fibra de laranja (BF3) e uma com 6 % de fibra de laranja (BF6).

Tabela 1

Formulação do bolo sem adição de fibras e com adição de gordura (BC) e dos bolos com adição de fibra e sem adição de gordura (BF3 e BF6).

Ingredientes	Composição (g)*		
	BC	BF3	BF6
Farinha de trigo	100	100	100
Açúcar cristal	60	60	60
Ovos	50	50	50
Suco de laranja	50	75	75
Gordura vegetal hidrogenada (GVH)	40	-	-
Fibra de laranja	-	3	6
Fermento químico	5	5	5
Aroma de laranja	1	1	1
Raspas de laranja	3	3	3

*Ingredientes foram calculados em gramas para cada 100 g de farinha de trigo.

2.2.3 *Processamento*

Todos os ingredientes foram pesados individualmente em balança centesimal (Bel Engineering, modelo M3102, China). Os ovos foram separados manualmente em clara e gema. As claras foram batidas em neve, juntamente com parte do açúcar, em batedeira planetária (Arno, modelo BPA, Brasil), por 2 min em velocidade média (nível 2). Separadamente as gemas, a gordura vegetal hidrogenada, o aroma de laranja, as raspas de laranja e o restante do açúcar, foram misturados em batedeira por 2 min em velocidade média. Nos bolos com adição de fibras (BF3 e BF6), a gordura vegetal hidrogenada foi substituída pela fibra, que foi hidratada em suco de laranja na batedeira por 1 min em velocidade baixa (nível 1).

Após este processo a farinha e o suco foram incorporados alternadamente à mistura da batedeira e homogeneizados por mais 2 min em velocidade baixa (nível 1). Ao final, foram acrescentados o fermento e as claras em neve e a massa foi misturada manualmente. Foram colocadas aproximadamente 140 g de massa em formas de alumínio (14 cm x 6 cm x 5 cm), previamente untadas com margarina, sendo levadas ao forno industrial (Tedesco, modelo FTT 150E, Brasil) pré-aquecido por 10 min e assados por 25 min a 160 °C. Os bolos foram retirados do forno logo após assados e resfriados a temperatura ambiente por uma hora sendo então encaminhados para as análises específicas.

2.3 *Análises*

2.3.1 *Composição centesimal*

Todas as análises foram realizadas de acordo com os métodos da AOAC (1990). O teor de proteína total foi determinado pelo método de Kjeldahl, utilizando o fator de correção de 6,25. O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Soxhlet (Foss, modelo Soxtec 2055™, Dinamarca). O teor de cinzas foi realizado em mufla (Linn Elektro Therm, modelo LM 312.6 SO 1729, Alemanha) à

550°C. O teor de umidade foi determinado em estufa a 105 °C (DeLeo, modelo TLK 48, Brasil) e o conteúdo de carboidratos foi determinado por diferença. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos em gramas por 100 gramas de matéria seca.

2.3.2 *Volume Específico*

O volume específico (mL g^{-1}) dos bolos foi obtido pela razão entre o volume aparente (mL) e a massa do bolo após o forneamento (g).

Os bolos após assados e resfriados durante uma hora foram pesados em balança (Bel Engineering, modelo M3102, China). O volume aparente dos bolos foi determinado em equipamento apropriado, dotado de recipiente com volume conhecido e contendo sementes de painço, o volume ocupado por cada bolo neste recipiente foi medido através do deslocamento das sementes para uma proveta graduada. (PIZZINATO e CAMPAGNOLLI, 1993).

2.3.3 *Cor do Miolo*

As análises de cor das amostras de bolo foram determinadas em colorímetro (Minolta®, modelo CR400, Japão), seguindo o sistema de cor CIE- $L^*a^*b^*$. Foram avaliados os valores L^* (luminosidade) que variam do preto (0) ao branco (100), os valores do croma a^* que variam do verde (-60) ao vermelho (+60) e os valores do croma b^* que variam do azul (-60) ao amarelo (+60). Foram calculados também o valor do croma ou C^* e do h_{ab} ou ângulo de tonalidade, referidos como sistema de cor CIELCh, de acordo com Minolta (1993), por meio das Equações 1 e 2.

$$\text{Croma } (C^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (2)$$

2.3.4 *Atividade de Água*

A atividade de água (a_w) dos bolos foi medida em aparelho medidor de atividade de água portátil HygroPalm (Rotronic, Suíça). A medida foi realizada em três dias diferentes após a elaboração dos bolos (primeiro, terceiro e quinto dia). As amostras foram embaladas a vácuo e mantidas em temperatura ambiente.

2.3.5 *Análise Sensorial*

As amostras de bolo foram avaliadas sensorialmente, pelo teste de aceitação. A análise foi realizada com 50 provadores não treinados, com idade entre 18 e 68 anos. O teste constituiu na apresentação simultânea das três amostras, cortadas em fatias de aproximadamente 10 g, e servidas em pratos codificados com algarismos de três dígitos aleatórios. Foi avaliada a aceitação de atributos

como aparência, cor, odor, sabor, sabor residual, textura e a aceitação global, utilizando-se a escala hedônica de 9 pontos (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 2007).

COMITÊ DE ÉTICA: Para participar da pesquisa, todos os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Protocolo nº 21912)

2.3.6 *Análise Estatística*

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), sendo consideradas significativas ($p \leq 0,05$). A comparação entre as médias foi feita mediante teste de Tukey. As análises foram realizadas utilizando *software* Statistica 10.0 (STATSOFT).

3. Resultados e discussão

3.1. *Composição centesimal*

Os bolos BF3 e BF6 apresentaram diferença significativa quanto ao teor de umidade, cinzas e lipídeos em relação ao bolo padrão (Tabela 2). Os bolos enriquecidos com fibra de laranja tiveram os maiores valores de umidade, o que já era esperado, devido a um acréscimo de 25 % de suco de laranja para hidratação da fibra. Os valores de cinzas também foram superiores.

O teor de lipídeos do bolo padrão foi significativamente maior ao encontrado nos bolos com adição de fibra de laranja. A redução média no teor de gordura do bolo adicionado de fibra em relação ao bolo padrão foi de 90 %, esse resultado foi superior ao obtido por Martínez-Cervera *et al.* (2011) que elaboraram “muffins” utilizando fibra de cacau em substituição a gordura e obtiveram uma redução de até de 75 % no teor de lipídeos em relação ao “muffin” padrão.

Estudo realizado por Zambrano *et al.* (2005) avaliaram a adição de goma xantana, goma guar e emulsificante como substituto de gordura em bolos e obtiveram uma redução média de 55 % no teor de gordura de bolos. Resultados semelhantes foram obtidos por Grigelmo-Miguel, Carreras-boladeras e Martin-Belloso (2001) que adicionaram fibra de pêssego em substituição à óleo vegetal em “muffins” e obtiveram uma redução de 60 % no teor de gordura em relação a amostra padrão.

O bolo BF6 mostrou valores significativamente maiores de proteína em comparação aos demais bolos. Houve um acréscimo de 39 % em relação ao bolo padrão, devido à adição da fibra que possui em média 8,5 % de proteína. Em estudo realizado por Zavareze, Moraes e Salas-Mellado (2010) foi avaliado a utilização de soro de leite em pó na elaboração de bolos com objetivo de analisar a influência destes na composição química. Obtiveram como resultado um acréscimo de 11,5 % de proteína com a adição de soro.

Tabela 2

Composição proximal e valor calórico do bolo controle (BC) e dos bolos com 3 g (BF3) e 6 g (BF6) de fibra de laranja

Formulação ²	BC	BF3	BF6
Umidade (%)	25,32 ± 1,42 ^b	37,67 ± 0,13 ^a	36,00 ± 1,90 ^a
Cinzas (%) b.s.	1,7 ± 0,39 ^b	2,42 ± 0,04 ^a	2,32 ± 0,09 ^a
Lipídeos (%) b.s.	21,46 ± 0,61 ^a	1,88 ± 0,06 ^b	2,49 ± 0,04 ^b
Proteínas (%) b.s.	7,9 ± 0,25 ^c	11,02 ± 0,29 ^b	12,75 ± 0,18 ^a
Carboidratos¹ (%) b.s.	68,93 ± 0,64 ^c	84,66 ± 0,32 ^b	82,42 ± 0,14 ^a
kcal	342 ± 7,0 ^a	249 ± 0,3 ^b	259 ± 7,6 ^b

¹ calculado por diferença; ² Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O valor calórico dos bolos obtidos das diferentes formulações considerando as composições químicas e os coeficientes de ATWATER (carboidrato e proteína = 4,0 kcal/g; lipídeo = 9,0 kcal/g), estão na Tabela 2.

Verificou-se a partir dos resultados que o valor calórico dos bolos BF3 e BF6 foi significativamente menor que o bolo padrão. A utilização da fibra se torna interessante como substituto de gordura, já que enriqueceu o produto, elevando seu teor de fibras sem contribuir com o aumento do valor calórico.

Atualmente a obesidade é um problema significativo de saúde pública, sendo assim o desenvolvimento de produtos com menor aporte calórico e com ingredientes que apresentam propriedades promotoras de saúde se faz necessário como uma medida de controle da doença (COUTINHO, 1999; MOSCATTO, PRUDÊNCIO-FERREIRA e HAULY, 2004).

3.2. Volume específico

A Figura 1 mostra os valores de volume específico do bolo controle (BC), do bolo contendo 3 g (BF3) de fibra de laranja e do bolo contendo 6 g (BF6) de fibra de laranja.

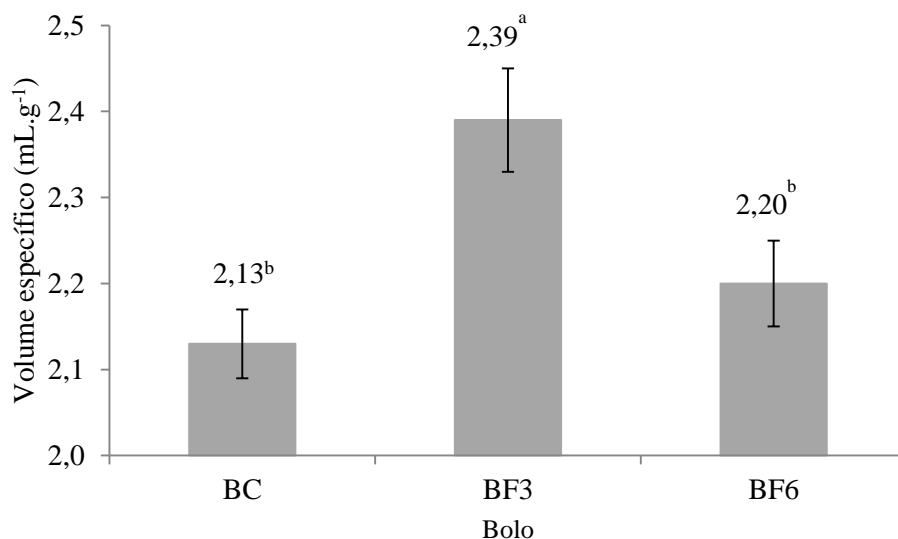


Figura 1. Volume específico do bolo controle (BC), do bolo contendo 3 g de fibra de laranja (BF3) e do bolo contendo 6 g de fibra de laranja (BF6). *Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Através da Figura 1, pode-se observar que os valores de volume específico foram maiores nos bolos adicionados de 3 g (BF3) de fibra de laranja, diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) quando comparados aos demais bolos (BC e BF6).

Gutkoski *et al.* (2009) avaliaram a influência dos teores de aveia e de gordura nas características tecnológicas e funcionais de bolos e verificaram que o volume específico dos bolos não foi influenciado pela quantidade de aveia adicionada mas sofreu influência linear negativa da quantidade de gordura utilizada nas formulações. Resultados semelhantes foram obtidos neste estudo, provavelmente pelos altos teores de gordura que foram utilizados na formulação do bolo padrão.

A adição de gomas guar e xantana como substitutos de gordura em bolos não influenciou nos valores de volume específico dos mesmos (Zambrano *et al.*, 2005).

Os bolos com redução de gordura e adicionados de uma maior concentração de fibra (BF6) tiveram menores valores de volume específico em relação aos bolos BF3, indicando que uma maior concentração de fibra prejudicou o volume dos bolos, resultados semelhantes foram obtidos por Sudha, Baskaran e Leelavathi, (2007) que adicionaram bagaço de maçã como fonte de fibra em bolos verificando que a um aumento na concentração de bagaço resultou na diminuição do volume dos bolos.

3.3. Cor do miolo

A cor dos alimentos é um dos atributos mais importantes, podendo influenciar a decisão de compra dos consumidores, também representa indicador de pigmentos durante o escurecimento não enzimático e o processo de caramelização (IBANOGLU, 2002).

Tabela 3

Parâmetros de cor avaliados no bolo controle (BC) e nos bolos com 3% e 6% de fibra de laranja (BF3 e BF6)

Cor¹	BC	BF3	BF6
L*	73,38 ± 1,24 ^a	74,29 ± 0,57 ^a	69,47 ± 0,35 ^b
a*	1,02 ± 0,25 ^b	1,08 ± 0,23 ^b	2,32 ± 0,25 ^a
b*	27,06 ± 0,84 ^c	30,63 ± 0,57 ^b	35,10 ± 0,14 ^a
C*	27,08 ± 0,84 ^c	30,65 ± 0,57 ^b	35,18 ± 0,13 ^a
h_{ab}	87,87 ± 0,49 ^a	87,99 ± 0,40 ^a	86,21 ± 0,43 ^b

¹ Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicaram que para o parâmetro L^* , não houve diferença entre o bolo controle e bolo BF3 sendo que ambos diferiram do bolo BF6. Valores de L^* mais altos indicam maior reflectância da luz correspondendo a bolos com coloração clara (ESTELLER, ZANCANARO JÚNIOR e LANNES, 2006).

Quando adicionada uma maior concentração de fibra (BF6), os parâmetros a^* e b^* aumentam e o L^* diminui. Este resultado foi condizente ao que foi observado por Grigelmo-Miguel, Carreras-Boladeras, e Martin-Belloso (1999) quando adicionaram fibra de pêssego em “muffins” e Gómez *et al.* (2010) que elaboraram bolos com fibras (farelo de trigo, farelo de aveia e celulose microcristalina).

Em relação à coordenada de cromacidade b^* (tonalidade amarela) todas as amostras de bolo diferiram entre si, sendo que os bolos adicionados de fibra de laranja obtiveram os maiores valores, proporcionalmente ao teor de fibra que foi adicionado em cada formulação. Resultados semelhantes foram obtidos por Grigelmo-Miguel, Gorinstein e Martin-Belloso (2001) que adicionaram fibra de pêssego em muffins com teor reduzido de gordura.

Os valores de a^* e b^* são utilizados para calcular os valores de croma (C^*) e o ângulo hue (h_{ab}). Verificou-se que o bolo BF6 teve um maior valor de C^* , indicando aumento na intensidade de sua cor.

3.4. Atividade de água

A atividade de água (a_w) indica a quantidade de água disponível para realizar o movimento molecular e suas transformações e promover o crescimento microbiano no produto (GUTKOSKI *et al.*, 2009).

Tabela 4

Atividade de água do bolo controle (BC) e dos bolos com 3 g (BF3) e 6 g (BF6) de fibra de laranja, no primeiro, terceiro e quinto dia após a elaboração.

Bolo	Dia 1	Dia 3	Dia 5
BC	0,88 ± 0,01 ^{bA}	0,87 ± 0,00 ^{bA}	0,88 ± 0,01 ^{bA}
BF3	0,92 ± 0,01 ^{aA}	0,91 ± 0,01 ^{aA}	0,92 ± 0,00 ^{aA}
BF6	0,92 ± 0,01 ^{aA}	0,91 ± 0,00 ^{aA}	0,92 ± 0,00 ^{aA}

¹ Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Analisando os resultados (Tabela 4), pode-se verificar que todos os bolos mantiveram-se sem variações significativas ($p \leq 0,05$) nos valores de a_w ao longo dos 5 dias que foram armazenados e analisados.

A atividade de água média dos bolos BF3 e BF6 foram significativamente maiores que o bolo controle, devido a adição de uma maior quantidade de água na formulação dos bolos com fibra. Valores de atividade de água acima de 0,80 a 0,88 favorecem o desenvolvimento de bolores e leveduras, respectivamente (TEIXEIRA NETO, 1997).

A a_w dos bolos com fibra de laranja, assim como o bolo controle se mantiveram estáveis ao longo dos dias, fato benéfico tendo em vista que a perda de umidade é um dos principais fatores associados a bolos de baixa qualidade (WALTER *et al.*, 2010).

3.5. Análise sensorial

Verificou-se que dentre os atributos analisados, a cor não apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras de bolo (Tabela 5). Sendo assim observou-se que a mudança na coloração identificada instrumentalmente não foi percebida pelos julgadores.

Entre todos os atributos avaliados, a textura foi o único parâmetro que diferiu significativamente entre o bolo BC e o bolo BF3 de fibra de laranja. Para os demais atributos, ambas as amostras foram avaliadas de maneira semelhante pelos julgadores não havendo diferença entre elas.

O bolo BF6 apresentou menor valor para o atributo de aceitação global, diferindo das outras formulações, resultado reforçado com os comentários dos julgadores, como “a amostra é muito amarga” e “textura desagradável”. O mesmo foi observado por Sudha, Baskaran e Leelavathi (2007), onde uma maior adição de fibra de bagaço de maçã resultou em uma redução na aceitação dos bolos.

O sabor de produtos com reduzido teor de gordura tende a ter menor aceitabilidade do que produtos com alto teor de gordura, devido à falta de compostos solúveis em gordura que são liberados durante a mastigação e contribuem para o sabor global (PINHEIRO e PENNA, 2004). Resultados contrários a essa teoria foram obtidos neste estudo tendo em vista que os bolos BF3 apresentaram

sabor similar ao bolo controle o mesmo também foi observado por Devereux *et al.* (2006) em bolos de chocolate com baixo teor de gordura e adicionado de inulina e oligofrutose.

Tabela 5

Aceitação sensorial dos atributos do bolo controle (BC) e dos bolos com 3 g (BF3) e 6 g (BF6) de fibra de laranja

Atributos	Produtos ¹		
	BC	BF3	BF6
Aparência	7,42 ± 1,42 ^a	7,32 ± 1,11 ^{ab}	6,76 ± 1,52 ^b
Cor	7,62 ± 1,32 ^a	7,40 ± 1,21 ^a	7,04 ± 1,40 ^a
Aroma	7,44 ± 1,45 ^a	6,96 ± 1,60 ^{ab}	6,32 ± 1,92 ^b
Sabor	7,38 ± 1,60 ^a	6,74 ± 1,66 ^a	5,84 ± 1,81 ^b
Sabor residual	7,12 ± 1,69 ^a	6,62 ± 1,63 ^{ab}	5,92 ± 1,91 ^b
Textura	7,58 ± 1,39 ^a	6,58 ± 1,65 ^b	5,88 ± 1,96 ^b
Aceitação global	7,44 ± 1,59 ^a	7,20 ± 1,28 ^a	6,04 ± 1,70 ^b

¹ Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No desenvolvimento de um novo produto a aceitabilidade é o fator principal a ser considerado, a fim de prever sua aprovação frente ao mercado consumidor (MOSCATTO, PRUDÊNCIO-FERREIRA e HAULY, 2004). Neste âmbito a substituição da gordura por 3 g de fibra (BF3), não alterou a formulação do bolo de forma a modificar sua preferência perante os julgadores.

4. Conclusão

Os bolos com adição de fibra obtiveram valores maiores de umidade, cinzas, proteína e volume específico e uma média de 90 % no teor de lipídeos e até 27 % no valor calórico do produto.

A substituição da gordura por 3 g de fibra de laranja para cada 100 g de farinha de trigo, não alterou as características sensoriais do bolo de forma a modificar sua preferência perante os julgadores, mostrando resultados semelhantes em todos os parâmetros comparativos ao bolo controle. No entanto, o bolo com adição de 6 g de fibra apresentou valor menor para o atributo de aceitação global, diferindo das outras formulações.

Assim, diante dos dados supracitados, podemos concluir que a fibra de laranja pode ser considerada uma boa alternativa como substituto de gordura em bolos por conservar as características físicas químicas e sensoriais dos mesmos.

Referências

BARKER, P.; CAUVIN, S. Fat and calorie-modified bakery products. **International Food Ingredients**, n. 1/2, p. 19-24, 1994.

BORGES, J.T.S.; PIROZI, M.R.; LUCIA, S.M.D.; PEREIRA, P.C.; MORAES, A.R.F.; CASTRO, V.C.; Utilização De Farinha Mista De Aveia E Trigo Na Elaboração De Bolos. **Boletim do CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

COUTINHO, W. Consenso latino-americano de obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 43, n. 1, 1999.

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

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**, v. 68, p. 1850–1854, 2003.

ESTELLER, M.S.; ZANCANARO JUNIOR, O.; LANNES, S.C.S. Bolo de "chocolate" produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 447 – 454, 2006.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; CARRERAS-BOLADERAS, E.; MARTIN-BELLOSO, O. Development of high-fruit-dietary fibre muffins. **European Food Research and Technology**, v. 210, p.123–128, 1999.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; GORINSTEIN, S.; MARTIN-BELLOSO, O. Characterization of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. **Food Chemistry**, v. 65, n. 2, p. 175-181, 1999.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; CARRERAS-BOLADERAS, E.; MARTÍN-BELLOSO, O. Influence of the Addition of Peach Dietary Fiber in Composition, Physical Properties and Acceptability of Reduced-Fat Muffins. **Food Science Technology International**, v. 7, n. 5, p. 425–431, 2001.

GÓMEZ, M.; MORALEJA, A.; OLIETE, B.; RUIZ, E.; CABALLERO, P.A. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 33 – 38, 2010.

GUTKOSKI, L.C.; TEIXEIRA, D.M.F.; DURIGON, A.; GANZER, A.G. BERTOLIN, T.E.; COLLA, L.M.. Influência dos teores de aveia e de gordura nas características tecnológicas e funcionais de bolos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p.254-261, 2009.

IBANOGLU, E. Kinetic study in colour changes in wheat germ due to heat. **Journal of Food Engineering**, v. 51 p. 209-213, 2002.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S.M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT – Food Science Technology**, v. 44, n. 3, p. 729–736, 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, v. 4, 2007.

MENDOZA, E.; GARCÍA, M.L.; CASAS, C.; SELGAS, M.D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v.57, p. 387-393, 2001.

MINOLTA. **Precise color communication: Color control from feeling to instrumentation**. Osaka: Minolta Camera Co. Ltd, 1993.

MOSCATTO, J.A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S.H.; HAULY, M.C.O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

NEUTZLING, M.B.; ARAÚJO, C.L.P.; VIEIRA, M.F.A.; HALLAL, P.C.; MENEZES, A.M.B. Freqüência de consumo de dietas ricas em gordura e pobres em fibra entre adolescentes. **Revista Saúde Pública**, v. 41, n. 3, 2007.

PINHEIRO, M.V.S.; PENNA, A L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, p. 175-186, 2004.

PIZZINATO, A.; CAMPAGNOLLI, D.M.F. Avaliação tecnológica de produtos derivados da farinha de trigo (pão, macarrão, biscoitos). **Boletim ITAL**, 1993.

SUDHA, M.L.; BASKARAN, V.; LEELAVATHI, K. (2006). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. **Food Chemistry**, v. 104, p. 686-692, 2007.

TEIXEIRA NETO, R.O. Isotermas de sorção de umidade: técnicas de obtenção e aplicações. In: JARDIM, D.C.P., GERMER, S.P.M. **Atividade de água em alimentos**. Campinas: ITAL, 1997. Capítulo 6. 11p.

WALTER, E.H.M.; FONTES, L.C.B.; OSAWA, C.C.; STEEL, C.J.; CHANG, Y.K. A influência de coberturas comestíveis na aceitação sensorial e intenção de compra de bolos de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p.335-341, 2010.

WHO. World Health Organization. World Health Statistics: 2012. Genebra. 2012.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R.C.C.; RAUEN-MIGUEL, A.M. Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 63-71, 2005.

ZAVAREZE, E.R.; MORAES, K.S.; SALAS-MELLADO, M.L.M.. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, p. 100-105. 2010.

DISCUSSÃO GERAL

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de aproveitar os resíduos oriundos do processamento da indústria de suco de laranja para produção de fibras e posterior aplicação em alimentos como substituto de gordura. Os resíduos, gerados em grandes quantidades no Brasil e que representam sérios problemas ao meio ambiente podem ser aproveitados como ingredientes para a indústria alimentícia devido ao seu elevado teor de fibras e compostos bioativos associados.

No primeiro artigo foram caracterizadas duas amostras diferentes de fibra de laranja: F1 (casca, bagaço e sementes) e F2 (casca). Sendo que ambas as amostras apresentaram alto teor de fibra dietética total e uma relação ideal entre fibra solúvel e insolúvel. As fibras apresentaram alta capacidade de retenção de água (CRA) e óleo (CRO), sendo que a F2 obteve maior CRA do que a fibra F1. Em relação ao teor de compostos fenólicos, a fibra obtida da casca e do bagaço (F1) apresentou 119 ± 4 mg/g amostra seca e a fibra obtida apenas da casca (F2) apresentou 125 ± 7 mg/g amostra seca. Esses valores foram superiores quando comparados com outros estudos (ALICIA, MARINA & FANNY, 2005). A fibra obtida somente da casca da laranja apresentou maior teor de carotenoides com exceção da criptoxantina e α -caroteno. O teor total de carotenoides encontrados na fibra F2 foi de 1,21 mg/100 g, cerca de 30 % mais carotenoides que a F1 (0,95 mg/100g).

Ambas as fibras foram aplicadas nos sorvetes de chocolate em substituição a gordura e mostraram-se uma ótima alternativa, pois reduziram em média 70 % do teor de gordura sem modificar significativamente propriedades sensoriais importantes do produto como cor, odor e textura. Porém, a adição das fibras prejudicou a aceitação em relação ao sabor e sabor residual. Tendo em vista esse resultado foram aplicados diferentes tratamentos na fibra obtida da casca de laranja (artigo 2).

Os tratamentos aplicados foram de hidrodestilação (SF1) e imersão em água por dois dias (SF2), com o objetivo de eliminar ou reduzir compostos responsáveis pelo sabor amargo desse subproduto. As fibras submetidas a tratamentos foram aplicadas como substituto de gordura resultando em uma redução média de 75 % de gordura dos sorvetes de chocolate, valor superior ao obtido por outros autores que utilizaram substitutos de gordura a base de proteína do leite e inulina (PRINDIVILLE, MARSHALL & HEYMANN 2000; AKALIN, KARAGÖZLÜ & ÜNAL, 2008).

A adição dessas fibras não alterou significativamente ($p \leq 0,05$) propriedades físicas como o derretimento, sendo essa uma propriedade bastante importante, pois está relacionada à estabilidade do produto quando mantido fora das condições ideais de armazenamento. Em relação à aceitação de atributos pode-se verificar que os tratamentos realizados nas fibras adicionadas aos sorvetes não foram suficientes para melhorar sua qualidade sensorial, tendo em vista que o sorvete SF, cuja fibra não sofreu tratamento, teve uma maior aceitação global (7,20) em relação aos SF1 (6,98) e SF2 (6,42) e obteve também maior intenção de compra (74 %) quando comparado com as formulações SF1 (72 %) e SF2 (44 %).

A percepção do sabor amargo das fibras nos sorvetes de chocolate levou a elaboração de um sorvete sabor limão objetivando reduzir a percepção do amargor. Utilizou-se 1 % da fibra da casca de laranja submetida a tratamento por hidrodestilação nos sorvetes de limão, o que proporcionou efeitos positivos sobre as características sensoriais, tendo em vista que todos os atributos avaliados não diferiram significativamente da amostra controle (com adição de gordura). Indicando que para a casca de laranja o tratamento aplicado foi efetivo, provavelmente pela maior duração do tratamento (quando comparada ao artigo anterior) e que o sabor de limão do sorvete disfarçou melhor o sabor residual da fibra. A aplicação da fibra não alterou outras características do sorvete como o conteúdo de proteína, as propriedades de cor, os valores de pH, a taxa de derretimento e os parâmetros de textura.

A fibra bruta da casca de laranja, também pode ser considerada uma ótima alternativa como substituto de gordura em bolo de laranja (artigo 4), pois reduziu até 90 % o teor de lipídeos e até 27% o valor calórico do produto. A substituição da gordura por 3% de fibra de laranja, proporcionou um aumento no volume específico dos bolos ($2,39 \text{ mL.g}^{-1}$) em comparação ao bolo controle ($2,13 \text{ mL.g}^{-1}$). A a_w dos bolos com fibra de laranja, assim como o bolo padrão se mantiveram estáveis ao longo dos dias, fato benéfico tendo em vista que a perda de umidade é um dos principais fatores associados a bolos de baixa qualidade (WALTER *et al.*, 2010).

A fibra não alterou a formulação do bolo de forma a modificar sua preferência perante os julgadores, mostrando resultados semelhantes em todos os parâmetros sensoriais comparativos ao bolo padrão.

Dessa forma conclui-se que as fibras dos subprodutos de laranja são efetivas como substitutos de gordura, pois resultaram em mais de 50 % de redução no teor de lipídeos dos sorvetes e 90 % nos bolos que foram aplicadas, independente do tipo de subproduto (casca ou casca, bagaço e semente) e do tratamento utilizado. Sendo que no geral, as fibras não alteraram significativamente propriedades físico-químicas originais importantes dos produtos originais (com gordura) e agregaram propriedade funcional com a adição de fibras e de compostos antioxidantes, como os compostos fenólicos e carotenoides.

Os atributos sensoriais das amostras do sorvete de limão não sofreram alteração quando a fibra da casca de laranja adicionada foi submetida a tratamento por hidrodestilação, resultado diferente do obtido em sorvete de chocolate, portanto torna-se evidente que o sabor do sorvete foi determinante para disfarçar o sabor residual da fibra dos subprodutos de laranja, resultando assim em uma maior aceitação sensorial do produto perante os julgadores.

REFERÊNCIAS

- ABIS - Associação Brasileira De Indústrias De Sorvetes. Sorvete. 2010. Disponível em: <<http://www.abis.com.br/>>. Acesso em: 01 de junho de 2011.
- ADAPA, S.; DINGELDEIN, H.; SCHMIDT, K. A.; HERALD, T. J. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.10, p. 2224-2229, 2000.
- AIME, D. B.; ARNTFIELD, S. D.; MALCOLMSON, L. J.; RYLAND, D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**, v.34, p.237–246, 2001.
- AKALIN, A. S.; KARAGÖZLÜ, C.; ÜNAL, G. (2008). Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. **European Food Research and Technology**, v.227, n.3,p.889-895.
- AKOH, C.C. Fat replacers. **Food Technology**, v.52, n.3, p.47–52, 1998.
- ALICIA, M. R.; MARINA, V. A.; FANNY, C. P. Chemical composition and bioactive compounds of flour of orange (*Citrus sinensis*), tangerine (*Citrus reticulata*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) peels cultivated in Venezuela. **Archivos Latinoamericanos De Nutricion**, v.55, p.305-310, 2005.
- American Heart Association (2010). Dictionary of Nutrition Fat Substitutes. Disponível em:<http://www.heart.org/HEARTORG/GettingHealthy/NutritionCenter/HealthyDietGoals/Dictionar-y-of-Nutrition_UCM_305856_Article.jsp> . Acesso em: 28 de maio de 2011.
- ÁLVAREZ, E. E.; SÁNCHEZ, P. G. La fibra dietética. **Nutrición Hospitalaria**, v.21, n.2, p.61-72, 2006.
- ALESÓN-CARBONELL, L.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; KURI, V. Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. **Food Science and Technology International**, v.11, n.2, p.89–97, 2005.
- American Heart Association (2011). Whole Grains and Fiber. Disponível em: <<http://www.heart.org>> . Acesso em: 15 maio 2011.
- ANDERSON, J. W.; SMITH, B. M.; GUSTAFSON, N. J. Health benefits and practical aspects of high-fibre diets. **American Journal of Clinic Nutrition**, v.59, p.1242-1247, 1994.

ANDERSON, E. T.; BERRY, B. W. Sensory, shear, and cooking properties of lower-fat beef patties made with inner pea fiber. **Journal of Food Science**, v.65, n.5, p.805-810, 2000.

ARIHARA, K. Strategies for designing novel functional meat products. **Meat Science**, Barking, v.74, p. 219-229, 2006.

AUFFRET, A.; RALET, M. C.; GUILLON, F.; BARRY, J. L.; THIBAUT, J. F. Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibers. **Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v.27, n.2, p.166-172, 1994.

BENAVENTE-GARCÍA, O.; CASTILLO, J.; MARÍN, F. R.; ORTUÑO, A.; DEL RÍO, J. A. Uses and properties of Citrus flavonoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.12, p.4505–4515, 1997.

BORDERÍAS, A.J.; SÁNCHEZ-ALONSO, I.; PÉREZ-MATEOS, M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.16, p. 458-465, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA . Portaria 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 16 jan. 1998.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprovar o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de dezembro de 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução-RDC Nº- 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Disponível em: <<http://anvisa-resolucao-rdc270-de-22-09-2005>>. Acesso em: 17 de dezembro 2012.

CACERES, E.; GARCIA, M. L.; SELGAS, M. D. The effect of fructooligosaccharides on the sensory characteristics of cooked sausages. **Meat Science**, v.68, p.87-96, 2004.

CHAU, C. F.; HUANG, Y. L. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of Citrus sinensis L. Cv. Liucheng. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.9, p.2615–2618, 2003.

CITRUSBR – Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Disponível em:<<http://www.citrusbr.com.br>. Acesso em: 3 junho 2011.

Codex Alimentarius, 2010. Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 as last amended 2010. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission, FAO, Rome. Disponível em : < <http://www.codexalimentarius.net/>>. Acesso em: 12 abril 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. Ed. Editora: Artmed, 2010.

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

DJILAS, S.; CANADANOVIC-BRUNET, J., CETKOVIC, G. By-products of fruit processing as a source of phytochemicals. **Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly**, v.15, p.191-202, 2009.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v.124, n.2, p.411-421, 2011.

FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; FERNÁNDEZ GINÉS, L.; ALESON CARBONELL, E.; SENDRA, E.; SAYAS BARBERÁ, J.A.; PÉREZ ALVAREZ, J.A. Application of functional citrus by-products to meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, p.176-185, 2004.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SENDRA-NADAL, E.; NAVARRO, C.; SAYAS, E.; VIUDA-MARTOS, M.; ALVAREZ, J. A. P. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science & Technology**, v.44, p.748–756, 2009.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M.; SENDRA, E.; SAYAS-BARBERÁ, E.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. **European Food Research Technology**, v.226, p.1–6, 2007.

FIGUEROLA, F.; HURTADO, M. A. L.; ESTÉVEZ, A. M. A.; CHIFFELLE, I.; ASENJO, F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, v.91, n.3, p.395-40, 2005.

GALAVARNA, G. D. I.; SILVESTRO, G.; CASSANO, A.; SFORZA, S.; DOSSENA, A.; DRIOLI, E.; MARCHELLI, R. A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: effect on bioactive compounds and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.106, p.1021–1030, 2008.

GALLAHER, D. D.; LOCKET, P. L.; GALLAHER, C. M. Bile acid metabolism in rats fed two levels of corn oil and brans of oat, rye and barley and sugar beet fiber. **Journal of Nutrition**, v.122, p. 473–481, 1992.

GARCÍA, M. L.; DOMÍNGUEZ, R.; GALVEZ, M. D.; CASAS, C.; SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. **Meat Science**, v.60, p.227–236, 2002.

GOFF, H. D. 65 Years of ice cream science. **International Dairy Journal**, v.18, p.754– 758, 2008.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; GORINSTEIN, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Characterization of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. **Food Chemistry**, v.65, p.175–181, 1999.

GRIGUELMO-MIGUEL, N.; MARTÍN-BELLOSO, O. Characterization of dietary fiber from Orange juice extraction. **Food Research International**, v.31, n.5, p.335-361, 1999a.

GRIGUELMO-MIGUEL, N.; MARTÍN-BELLOSO, O. Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. **Lebensmittel Wissenschaft Und-Technologie**, v.32, p.503–508, 1999b.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; CARRERAS-BOLADERAS, E.; MARTÍN-BELLOSO, O. Influence of the Addition of Peach Dietary Fiber in Composition, Physical Properties and Acceptability of Reduced-Fat Muffins. **Food Science Technology International**, v. 7, n. 5, p. 425–431, 2001.

GÓMEZ, M.; MORALEJA, A.; OLIETE, B.; RUIZ, E.; CABALLERO, P.A. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, p.33–38, 2010.

GORINSTEIN, S.; ZACHWIEJA, Z.; FOLTA, M.; BARTON, H.; PIOTROWICZ, J.; ZEMBER, M.; WEISZ, M., TRAKHTENBERG, S.; MARTÍN-BELLOSO, O. Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.952–957, 2001.

JAIME, L.; MOLLÁ, E.; FERNÁNDEZ, A.; MARTÍN-CABREJAS, M.; LÓPEZ-ANDRÉU, F.; ESTEBAN, R. Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.122–128, 2002.

JIMENEZ-COLMENERO, F. Technologies for developing low- fat meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, p. 41-48, 1996.

JIMENEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v.11, p.56-66, 2000.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; CARBALLO, J.; COFRADES, S. Healthier meat and meat products: their role as Functional foods. **Meat Science**, Barking, v.59, p.5-13, 2001.

JIMÉNEZ-ESCRIBANO, A.; RINCÓN, M.; PULIDO, R.; SAURA-CALIXTO, F. Guava fruit as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.5489–5493, 2001.

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

LARIO, Y.; SENDRA, E.; GARCÍA-PÉREZ, J.; FUENTES, C.; SAYAS-BARBERÁ, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.5, n.1, p.113-117, 2004.

LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruits by-products. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, p.3–8, 1999.

LARREA, M. A.; CHANG, Y. K.; MARTINEZ-BUSTOS, F. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. **LWT- Food Science and Technology**, v.38, n.3, p.213–220, 2005.

LIMA, J. R & NASSAU, R. T. Substitutos de gordura em alimentos: características e aplicações. **Química Nova**, v. 19, n. 2, p. 127-134, 1996.

MANSOUR, E. H.; KHALIL, A.H. Characteristics of low-fat beefburgers as influenced by various types of wheat fibres. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.79, n.4, p.493-498, 1999.

MARÍN, F. R.; MARTINEZ, M.; URIBESALGO, T.; CASTILLO, S.; FRUTOS, M. J. Changes on nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extracting systems. **Food Chemistry**, v.78, p.319–324, 2002.

MARÍN F. R.; SOLER-RIVAS, C.; BENAVENTE-GARCÍA, O.; CASTILLO, J.; & PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**, v.100, p.736–741, 2007.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B., MOULAY, L.; FISZMAN, S.M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT – Food Science Technology**, v. 44, n. 3, p. 729–736, 2011.

MATTOS, L.L.; MARTINS, I.S. Consumo de Fibras Alimentares em População Adulta. **Revista Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

MCKEE, L.H.; LATNER, T.A. Underutilized sources of dietary fiber: a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.55, p.285–304, 2000.

MEIER, R.; GASSULL, M.A. Consensus recommendations on the effects and benefits of fibre in clinical practice. **Clinical Nutrition Supplements**, v.1, p.73-80, 2004.

MENDOZA, E.; GARCÍA, M. L.; CASAS, C.; SELGAS, M. D.; Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v.57, p. 387-393, 2001.

MEZA, B. E.; VERDINI, R. A.; RUBIOLO, A. C. Effect of freezing on the viscoelastic behaviour during the ripening of a commercial low-fat soft cheese. **International Dairy Journal**, v. 21, p. 346-351, 2011.

MODZELEWSKA-KAPITULA, M.; KLEBUKOWSKA, L. Investigation of the potential for using inulin HPX as a fat replacer in yoghurt production. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, p. 209-214, 2009.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Paraná, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

NAGY, S.; ATTAWAY, J. A. Anticarcinogenic activity of phytochemicals in citrus fruit and their juice products. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v.105, p.162–168, 1992.

NIJVELDT, R. J.; VAN NOOD, E.; VAN HOORN, D. E. C.; BOELENS, P. G.; VAN NORREN, K.; VAN LEEUWEN, P. A. M. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.74, p.418–425, 2001.

NIU, L. -Y., WU, J. -H, LIAO, X. -J, CHEN, F., WANG, Z. -F, ZHAO, G. -H, HU, X. Physicochemical characteristics of orange juice samples from seven cultivars. **Agricultural Sciences in China**, v.7, n.1, p.41–47, 2008.

OHMES, R.L.; MARSHALL, R.T.; HEYMANN, H. Sensory and physical properties of ice cream containing milk fat or fat replacers. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 1222-1228, 1998.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**. Volume 1, Componentes dos Alimentos e Processos. Editora Artmed, 2005.

PAVANELLI, A. P.; CICHELO, M. S.; PALMA, E. J. Emulsificantes como agentes de aeração em bolos. **Oxiten**, 2000. Disponível em: <<http://www.oxiten.com.br>>. Acesso em: 01 de maio de 2010.

PEREIRA, C. L. F. **Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais. Estudo de caso: suco de laranja e etanol**. Campinas, 2008. 268p. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.

PINHEIRO, M.V.S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, p. 175–186, 2004.

PRINDIVILLE, E. A.; MARSHALL, R. T.; HEYMANN, H. Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.10, p.2216-2223, 2000.

RAEISSI, S.; DIAZ, S.; ESPINOSA, S.; PETERS, C. J.; BRIGNOLE, E. A. Ethane as an alternative solvent for supercritical extraction of orange peel oils. **Journal of Supercritical Fluids**, v.45, p.306–313, 2008.

REGAND, A.; GOFF, H. D. Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems. **Food Hydrocolloids**, v.17, p.95–102, 2003.

REHMAN, Z. U.; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chemistry**, v. 87, n. 4, p. 613-617, 2004.

RINCÓN, A. M.; VÁSQUEZ, M. A.; PADILLA, F. C. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cascaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 55, n. 3, p. 305-310, 2005.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNANDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, p.3–15, 2006.

ROMANCHIK-CERPOVICZ, J. E., COSTANTINO, A. C., GUNN, L. H. Sensory evaluation ratings and melting characteristics show that okra gum is an acceptable milk-fat ingredient substitute in chocolate frozen dairy dessert. **Journal of the American Dietetic Association**, v.106, n.4, p.594-597, 2006.

ROMERO-LOPEZ, M. R.; OSORIO-DIAZ, P.; BELLO-PEREZ, L. A.; TOVAR, J.; BERNARDINO-NICANOR, A. Fiber Concentrate from Orange (*Citrus sinensis* L.) Bagase: Characterization and

Application as Bakery Product Ingredient. **International Journal of Molecular Sciences**, v.12, n.4, p.2174-2186, 2011.

SÁENZ, C.; ESTÉVEZ, A. M.; SANHUEZA, S. Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 57, n. 2, p. 186-191, 2007.

SAURA-CALIXTO, F. Evolución del concepto de fibra. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006. Cap. 10, p.235-253.

SCHAUB, S. M.; LEONARD, J.J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p.263-268, 1996.

SCHIEBER, C.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. **Trend in Food Science & Technology**, v. 12, p.401-413, 2001.

SENDRA, E.; KURI, V.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A. Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. **LWT- Food Science and Technology**, v.43, n.4, p.708–714, 2010.

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**, v.21, n.1, p.155-165, 2010.

STURTZEL, B.; DIETRICH, A.; WAGNER, K. H.; GISINGER, C.; ELMADFA, I. The status of vitamins B6, B12, folate, and of homocysteine in geriatric home residents receiving laxatives or dietary fiber. **The Journal of Nutrition Health and Aging**, v. 14, p. 219–223, 2010.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, p.41-48, 1997.

TOSH, S.M.; YADA, S. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: characterization, functional attributes, and applications. **Food Research International**, v.43, p.450–460, 2010.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat Science**, v.85, n.3, p.568–576, 2010a.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Effect of orange dietary fibre, oregano essential oil and packaging conditions on shelf-life of bologna sausages. *Food Control*, v.21, n.4, p.436–443, 2010b.

WALTER, E.H.M.; FONTES, L.C.B.; OSAWA, C.C.; STEEL, C.J.; CHANG, Y.K. A influência de coberturas comestíveis na aceitação sensorial e intenção de compra de bolos de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p.335-341, 2010.

WELTY, W.M.; MARSHALL, R.T.; GRUN, I.U.; ELLERSIECK, M. R. Effects of milk fat, cocoa butter, or selected fat replacers on flavor volatiles of chocolate ice cream. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 21–30, 2001.

World Health Organization (WHO). Prevention of Cardiovascular Disease - Pocket Guidelines for Assessment and Management of Cardiovascular Risk. Geneva, 2007. Disponível em: <http://www.who.int/cardiovascular_diseases/guidelines/Pocket_GL_information/en/>. Acesso em: 28 maio 2011

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R.C.C.; RAUEN-MIGUEL, A.M. Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 63-71, 2005.

ANEXO A

Desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura

Artigo aceito para publicação na revista Ciência Rural

RESUMO: A procura por alimentos mais saudáveis por parte dos consumidores tem impulsionado as indústrias de alimentos a desenvolverem alimentos que contenham menor teor de gordura, contudo sem alterar as características sensoriais e nutricionais dos produtos. A indústria de sorvetes é uma das que mais utiliza gordura em suas formulações, contendo em média 10 % deste ingrediente. Uma alternativa para a substituição de gorduras é a fibra de frutas cítricas, que vem sendo utilizada com sucesso, reduzindo o teor de gordura na indústria de embutidos, por exemplo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características sensoriais e físico-químicas de sorvetes elaborados com fibra de casca de laranja amarga comercial como substituto da gordura. Foram utilizadas duas formulações com concentrações diferentes de fibra de laranja (F1 com 0,74 % e F2 com 1,10 % de fibra) e uma formulação controle (com gordura). Para as duas formulações foram encontrados valores condizentes com a literatura para a composição centesimal do sorvete. Em relação ao valor energético dos sorvetes foi observada uma redução de mais de 25 % indicando que o produto pode ter alegação de “light”. Para o teor de fibra dos sorvetes, os valores observados foram de F1 1,4 % e F2, 2,0 %, podendo, segundo a ANVISA, considerar o sorvete da formulação F2 como fonte de fibras. Os atributos de cor, odor e textura não apresentaram diferenças entre as amostras. Já sabor, sabor residual e aceitação global obtiveram diferenças entre as amostras com fibra e a controle. Os sorvetes elaborados com fibra de casca de laranja obtiveram índices de aceitação de 78 %.

PALAVRAS-CHAVE: SORVETE, FIBRA DE LARANJA, ANÁLISE SENSORIAL, ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.

ABSTRACT: The demand for healthier foods by consumers has driven the food industry to develop foods that contain less fat, however without altering the sensory characteristics and nutritional products. The ice cream industry is one that uses more fat in their formulations, containing on average 10 % of this ingredient. An alternative to the replacement of fat is the fiber of citrus fruits, which has been used successfully by reducing the fat content in the meat industry, for example. Thus, the objective of this study was to evaluate the sensory characteristics and physical-chemical ice cream made with fiber commercial bitter orange peel as a substitute for fat. Was used two formulations with different concentrations of orange fiber (F1 and F2 with 0.74 % to 1.10 % fiber) and a control

formulation (with fat). For the two formulations were found consistent with the literature values for the chemical composition of ice cream. Regarding the energy value of ice cream was observed reduction of more than 25 %, indicating that the product may claim "light". For the fiber content of the cream, the values were 1.4 % of F1 and F2, 2.0 %, can, according to ANVISA consider ice cream formulation F2 as a source of fiber. The attributes of color, odor and texture didn't differ between samples. Already flavor, after taste and overall acceptability differences between samples obtained with fiber and control. Ice cream prepared with fiber obtained orange peel acceptance rates of 78 %.

KEYWORDS: ICE CREAM, ORANGE FIBER, SENSORY EVALUATION, PHYSICO-CHEMICAL.

INTRODUÇÃO

Os consumidores estão cada vez mais conscientes da relação entre alimentação e saúde, buscando melhorar sua qualidade de vida exigem alimentos mais saudáveis, que possuam ingredientes naturais seguros e que promovam benefício a saúde (SIRÓ et al., 2008)

De acordo com Rodríguez et al. (2006) o consumo de fibras alimentares possui papel importante em muitos processos fisiológicos e na prevenção de algumas doenças. As fibras alimentares vêm sendo utilizadas como ingredientes no desenvolvimento de muitos produtos, não apenas por suas propriedades nutricionais mas também como potencial substituto de gordura (MENDOZA et al., 2001, THEBAUDIN et al., 1997).

A fibra dietética é constituinte significativo de muitos frutos entre eles a laranja (GRIGELMO-MIGUEL e MARTÍN-BELLOSO, 1999). A utilização de subprodutos da indústria de suco cítricos é muito interessante do ponto de vista nutricional, pois contém várias substâncias como fibras, pectina, compostos bioativos e do ponto de vista econômico porque reduz a quantidade de resíduos da indústria (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al, 2009).

Segundo a Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos (CITRUSBR, 2010) o Brasil possui produção equivalente a 25 % da mundial, sendo o maior produtor de laranja do mundo, seguido pelos Estados Unidos. A Associação informa ainda que 70 % da produção brasileira e dos Estados Unidos é destinada exclusivamente a produção de suco, gerando grande quantidade de subprodutos que podem ser utilizados como fonte para obtenção da fibra de laranja.

Considerando a fibra de laranja um subproduto da indústria de sucos pouco explorado como substituto de gordura e a crescente demanda de produtos mais saudáveis, como sorvetes com reduzido teor de gordura, esse trabalho visou a utilização de fibras de laranja comercial na substituição de gordura em sorvete de chocolate, analisando suas características físicas, químicas e sensoriais.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

A fibra de casca de laranja amarga foi adquirida da empresa Tango Alimentos, localizada na cidade de Curitiba, Paraná. Os demais ingredientes (leite desnatado UHT, leite em pó desnatado, creme de leite fresco (35 % de gordura), açúcar) foram adquiridos no mercado local. A glicose, Glucosoft (dextrose), DPO super 100 (estabilizante) e o saborizante de chocolate (cacau em pó com 20 % de manteiga de cacau) foram adquiridos na empresa Vidal Distribuidora de Máquinas LTDA.

Produção do sorvete

Para a produção do sorvete foi utilizada uma planta de processamento descontínuo, situada na empresa Vidal Máquinas e Produtos para Sorvetes, na cidade de Porto Alegre.

Foram elaboradas três formulações diferentes, sendo uma controle (C) com adição de gordura (5 %) e duas com diferentes concentrações de fibra de laranja (F1 e F2, com 0,74 % e 1,10 % de fibra respectivamente). As formulações dos sorvetes (controle, F1 e F2) foram obtidas com base em testes preliminares realizados em formulação fornecida pela empresa onde o sorvete foi processado (Tabela 1). Nas formulações F1 e F2 a fibra de laranja foi utilizada como substituto de gordura, sendo a única variação entre elas a quantidade de fibras adicionada.

Tabela 1. Composição das formulações de sorvete de chocolate da formulação controle - C (com gordura) F1 (com 0,74% de fibra de casca de laranja) e F2 (com 1,10% de fibra de casca de laranja)

Ingredientes	C(kg)	C%	F1 (kg)	F1%	F2 (kg)	F2%
Leite desnatado	-	-	1	74,13	1	73,53
Leite integral	0,876	64,41	-	-	-	-
Leite em pó desnatado	-	-	0,010	0,74	0,010	0,74
Leite em pó integral	0,068	5,00	-	-	-	-
Fibra de laranja	-	-	0,010	0,74	0,015	1,10
Creme de leite fresco	0,078	5,74	-	-	-	-
Açúcar	0,150	11,03	0,135	10,00	0,135	10,00
Glicose	0,057	4,19	0,015	1,11	0,015	1,20
Glucosoft	0,022	1,62	0,015	1,11	0,015	1,10
DPO super 100	0,043	3,16	0,100	7,41	0,100	7,35
Saborizante de chocolate	0,066	4,85	0,064	4,76	0,064	4,70
Total (kg)	1,360	100	1,349	100	1,360	100

C: formulação controle; F1: formulação com 0,74% de fibra de laranja; F2: formulação com 1,10% de fibra de laranja.

Análises físico-químicas

Composição centesimal

O teor de umidade, cinzas, proteína (N x 6,38), lipídeos foi determinado segundo método da AOAC (1990). A determinação de fibra alimentar total foi realizada pelo método da AOAC (1990), nº 991.43. Os carboidratos totais foram determinados por diferença. As análises foram realizadas em triplicata.

Valor energético total (VET)

Para o valor energético total das formulações (C, F1 e F2) foi utilizado os fatores de conversão 4 kcal/g para carboidratos e proteínas e 9 kcal/g para lipídeos utilizando os valores em base úmida (BRASIL, 1998b).

Overrun

O *overrun* é utilizado para medir o aumento do volume do sorvete após o congelamento do “mix”. A incorporação de ar pode ser determinada de acordo com a equação (SEGALL & GOFF, 2002):

$$\text{Overrun} = \frac{\text{volume do sorvete} - \text{volume do "mix"}}{\text{volume do "mix"}} \times 100$$

Taxa de derretimento

A taxa de derretimento foi medida de acordo com Ohmes et al., (1998) com algumas adaptações. As amostras utilizadas nos testes foram armazenadas a -18 °C durante 24 horas. Primeiramente as amostras (70 g) foram colocadas em câmara de incubação, sem corrente de ar, a temperatura de 25 °C ± 1 °C, no topo de uma tela de arame, com malhas de 1 cm², localizada sobre um becker previamente tarado. Depois de 30 minutos o becker com amostra foi substituído e o sorvete derretido foi pesado. Tal processo foi repetido em intervalos de 10 minutos durante 70 minutos. O experimento foi realizado em triplicata para todas as amostras. Os resultados foram analisados a partir do gráfico do tempo versus a porcentagem de sorvete derretido. A regressão linear permitiu obter equações para o derretimento dos sorvetes e a partir destas obter a taxa de derretimento dos sorvetes.

Análise sensorial

A aceitação sensorial dos sorvetes foi realizada por 50 provadores não treinados com idades entre 18 a 67 anos. Os testes foram realizados no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As amostras foram servidas em copos descartáveis de 50 mL, com cerca de 30 g de cada amostra, codificados com números de três dígitos aleatórios.

Utilizou-se escala hedônica de nove pontos, com os pontos extremos 1 – “Desgostei MUITÍSSIMO” e 9 – “Gostei MUITÍSSIMO” (DUTCOSKY, 1996). Foram avaliados os atributos cor, odor, sabor, sabor residual, textura e aceitação global. Para cálculo do percentual de aceitação de cada atributo utilizou a seguinte equação:

$$\% \text{ Aceitação} = \frac{\text{Média de Aceitação}}{9} \times 100 \quad \% \quad (\text{Dutcosky, 1997})$$

Foi realizada a análise de intenção de compra de cada um dos sorvetes (controle, F1 e F2) e para isso foi questionado aos julgadores se este compraria a amostra que estava sendo analisada. A porcentagem de julgadores que responderam “sim” foi calculada com base no número total de julgadores que realizaram o teste.

Análise Estatística

Todos os resultados obtidos a partir das análises (físico-químicas e sensorial) foram submetidos às análises estatísticas de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de significância, através do programa Statistica 10.0. (Calado, V. and Montgomery D., 2003)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico químicas

O teor de umidade encontrado nas diferentes formulações dos sorvetes variou de 63 % a 70 % (Tabela 2). O sorvete controle apresentou menor valor de umidade do que o sorvete adicionado de fibra. Segundo Pinheiro & Penna (2004), na formulação do sorvete, quanto maior a quantidade de gordura, menor a quantidade de água e isso contribui para retardar o derretimento do produto.

Os sorvetes elaborados com fibra de laranja apresentaram um menor valor no teor de lipídeos, diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) quando comparado ao sorvete padrão (com gordura). Houve uma redução de 70,4 % e 71,4 % no teor de gordura do sorvete adicionado de 0,74 % e 1,10 % de fibra respectivamente, em relação ao sorvete controle. Porém a diferença no teor de gordura dos sorvetes adicionados de diferentes concentrações de fibra de laranja não foi significativa.

Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao teor de proteína das diferentes formulações de sorvete. Silva Junior & Lannes (2011), avaliaram as propriedades químicas, físicas e mecânicas de sorvete de chocolate produzidos com misturas de açúcar e tipos diferentes de gordura, e observaram que o conteúdo de proteína nas diferentes formulações não variou.

O comportamento do sorvete durante o derretimento variou entre as três diferentes formulações. O sorvete que apresentou a menor taxa de derretimento foi a formulação F2 2,24 % min⁻¹, porém não apresentou diferença significativa quando comparado a formulação F1 2,43 % min⁻¹. O sorvete que obteve a maior taxa de derretimento foi o controle com 2,48 % min⁻¹, apresentando

diferença significativa da formulação F2, indicando assim que a adição de 1,10 % de fibra em substituição á gordura, auxiliou na diminuição da velocidade de derretimento do sorvete.

Tabela 2. Análises físico-químicas dos Sorvetes F1, F2 e Controle.

Análises	Formulações		
	F1	F2	Controle
Umidade (%)	70,03 ± 1,28 ^a	69,97 ± 0,04 ^a	63,03 ± 0,45 ^b
Proteína (%) b.s	16,32 ± 0,09 ^a	15,38 ± 0,23 ^a	12,87 ± 0,07 ^a
Lipídeos (%) b.s	5,47 ± 0,04 ^a	5,29 ± 0,02 ^a	18,53 ± 0,01 ^b
Cinzas (%) b.s	4,17 ± 0,01 ^a	4,09 ± 0,02 ^a	3,41 ± 0,03 ^a
Carboidratos (%) b.s	69,94 ± 1,35 ^a	69,20 ± 0,20 ^a	65,21 ± 0,42 ^a
Fibra Alimentar (%) b.s	0,70	1,03	-
VET ((kcal/100g)	121,9645	123,7022	177,6174
Taxa de derretimento (% min ⁻¹)	2,43 ± 0,09 ^{ab}	2,24 ± 0,08 ^b	2,48 ± 0,08 ^a
<i>Overrun</i> (%)	29%	25%	46%

* Resultados são médias de três determinações ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

C: formulação controle; F1: formulação com 0,74% de fibra de laranja; F2: formulação com 1,10% de fibra de laranja; b.s: base seca; VET: Valor Energético Total.

Estudo realizado por Prindiville et al. (2000), mostrou que a adição de substitutos de gordura a base de proteína em sorvetes de chocolate aumentou a taxa de derretimento dos sorvetes em relação a amostra controle (com gordura de leite), resultados que foram contrários aos obtidos neste estudo.

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

Dervisoglu & Yazici (2006) usando também fibras provenientes de frutas cítricas obtiveram valores para o *overrun* próximos aos observados utilizando fibra de laranja como substituto de gordura. Os autores encontraram valores entre 39 % e 29 % usando somente a fibra e entre 39 % e 22 % utilizando uma mistura de emulsificantes e a fibra. Foi observado que a adição de fibras reduz o *overrun* obtido nos sorvetes, já que estas aumentam a viscosidade do “mix”, reduzindo a incorporação de ar, o que condiz com os resultados encontrados neste estudo. Yilsay et al. (2006) também observaram uma redução no valor do *overrun* de sorvetes de baunilha quando adicionaram proteína de soro de leite em substituição á gordura.

A fibra obtida nos dois sorvetes variou de acordo com a quantidade adicionada. Na formulação F1 foram obtidos 0,21 g de fibras por 100 g de sorvete e na formulação F2 foram obtidos

0,31 g de fibras por 100 g de sorvete. De acordo com o Ministério da Saúde Portaria n.º 27 de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL,1998a) um alimento fonte de fibras deve conter mais do que 1,5 g de fibra por 100 g, sendo assim nenhum dos sorvetes pode ser apresentado com esta alegação.

Os sorvetes com adição de fibra (F1 e F2) e o controle, apresentaram densidade aparente de 775, 800 e 685 g/L, respectivamente, atendendo ao requisito específico de densidade aparente mínima de 475 g/litro estabelecido pela ANVISA em sua Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005. (BRASIL, 2005)

Sales et al. (2008) desenvolveram um sorvete de creme enriquecido de granola e fruto-oligossacarídeos (FOS), que apresentou 5,45 g de fibra por 100 g de sorvete, valor superior ao encontrado para F2, demonstrando que a concentração de fibra de laranja adicionada ao sorvete deste estudo não foi suficiente para elevar o valor nutricional do produto e este ser classificado como fonte de fibras.

As formulações F1 e F2 contendo a fibra apresentaram redução no valor energético total em relação à amostra controle. A amostra F1 apresentou uma redução de 31,33 % (redução de 55,64 kcal/100 g) e a amostra F2 apresentou redução de 30,35 % (redução de 53,92 kcal/100 g) podendo ambos serem considerados como “light” pela legislação brasileira (BRASIL, 1998a).

Análise sensorial

Verificou-se que entre as características analisadas de cor, odor e textura não houve diferenças significativas entre as três amostras de sorvetes (Tabela 3), sendo que todas as amostras receberam notas acima de 7 (equivalente a gostei moderadamente) para estes atributos. Entretanto a amostra controle obteve as maiores médias para os atributos de sabor, sabor residual e aceitação global, diferindo significativamente dos demais sorvetes testados.

Tabela 3. Aceitação sensorial dos atributos das formulações dos sorvetes (controle, F1 e F2).

Atributos	Formulações		
	F1	F2	C
Cor	7,58±1,25 ^a	7,88±1,30 ^a	8,12±1,04 ^a
Odor	7,36±1,24 ^a	7,28±1,40 ^a	7,36±1,35 ^a
Sabor	6,48±1,66 ^b	6,62±1,71 ^b	8,12±0,94 ^a
Sabor Residual	5,78±1,66 ^b	6,06±1,75 ^b	7,70±1,11 ^a
Textura	7,62±1,38 ^a	7,40±1,56 ^a	8,06±1,28 ^a
Aceitação Global	6,86±1,30 ^b	6,96±1,56 ^b	8,01±0,68 ^a

*Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância. C: formulação controle; F1: formulação com 0,74% de fibra de laranja; F2: formulação com 1,10% de fibra de laranja;

Em relação aos atributos de sabor e sabor residual as amostras F1 e F2 não obtiveram diferença significativa entre si, indicando que as diferentes concentrações de fibra adicionadas aos sorvetes não foram determinantes na avaliação desses atributos. De acordo com Dervisoglu & Yazici (2006) que utilizaram 0,8 % e 1,2 % de fibra proveniente de frutas cítricas na produção de sorvetes, a adição da fibra reduziu as notas atribuídas pelos julgadores para o sabor, diferindo significativamente da amostra controle (sem adição de fibra), porém quando houve a mistura da fibra com emulsificantes as notas atribuídas foram maiores ou próximas as da amostra controle.

As notas baixas que foram dadas pelos julgadores para os atributos de sabor e sabor residual dos sorvetes adicionados de fibra de laranja podem ser justificadas pela falta de tratamento prévio no subproduto utilizado para elaboração da fibra, com o objetivo de retirar os compostos responsáveis pelo sabor amargo, tais como óleos essenciais e naringina presentes na casca e bagaço de laranja.

Na aceitação global, apesar de ter havido diferenças significativas entre as amostras F1 e C e entre F2 e C, as médias obtidas para os sorvetes com substituição de gordura por fibra de laranja ficaram próximas da nota 7 (equivalente a gostei moderadamente) demonstrando um percentual de aceitação de 78 %. Segundo Dutcosky (1996) percentual de aceitação acima de 70 % indica que o produto tem um potencial mercadológico.

Em relação à intenção de compra dos sorvetes analisados pelos provadores, o sorvete C (controle) obteve a maior porcentagem de intenção de compra com 96 %, seguido da amostra F1 com 74 % e da F2 com 64 % de intenção, indicando que apesar dos menor aceitação atribuídas ao sabor dos sorvetes com fibras, a amostra F1 conquistou uma parcela dos julgadores, o que poderia levar a uma boa comercialização do produto. A partir de comentários realizados pelos provadores durante o teste sensorial foi possível verificar que se uma alegação funcional fosse atribuída ao produto, este teria uma maior intenção de compra por parte dos consumidores.

CONCLUSÃO

A fibra de casca de laranja amarga utilizada como substituto de gordura em sorvetes se apresentou como uma alternativa na elaboração de sorvete light obtendo aceitação global de 78 % e mantendo a maioria de suas características químicas.

A fibra manteve as características físicas e químicas do sorvete de chocolate e reduziu o valor energético total, podendo ser classificado como “light”, já que a presença de fibra reduziu mais do que 25 % o valor energético.

Para outros estudos seria interessante realizar um tratamento prévio na fibra, reduzindo assim o sabor de laranja e retirando os compostos responsáveis pelo amargor da fibra, possibilitando aumento das notas dos provadores em relação a sabor e sabor residual e conseqüentemente aumentando as notas da aceitação global.

COMITÊ DE ÉTICA: Para participar da pesquisa, todos os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Protocolo no 21912).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (1990). **Official methods of analysis**. 15th ed., v. 2, p. 685 - 1298. Association of Official Analytical Chemist, Arlington.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Portaria n.º27 de 13 de janeiro de 1998a. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm. Acesso em: 10 de Setembro de 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005 Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/home/alimentos> Acesso em: 26 de fevereiro de 2013

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Portaria n° 41, de 14 de jan. de 1998b. Aprova regulamento técnico referente a rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**. Brasília, 21 de jan. 1998. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/41_98.htm. Acesso em: 10 de Setembro de 2011.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. Planejamento de Experimentos usando o Statistica. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2003, 260p.

CITRUSBR – Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Retrato da citricultura (2010). Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/exportadores-citricos/brasil/retrato-da-citricultura-256277-1.asp>>. Acesso em: 12 Setembro de 2011.

DERVISOGLU, M; YAZICI, F. Note. Effect of citrus fibre on the Physical, Chemical and Sensory of Ice Cream. **Food Science and Technologi International**, v. 12, p. 159-164, 2006.

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

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J et al. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science & Technology**, v.44, p.748–756, 2009.

GRIGUELMO-MIGUEL, N.; MARTÍN-BELLOSO, O. Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. **Lebensmittel Wissenschaft Und-Technologie**, v.32, p.503–508, 1999.

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

MENDOZA, E. et al. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v.57, p. 387-393, 2001.

OHMES, R.L. et al. Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. **Journal of Dairy Science**, v. 81, 1222-1228, 1998.

PINHEIRO, M.V.S.; PENNA, A.L.B. Substitutos de Gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v.15, n.2, p. 175-186. 2004.

PRINDIVILLE, E. A. et al. Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. **Journal of Dairy Science**, v.83, p. 2216-2223, 2000.

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

SALES, R. L et al. Mapa de preferência de sorvetes ricos em fibra. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, p. 27-31, 2008.

SEGALL, K.I; GOFF, H.D. A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. **International Dairy Journal**. v. 12, p. 1013-1018, 2002.

SILVA, A.C.V. et al. Extrato do resíduo do processamento de laranja tem potencial aromatizante para formulação de sorvetes. **Revista Sorveteria Confeitaria Brasileira**. São Paulo, n. 198, p. 32-41, 2011.

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

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

THEBAUDIN, J.Y. et al. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, p.41-48, 1997.

YILSAY, T. O. et al. The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. **European Food Research and Technology**, v. 222, p. 171-175, 2006.