



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

NATÁLIA VICENTE DE REZENDE

**BALANCEAMENTO NUTRICIONAL DE CHOCOLATE A  
PARTIR DE MODELAGEM DE INGREDIENTES ASSOCIADA  
A PROPRIEDADES REOLÓGICAS E SENSORIAIS**

---

Londrina  
2013

NATÁLIA VICENTE DE REZENDE

**BALANCEAMENTO NUTRICIONAL DE CHOCOLATE A  
PARTIR DE MODELAGEM DE INGREDIENTES ASSOCIADA  
A PROPRIEDADES REOLÓGICAS E SENSORIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Maria Victória Eiras Grossmann

Londrina  
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

R467b Rezende, Natália Vicente de.  
Balanceamento nutricional de chocolate a partir de modelagem de misturas de ingredientes associada a propriedades reológicas e sensoriais / Natália Vicente de Rezende. – Londrina, 2013.  
98 f. : il.

Orientador: Maria Victória Eiras Grossmann.  
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2013.  
Inclui bibliografia.

1. Alimentos – Composição – Teses. 2. Alimentos – Avaliação sensorial – Teses. 3. Chocolate – Indústria – Teses. 4. Reologia – Teses. 5. Viscosidade – Teses. I. Grossmann, Maria Victória Eiras. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU 641.002.61

NATÁLIA VICENTE DE REZENDE

BALANCEAMENTO NUTRICIONAL DE CHOCOLATE A  
PARTIR DE MODELAGEM DE INGREDIENTES ASSOCIADA  
A PROPRIEDADES REOLÓGICAS E SENSORIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, nível Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Maria Victória Eiras Grossmann

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Maria Victória Eiras Grossmann  
UEL – Londrina - PR

---

Profa. Dra. Sandra Helena Prudencio  
UEL – Londrina – PR

---

Dra. Luciana Pereira Lobato  
UFMG – Londrina – PR

Londrina, 22 de abril de 2013.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as oportunidades que me foram dadas durante minha vida, que me trouxeram a esse momento.

A minha família, pelo incentivo que sempre deram aos meus estudos e pela compressão da minha ausência decorrente a esse trabalho.

Ao meu marido, pelo amor e pela ajuda que me deu desde o dia que ingressei no mestrado. Pelo meu cansaço, pela bagunça, pela falta de tempo e de atenção durante esse período.

A minha querida orientadora, Profa. Maria Victória Eiras Grossmann, por aceitar trabalhar com uma linha de pesquisa, que nem sempre é bem quista, de forma tão tranquila, pelo muito que me ensina e por toda sua dedicação a esse projeto.

À Prof<sup>a</sup>. Marta de Toledo Benassi, que prontamente aceitou a me ajudar na elaboração de todas as etapas da avaliação sensorial e que se tornou minha co-orientadora devido à importância de sua contribuição para essa pesquisa.

Aos pesquisadores e funcionários do CEREAL-CHOCOTEC, ITAL, que me receberam lá com tanta disponibilidade, ajudaram em todas as etapas da produção do chocolate, fazendo com que fosse possível a realização do experimento.

Aos julgadores nas análises sensoriais realizadas, pela prontidão em comparecer nas análises em que foram solicitados.

À equipe do Laboratório de Microscopia Eletrônica da UEL, em especial, Prof. Dra. Célia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade pelas micrografias.

A todas as empresas que forneceram as matérias primas utilizadas.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da UEL, que proporcionou o aprendizado e desenvolvimento nesse mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Sem todas essas participações, minha caminhada nesse curso e a realização desse projeto não seria possível,

*Muito obrigada.*

*“Todo o conhecimento genuíno tem origem na experiência direta.”*  
Mao Tse-Tung

## RESUMO

REZENDE, Natália Vicente de. **Balanceamento nutricional de chocolate a partir de modelagem de misturas de ingredientes associada a propriedades reológicas e sensoriais**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

O chocolate é um alimento que tem o consumo difundido mundialmente. Porém, a tendência que se observa no mercado consumidor é a de preferir alimentos nutricionalmente equilibrados, pobres em gordura e calorias, com alto teor de fibras e proteínas. Estas características não são encontradas no chocolate tradicional. O objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de chocolates sem sacarose e enriquecidos com fibras alimentares, promovendo seu consumo entre os consumidores que buscam uma alimentação mais equilibrada. A manteiga de cacau foi adicionada na proporção de 20% na formulação controle e variou entre 10 e 20% nas demais formulações. A redução da manteiga de cacau e adição de inulina e concentrado de  $\beta$ -glucana foram realizadas empregando-se o planejamento de misturas nesse limite de 20% em todas as formulações, os teores dos ingredientes, como pseudocomponentes, variam de 0 a 50%, para inulina e concentrado de  $\beta$ -glucana e entre 50 a 100% para a manteiga de cacau. Os parâmetros verificados foram: viscosidade plástica de Casson, limite de escoamento de Casson, dureza, microestrutura, aceitação e caracterização dos chocolates. O aumento nos níveis de inulina e de concentrado de  $\beta$ -glucana, e sua consequente redução da manteiga de cacau, afetaram negativamente os produtos desenvolvidos, tornando-os mais viscosos, com maior resistência ao escoamento e menor dureza. Estes efeitos foram mais pronunciados no emprego do concentrado de  $\beta$ -glucana. Foi possível substituir metade da manteiga de cacau da formulação controle, equivalendo a 10% de manteiga na composição total, obtendo-se produtos com boa aceitação. O produto menos aceito, com nota média de 6,4 em escala de 0 a 10, foi o que continha o teor máximo de concentrado de  $\beta$ -glucana (10%). A análise descritiva por Perfil *Flash* diferenciou essa amostra pela maior aderência e adesividade apresentando também sabores não característicos ao chocolate. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) possibilitou o melhor entendimento dos efeitos da adição das fibras a partir da observação da microestrutura dos chocolates produzidos.

**Palavras-chave:** Inulina.  $\beta$ -glucana. Manteiga de cacau. Análise Sensorial. Perfil *Flash*. Aceitação sensorial. Reologia. Força de quebra. Microestrutura.

## ABSTRACT

REZENDE, Natália Vicente de. **Nutritional balancing from constrained mixture design of the ingredients associated to rheological and sensorial properties.** 2013. 98 f. Dissertation (Master's Degree in Food Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

Chocolate is a food with worldwide spread consumption. However, the market trend is to prefer nutritionally balanced: *low* in fat and calories and *high* in fiber and protein contents. These characteristics are not found in traditional chocolate. The aim of this study was to develop formulations of sugar free chocolates enriched with dietary fibers promoting consumption among consumers who seek for a balanced diet. The cocoa butter was added in the proportion of 20% in the control and ranged between 10 and 20% in the further formulations. The reduction of cocoa butter and addition of inulin and  $\beta$ -glucan concentrate was performed as the constrained mixture design in this limit of 20% for all formulations. The levels of the ingredients as pseudo components ranged from 0 to 50% for inulin and  $\beta$ -glucan concentrate and from 50 to 100% for cocoa butter. The parameters checked was: Casson plastic viscosity, Casson yield stress, hardness, microstructure, acceptance and sensorial characterization of the chocolates. The increasing of the levels of inulin and  $\beta$ -glucan concentrate with its consequent reduction on cocoa butter levels negatively affected the developed products making it more viscous, with greater flow resistance and lower hardness. These effects were higher with  $\beta$ -glucan concentrate addition. It was possible to replace half of the cocoa butter of control formulation, equivalent to 10% on total composition, resulting in products with good acceptance. The less accepted chocolate, with 6,4 grade in 0 to 10 scale, contained the maximum level of with  $\beta$ -glucan concentrate (10%). Descriptive analysis by Flash Profiling differentiated this sample with greater adherence and adhesion, also presenting uncharacteristic chocolate flavors. Scanning electron microscopy (SEM) allowed a better understanding of the effects of fibers addition due to observation of the produced chocolates microstructure.

**Palavras-chave:** Inulin.  $\beta$ -glucan. Cocoa Butter. Sensory Analysis. Flash Profiling. Sensorial Acceptance. Rheology. Breaking Strength. Microstructure.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

**Figura 1.1** – Temperaturas de fusão dos polimórficos de manteiga de cacau ..... 21

**Figura 1.2** – Sequência de temperagem de chocolate ..... 28

### CAPÍTULO 2

**Figura 2.1** – Superfícies ajustadas para viscosidade plástica de Casson ( $\eta_{ca}$ ) em misturas contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau (MC). Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes..... 63

**Figura 2.2** – Superfícies ajustadas para limite de escoamento de Casson ( $\tau_{ca}$ ) em misturas contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau (MC). Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes ..... 65

**Figura 2.3** – Superfície ajustada para aceitação sensorial (escala hedônica de 0= desgostar muito a 10 = gostar muito) de chocolates contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes .....66

**Figura 2.4** – Configuração de consenso das formulações (1, 2 e 3) nas dimensões D1 e D2 ..... 67

### CAPÍTULO 3

**Figura 3.1** – Superfície ajustada para força de quebra em chocolates contendo diferentes teores de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes ..... 84

**Figura 3.2** – Superfícies ajustadas para as análises de aceitação de (a) textura (b) sabor e (c) avaliação global em misturas contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes ..... 87

**Figura 3.3** – Micrografia por MEV de fratura da formulação sem adição de fibras . 89

**Figura 3.4** – Micrografias por MEV de fratura da formulação com substituição de 50% da manteiga de cacau por concentrado de inulina ..... 90

**Figura 3.5** – Micrografias por MEV de fratura da formulação com substituição de 50% da manteiga de cacau por  $\beta$ -glucana ..... 91

## **LISTA DE QUADROS**

### **CAPÍTULO 1**

**Quadro 1.1** – Definição dos termos empregados para substituição de gordura.....36

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

- Tabela 2.1** – Planejamento experimental para as misturas ternárias de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau, em proporções reais e em pseudocomponentes ..... 54
- Tabela 2.2** – Proporções (%) dos ingredientes nas formulações dos chocolates ..... 55
- Tabela 2.3** – Valores nutricionais das formulações para 100g de chocolate ..... 60
- Tabela 2.4** – Resultado das propriedades reológicas e da aceitação dos chocolates ..... 61
- Tabela 2.5** – Coeficientes e análise de variância dos modelos ajustados aos parâmetros reológicos e aceitação sensorial ..... 63
- Tabela 2.6** – Correlações dos atributos com as dimensões para cada provador .... 68

### CAPÍTULO 3

- Tabela 3.1** – Planejamento experimental para as misturas ternárias de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau, em proporções reais e em pseudocomponentes ..... 77
- Tabela 3.2** – Proporções (%) dos ingredientes nas formulações dos chocolates ..... 78
- Tabela 3.3** – Resultados de força de quebra e de análise sensorial de aceitação\* dos chocolates ..... 82
- Tabela 3.4** – Coeficientes e análise de variância dos modelos ajustados aos parâmetros de textura e de aceitação sensorial ..... 83

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E OBJETIVOS</b> .....	13
1.1 INTRODUÇÃO .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	17
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
1.3.1 O CHOCOLATE E SEUS PRINCIPAIS INGREDIENTES .....	18
1.3.1.1 Cacau .....	19
1.3.1.2 Manteiga de Cacau .....	20
1.3.1.3 Açúcar .....	22
1.3.1.4 Leite .....	23
1.3.1.5 Emulsificantes .....	24
1.3.2 A PRODUÇÃO DE CHOCOLATES .....	25
1.3.2.1 Mistura e Refino .....	26
1.3.2.2 Conchagem .....	26
1.3.2.3 Temperagem .....	27
1.3.2.4 Moldagem .....	29
1.3.2.5 Resfriamento .....	29
1.3.3 ADIÇÃO DE INGREDIENTES COM APELO FUNCIONAL E ALEGAÇÕES DE SAÚDE .....	30
1.3.3.1 Alegações de Saúde .....	31
1.3.3.2 Manutenção da Manteiga de Cacau na Fase Contínua .....	33
1.3.3.3 Adição de Fibras Alimentares .....	33
1.3.4 SUBSTITUIÇÃO DE INGREDIENTES, LEGISLAÇÃO E IMPACTOS TECNOLÓGICOS .....	35
1.3.4.1 Legislação Brasileira para Alimentos <i>Diet e Light</i> .....	35
1.3.4.2 Substituição da Gordura .....	36
1.3.4.3 Substituição da Sacarose .....	38
1.3.5 AVALIAÇÃO SENSORIAL .....	40
1.4 REFERÊNCIAS .....	44
<b>CAPÍTULO 2 – PLANEJAMENTO DE MISTURAS NO DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATES SEM SACAROSE ENRIQUECIDOS COM FIBRAS</b> .....	50
RESUMO .....	51
2.1 INTRODUÇÃO .....	51
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	53
2.2.1 MATERIAL .....	53
2.2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....	53
2.2.3 PRODUÇÃO DOS CHOCOLATES .....	55
2.2.4 ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO E DO VALOR CALÓRICO .....	56
2.2.5 PROPRIEDADES REOLÓGICAS .....	56
2.2.6 ACEITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL .....	57
2.2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	59
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
2.3.1 ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO E VALOR CALÓRICO .....	59
2.3.2 PROPRIEDADES REOLÓGICAS .....	61
2.3.3 CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL E ACEITAÇÃO .....	65
2.4 CONCLUSÕES .....	69

AGRADECIMENTOS .....	70
2.5 REFERÊNCIAS .....	70

**CAPÍTULO 3 – PLANEJAMENTO DE MISTURAS NO DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATES SEM SACAROSE ENRIQUECIDOS COM FIBRAS .....** 73

RESUMO .....	74
3.1 INTRODUÇÃO .....	74
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	76
3.2.1 MATERIAL .....	76
3.2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....	76
3.2.3 PRODUÇÃO DOS CHOCOLATES .....	78
3.2.4 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA .....	79
3.2.5 ANÁLISE SENSORIAL .....	80
3.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	81
3.2.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA .....	81
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	82
3.3.1 DUREZA .....	82
3.3.2 ACEITAÇÃO SENSORIAL .....	85
3.3.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA .....	88
3.4 CONCLUSÕES .....	92
AGRADECIMENTOS .....	92
3.5 REFERÊNCIAS .....	92

**APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO .....** 95

**APÊNDICE B - APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CONEP 268) .....** 97

CAPÍTULO 1  
INTRODUÇÃO, REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E OBJETIVOS

## 1.1 INTRODUÇÃO

O chocolate é um alimento que possui sabor e textura únicos que fazem com que seja mundialmente consumido sem limitação de gênero, idade, nacionalidade e cultura. Suas características sensoriais são proporcionadas, principalmente, pela combinação de sólidos de cacau, açúcar e manteiga de cacau.

Atualmente é visto como um alimento de valor nutricional baixo devido à maior parte das formulações disponíveis no mercado serem ricas em açúcar e gordura.

A predominância de ingredientes de alto teor calórico nas receitas confere ao chocolate doçura e maciez preferidas por muitos consumidores, especialmente os brasileiros.

Com a nova tendência global voltada ao consumo de alimentos nutricionalmente mais equilibrados e que promovam a saúde do consumidor, a ingestão de chocolate pode vir a ser limitada por aqueles que buscam uma alimentação mais saudável.

Nesse mesmo contexto, o consumidor consciente do efeito que a ingestão de açúcares e gorduras em demasia tem em sua saúde está aceitando melhor as características sensoriais do chocolate meio amargo em prol de uma dieta mais equilibrada.

A lei vigente para chocolates no Brasil é a Resolução nº 264, de 22 de setembro de 2005, estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que define chocolate como “o produto obtido a partir da mistura de derivados de cacau (*Theobroma cacao* L.), massa (ou pasta ou liquor) de cacau, cacau em pó e ou manteiga de cacau, com outros ingredientes, contendo, no mínimo, 25 % (g/100 g) de sólidos totais de cacau” (BRASIL, 2005).

Não há proibições quanto à natureza dos ingredientes adicionados, permitindo dessa forma que os açúcares e gorduras possam ser substituídos por outras substâncias de menor valor energético.

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de substituir ingredientes tradicionais do chocolate. A eliminação da sacarose é o objeto de estudo mais presente na literatura, sendo ela substituída por diferentes agentes de corpo e estudando-se os efeitos sensoriais, físico-químicos e reológicos dessa

alteração (GOMES et al., 2007, SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010, VISSOTTO; GOMES; BATISTA, 2005).

Para se obter um chocolate *diet e light* com qualidade, é necessário o emprego de ingredientes de baixa caloria, capazes de substituir a sacarose, sem causar prejuízo ao sabor e as características físicas quando comparado ao chocolate tradicional (GOMES et al., 2007)

Nebesny e Żyżelewicz (2004) verificaram que concentrações de lecitina utilizadas em chocolates tradicionais proporcionam efeitos positivos na aceitação global de chocolates sem sacarose.

Chocolates ao leite livres de sacarose podem ser produzidos com sucesso e a utilização de agentes de corpo como a inulina é eficiente. As cadeias formadas pela inulina afetam positivamente as características viscoelásticas do chocolate (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010).

Reduzir a gordura na dieta pode reduzir o consumo de energia e auxilia a prevenir a obesidade eficazmente. Isto parece ser especialmente verdadeiro para os alimentos que não fazem parte da dieta básica, e fornecem apenas benefícios nutricionais limitados, incluindo alimentos indulgentes como o chocolate (NORTON; FRYER; PARKINSON, 2012).

A substituição da manteiga de cacau por concentrado de  $\beta$ -glucana foi realizada por Lee et. al. (2009) com resultados positivos para as propriedades reológicas dos chocolates.

Alimentos e bebidas com menores quantidades de calorias são cada vez mais procurados pelo consumidor, neste contexto, a Análise Sensorial é a única forma de se determinar a aceitação e o perfil de produtos em relação à aparência, aroma, sabor e textura de alimentos e bebidas, sendo, portanto, uma ferramenta insubstituível (MELO, 2008).

A técnica de avaliação sensorial chamada Perfil *Flash* é uma adaptação do Perfil Livre feita por Dairou e Sieffermann (2002), nela o provador cria seu vocabulário para descrever e ordenar produtos que são comparados simultaneamente. O procedimento de descrição ocorre de forma mais rápida e barata quando comparado às técnicas descritivas convencionais.

É com base nestes fundamentos que o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma nova formulação de chocolate, que esteja nutricionalmente balanceada, de acordo com as exigências dessa nova realidade de mercado.

Para tanto, foi necessária a eliminação da sacarose e de parte da gordura simultaneamente ao aumento dos teores de proteínas e de fibras na formulação tradicional do chocolate.

Essas mudanças foram testadas com a substituição de parte da manteiga de cacau por  $\beta$ -glucana e inulina, que são fibras alimentares, a troca da sacarose por maltitol e a adição de leite em pó desnatado como fonte de proteínas, além do emprego de lecitina e poliglicerol poliricinoleato (PGPR) como coadjuvantes tecnológicos.

Os ensaios foram estabelecidos através de um planejamento para misturas dos ingredientes (NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1995) buscando diminuir tempo e custo de execução com maior precisão estatística nos resultados.

As propriedades reológicas e de textura das formulações foram correlacionadas com a descrição das características sensoriais dos chocolates através da técnica de Perfil *Flash* e a aceitação do novo produto avaliada por meio da análise sensorial.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar formulações de chocolate adicionadas de  $\beta$ -glucana e inulina como substitutos parciais da manteiga de cacau e com a substituição da sacarose por maltitol utilizando a modelagem de misturas como ferramenta estatística para o planejamento do experimento.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver formulações de chocolate com as proporções de ingredientes previstas pela modelagem de misturas que sejam compatíveis com as características de fabricação de chocolates tradicionais.

Comparar a composição nutricional das formulações desenvolvidas com as de chocolates tradicionais.

Analisar as propriedades reológicas e de textura das diferentes formulações de chocolate obtidas.

Avaliar a aceitação das formulações pela análise sensorial.

Observar a microestrutura dos chocolates por meio da microscopia eletrônica de varredura.

Descrever as características sensoriais dos chocolates através da técnica de Perfil *Flash*.

Relacionar os dados reológicos, de textura, microestrutura e análise descritiva com a aceitação dos chocolates.

## 1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.3.1 O CHOCOLATE E SEUS PRINCIPAIS INGREDIENTES

O chocolate é um alimento luxuriante que suscita uma série de estímulos que ativam os centros de prazer do cérebro humano (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010).

O uso das sementes do cacauero pelos seres humanos como fonte de alimento começou com as civilizações pré-colombianas na América Central, sendo dado como especiaria e ingrediente principal de uma bebida apimentada chamada *chacauhaal*, de *chacau*, que significa quente, e *haa*, que significa bebida (LEVANON; ROSSETINI, 2005).

O cacau chegou à Europa como uma fruta exótica e passou de excentricidade das cortes a alimento de luxo quando misturado ao açúcar e ao leite, sendo, então, chamado de chocolate. No século XVIII, Lineu classificou a planta como *Theobroma cacao*, o alimento dos deuses, e o refinado confeito passou a ser produzido em escala industrial (BECKETT, 2009a).

Segundo a Associação das Indústrias de Chocolate, Biscoitos e Confeitaria da União Europeia (CAOBISCO, 2011), os chocolates representam 45% da produção das indústrias de confeitos da Europa, movimentando aproximadamente 23 bilhões de euros em 2010.

No Brasil, a produção de chocolates está em constante crescimento. No ano de 2010, chegou a 648 mil toneladas, com um aumento de 14% em relação a 2009 e em 2011, houve 9,5% de aumento na produção em relação ao ano anterior (ABICAB, 2012).

A preferência do consumidor brasileiro também está mudando. Em 2003, o mercado de chocolates representava 36% do mercado de confeitos brasileiro, cujo setor predominante era o de balas, com 51% da produção. Em 2011, pode-se observar a inversão desses valores, com o setor de chocolate englobando 51% desse mercado (ABICAB, 2012).

### 1.3.1.1 Cacau

O ingrediente mais importante do chocolate, o cacau, se encaixa bem no papel de ingrediente saudável. Steinberg, Bearden e Keen (2003), relatam que já no século XVII o chocolate era visto com um alimento fortalecedor do coração e utilizado no tratamento de dores coronarianas.

O cacau é rico em flavonóides, uma subclasse dos polifenóis, que são compostos fitoquímicos ativos que apresentam atividade antioxidante. Estão presentes na forma monomérica, como a epicatequina e a catequina, e na de flavonóides oligoméricos, as procianidinas (LAMBERT, 2009).

Dependendo dos métodos de produção utilizados, o cacau em pó pode conter até 10% de flavonóides em base seca. O chocolate amargo tem cerca de 170mg de flavonóides em 100g de produto, esse valor cai para 70mg/100g no chocolate ao leite. Como comparação, 100g de maçã e de vinho tinto possuem, respectivamente, cerca de 106mg e 22 mg de flavonóides (STEINBERG; BEARDEN; KEEN, 2003).

Segundo Engler et al. (2004), o benefício cardiovascular dos flavonóides vem sendo atribuído às suas propriedades antioxidantes naturais e seu papel em conservar tocoferóis em membranas. Um estudo epidemiológico conduzido por esses autores constatou que chocolates ricos em flavonóides melhoram a vasodilatação do endotélio, efeito associado ao aumento das concentrações de epicatequinas no plasma.

Os flavonóides também reduzem a tendência trombótica e inibem a oxidação do LDL (*Low Density Lipoprotein*), porção do colesterol responsável por várias enfermidades circulatórias (WAN et al., 2001).

A semente de cacau contém diversos minerais, algum deles, como ferro, magnésio, cobre, potássio e cálcio podem ser encontrados em grande quantidade no chocolate processado (STEINBERG; BEARDEN; KEEN, 2003).

Antes de chegar à produção de chocolates, a semente do cacau passa por diversas etapas de preparo nas fazendas onde este é cultivado. Logo após a colheita, os grãos são fermentados para a remoção da mucilagem que os envolve. Esse processo desenvolve componentes químicos dentro da semente que

são precursores do sabor no chocolate. Falhas nesse estágio não podem ser corrigidas com as demais etapas de processamento (BECKETT, 2009a).

Na sequência os grãos são secos em terreiros e destinados às fábricas processadoras de cacau, que podem, ou não, produzir chocolate. A primeira operação unitária que os grãos sofrem na fábrica é a torrefação. Ziegler (2009) ressalta que a torrefação do cacau ocorre em temperaturas entre 120°C e 140°C, remove a casca da semente e desenvolve o sabor característico de cacau, com a redução da umidade e acidez remanescentes da fermentação.

Os grãos torrados são quebrados para facilitar o processo de moagem, passando a ser chamado de *nibs*. A massa de cacau é produzida com a moagem dos *nibs*, ela é líquida quando aquecida e sólida à temperatura ambiente. A moagem é extremamente fina, as partículas apresentam cerca de 30µm, para que o produto final não apresente textura arenosa e aparência opaca (KAMPHUIS, 2009).

O processamento do chocolate pode ser iniciado com a massa de cacau, aquecendo-a até sua liquefação, com o *liquor* de cacau, que já se encontra em estado líquido ou com o cacau em pó, misturando-o com a manteiga de cacau liquefeita.

#### 1.3.1.2 Manteiga de Cacau

A manteiga de cacau é a fase contínua do chocolate, responsável por importantes características tecnológicas como sensação de maciez única, aparência brilhante e ruptura característica (LEE et al., 2009). É obtida através de dois processamentos, a prensagem da massa de cacau e a extração com solventes, o tipo de extração pode influenciar na qualidade da manteiga e do chocolate produzido (KAMPHUIS, 2009).

A manteiga de cacau é composta de aproximadamente 34% de ácido esteárico (gordura saturada que tem pouco efeito nos níveis de colesterol), cerca de 34% de ácido oleico (estrutura lipídica monoinsaturada que pode diminuir os níveis de colesterol sanguíneo) e menos de 27% de ácido palmítico (gordura saturada que gera uma pequena elevação dos níveis de colesterol), sendo naturalmente isenta de gordura *trans* (TALBOT, 2009).

O polimorfismo é descrito por Afoakwa et al. (2009) como a existência de duas ou mais formas cristalinas de uma mesma substância, a manteiga de cacau cristaliza em função das condições de processamento, tempo e temperatura de armazenamento.

Seis formas polimórficas são encontradas na manteiga de cacau, identificadas de diversas formas diferentes através de algarismos romanos ou letras gregas. A descrição de Windhab e Zeng, de 1998, é a atualmente mais adotada na literatura e será a utilizada neste trabalho. A estabilidade e pontos de fusão das formas polimórficas aumentam sucessivamente de  $\gamma$ ,  $\alpha$ , III,  $\beta_{IV}$ ,  $\beta_V$  até  $\beta_{VI}$ .

As formas instáveis  $\gamma$  e  $\alpha$  se transformam lentamente para as III e  $\beta_{IV}$  e todas as formas menos estáveis permanecem na forma mais estável  $\beta_V$  com uma boa temperagem (AFOAKWA et al., 2009; FERNANDES; MÜLLER; SANDOVAL, 2013; SVANBERG et al., 2013).

As nomenclaturas mais utilizadas na literatura e as respectivas temperaturas de fusão das fases polimórficas da manteiga de cacau são apresentadas na Figura 1.1.

**Figura 1.1** – Temperaturas de fusão dos polimórficos da manteiga de cacau °C (°F)

Vaek (1951)	Duck (1963)	Wille and Lutton (1966)	Lovegren et al. (1976)	Dimick and Manning (1987) Onset peak max.	Windhab and Zeng (1998) Melting range
$\gamma$ 18.0 (64)	$\gamma$ 18.0 (64)	I 17.3 (63)	VI 13 (55)	13.1 (55) 17.6 (63.5)	$\gamma$ 13.0–18.0 (55–64)
$\alpha$ 23.5 (74)	$\alpha$ 23.5 (74)	II 23.3 (74)	V 20 (68)	17.6 (63.5) 19.9 (68)	$\alpha$ 18.0–22.5 (64–72)
		III 25.5 (78)	IV 23 (73)	22.4 (72) 24.5 (76)	III 22.5–27.0 (72–81)
$\beta''$ 28.0 (82)	$\beta''$ 28.0 (82)	IV 27.5 (81.5)	III 25 (77)	26.4 (79) 27.9 (82)	$\beta_{IV}$ 27.0–29.0 (81–84)
$\beta$ 34.4 (94)	$\beta'$ 33.0 (91)	V 33.8 (92)	II 30 (86)	30.7 (87) 34.4 (94)	$\beta_V$ 29.0–33.5 (84–92)
	$\beta$ 34.4 (94)	VI 36.3 (97)	I 33.5 (92)	33.8 (93) 34.1 (93.5)	$\beta_{VI}$ 33.5–37.5 (92–99.5)

**Fonte:** WINDHAB (2009, p.278)

A forma  $\beta_V$  é a desejada na produção de chocolates e aparece em quantidade dominante no chocolate bem temperado. Ela está associada a bons atributos sensoriais, microestrutura estável e retardação da migração da gordura (FERNANDES; MÜLLER; SANDOVAL, 2013; SVANBERG et al., 2013).

### 1.3.1.3 Açúcar

O açúcar é o sacarídeo de gosto doce extraído da cana-de-açúcar ou beterraba-sacarina. Ambos vegetais produzem uma substância natural idêntica, quimicamente conhecida como sacarose. O açúcar refinado comercial apresenta cerca de 99,5% de pureza (KRÜGER, 2009).

A sacarose é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma molécula de frutose, sendo responsável pelo sabor doce e pela função de agente de corpo no produto. É muito utilizada em produtos de confeitaria devido às suas propriedades de solubilidade e cristalização (RICHTER; LANNES, 2007a).

Além das suas funções nutricionais e metabólicas, os carboidratos são importantes como adoçantes naturais, matérias-primas para produtos de fermentação e o principal componente dos cereais. Governam as propriedades reológicas da maioria dos alimentos de origem vegetal (POMERANZ; MELOAN, 2000).

O aquecimento de carboidratos, em particular da sacarose de açúcares redutores, sem a presença de compostos nitrogenados, afeta um complexo grupo de reações envolvido na caramelização que ocorre juntamente com o escurecimento não enzimático durante a produção de chocolates. O produto final, o caramelo, é formado junto com componentes que conferem aroma e sabor ao produto melhorando a aceitação do consumidor (BEMILLER, HUBER, 2007; POMERANZ; MELOAN, 2000).

. Para a produção de chocolates, a sacarose é o açúcar mais importante. Com a crescente demanda por baixas calorias, índice glicêmico reduzido e produtos não cariogênicos, outros adoçantes estão começando a ser mais utilizados (KRÜGER, 2009).

Neste trabalho, o açúcar foi utilizado somente na formulação controle do experimento, a fim de verificar se as técnicas de processamento foram realizadas de maneira adequada e se os provadores seriam capazes de perceber sua ausência nas formulações de chocolate *diet*.

#### 1.3.1.4 Leite

Sendo a fonte total de nutrientes para mamíferos recém-nascidos, o leite é um alimento muito especial com uma composição completa e extremamente complexa. Leite e produtos à base de leite são ingredientes muito importantes devido às suas propriedades nutricionais, sensoriais e de processamento (MELO, 2008).

Entende-se por leite em pó o produto obtido por desidratação do leite de vaca, integral, desnatado ou parcialmente desnatado e apto para alimentação humana, mediante processo tecnologicamente adequado. A classificação é feita pelo conteúdo de matéria graxa: integral (entre 26,0 e 30 %); parcialmente desnatado (entre 1,5 a 25,9%) e desnatado (menor que 1,5%) (RICHTER; LANNES, 2007a).

O chocolate ao leite é o tipo de chocolate mais popularmente consumido e os componentes do leite são fundamentais no desenvolvimento das propriedades físicas e sensoriais que se adéquam ao perfil do consumidor (HAYLOCK; DODDS, 2009).

Devido ao progresso do processamento de alimentos, os ingredientes à base de leite podem ser produzidos em diversas composições. Isto inclui produtos em pó fabricados com leite integral, leite desnatado e manteiga, e também vários componentes e misturas destes, incluindo soro e proteínas de leite (MELO, 2008).

A adição de gordura do leite pode ser benéfica para o chocolate, quando na forma anidra. Por ser a forma mais pura de gordura, ela irá se juntar à manteiga de cacau na fase contínua do chocolate. Porém, a gordura presente no leite em pó integral está ligada aos outros componentes do leite, devido ao processamento, não estando disponível para compor a fase contínua e influenciando negativamente o comportamento reológico do produto (HAYLOCK; DODDS, 2009).

O leite em pó aumenta o valor nutritivo dos alimentos e influencia na viscosidade e textura, contribuindo, também, para diminuição da umidade e aumento da vida de prateleira (RICHTER; LANNES, 2007a).

A utilização do leite em pó desnatado resulta nas características sensoriais desejadas sem que haja interferência no comportamento da fase contínua

do chocolate. Esse produto foi escolhido para este trabalho por ser uma fonte barata de proteínas de alto valor biológico, com valor calórico reduzido e que irá aproximar o produto obtido ao chocolate ao leite tradicional, que é o preferido entre os brasileiros.

#### 1.3.1.5 Emulsificantes

As principais funções dos emulsificantes são possibilitar a homogeneização perfeita entre gordura e água, estabilizar emulsões, proporcionar uma sensação de maior quantidade de gordura no produto; distribuir melhor o aroma e proporcionar plasticidade, suavidade e antiaderência ao produto (RICHTER; LANNES, 2007a).

Os emulsificantes otimizam as propriedades reológicas da massa de chocolate afetando positivamente a eficiência das operações unitárias de seu processamento, o mais utilizado na indústria de chocolates é a lecitina (NEBESNY; ŻYŻELEWICZ, 2005).

A lecitina é um emulsificante, pertencendo ao grupo dos aditivos conhecidos como tensoativos. É um componente importante no chocolate porque reduz o *fat bloom* (migração de gordura para a superfície), assim como a viscosidade da massa de chocolate e valor de rendimento (RICHTER; LANNES, 2007a).

As propriedades tecnológicas da lecitina são causadas pela superfície ativa de sua fração lipídica predominante, os fosfolípidios. Eles consistem em uma cadeia de gliceróis, cada um esterificado com dois ácidos graxos e um grupamento fosfato (ARNOLD et al., 2013).

A lecitina possui uma porção hidrofílica, que se liga à água e aos ingredientes solúveis em água, e uma porção lipofílica que possui afinidade com gorduras e ingredientes solúveis neste meio. No caso do chocolate, a extremidade lipofílica permanece ligada à fase contínua do chocolate, que é a gordura, enquanto que a extremidade lipofóbica une-se aos sólidos dispersos como o leite em pó, sólidos de cacau, açúcares ou edulcorantes (BECKETT, 2009b; RICHTER; LANNES, 2007a).

Na indústria de chocolates, a lecitina é utilizada como surfactante, resultando na diminuição do limite de escoamento e viscosidade aparente quando uma determinada concentração é atingida. Na aplicação em chocolates, essa concentração varia entre 0,3-0,6 g/100g. O excesso pode ter um resultado negativo nas propriedades reológicas e sensoriais, podendo deixar um gosto amargo e desagradável em concentrações acima de 0,4 g /100 g (ARNOLD et al., 2013; NEBESNY; ZYZELEWICZ, 2005).

O poliglicerol poliricinoleato (PGPR) é amplamente utilizado como emulsificante por ter a habilidade de reduzir fortemente ou até mesmo eliminar o limite de escoamento do chocolate (BECKETT, 2009b).

A combinação de lecitina e poliglicerol poliricinoleato produz boas propriedades de fluxo, especialmente em chocolates com baixo teor de gordura (BECKETT, 2009b). Por essa razão, essa mistura foi utilizada no trabalho para promover a integração entre os ingredientes e auxiliar na redução da quantidade de manteiga de cacau adicionada e sua conseqüente redução calórica no chocolate.

### 1.3.2 A PRODUÇÃO DE CHOCOLATE

O chocolate possui duas grandes características que o distinguem: seu sabor e sua textura. Apesar de existir diversos tipos de chocolate, todos precisam ser livres de sabores indesejáveis e incorporar pelo menos alguns dos sabores que associam o consumidor ao produto. Um aspecto primário da textura é que o chocolate necessita ser sólido à temperatura ambiente (20-25°C) e derreter rapidamente na boca (37°C), se transformando em um líquido de consistência lisa para a língua. O processamento de chocolate é relacionado à obtenção desses dois critérios e, portanto, dedicado a desenvolver o sabor do produto e tratá-lo de forma que ele flua adequadamente e seja livre de materiais que promovam textura arenosa (BECKETT, 2009a).

Existem diversos métodos de produção de chocolate, porém as principais etapas de processamento estão presentes em todos eles, mesmo que realizadas em equipamentos distintos. O processamento tradicional foi escolhido para a produção das formulações do projeto e suas etapas estão descritas a seguir.

### 1.3.2.1 Mistura e Refino

Os atributos sensoriais do chocolate ao leite são fortemente dependentes das proporções e distribuição espacial da massa de cacau, sólidos de leite e partículas de açúcar e das propriedades de cristalização da fase contínua, a manteiga de cacau (ROUSSEAU, 2006).

Muitos ingredientes em pó apresentam granulometria incompatível à requerida para a produção de chocolates, então eles são previamente misturados e refinados em moinhos de rolos. Essa é uma importante etapa para a qualidade da textura do chocolate.

A distribuição de tamanho das partículas governa as propriedades de escoamento do chocolate influenciando diretamente suas características sensoriais (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010). O tamanho das partículas pode variar de acordo com o produto final desejado, mas geralmente deve ser inferior a 40 $\mu$ m (BECKETT, 2009b).

### 1.3.2.2 Conchagem

A conchagem é uma etapa de processamento exclusiva do chocolate, não presente em nenhum outro produto alimentício. O nome advém do primeiro equipamento desenvolvido para esse procedimento, que tinha a bacia de agitação com formato assemelhado a uma concha. O princípio básico dessa operação unitária é promover o recobrimento das partículas sólidas pela fase contínua do chocolate através da agitação vigorosa e aquecimento controlado.

O sabor do chocolate depende de uma série de processos serem realizados corretamente. A conchagem é a etapa final, a última oportunidade de um fabricante obter o sabor requerido para o produto. Entretanto, ela não pode corrigir erros anteriores como, por exemplo, sabores desagradáveis de fumaça ou mofo provenientes de uma secagem ineficiente (BECKETT, 2009c).

A conchagem é necessária para remover os sabores indesejáveis provenientes da fermentação das sementes, principalmente o ácido acético

remanescente. Melo (2008) diz que durante a conchagem são exercidas forças mecânicas cíclicas e de cisalhamento, a fim de separar os aglomerados formados na trituração, cobrir as partículas individuais com gordura e dispersar a fase de manteiga de cacau por todo o chocolate.

Na maioria das plantas de fabricação, a concha é precedida pelos moinhos de rolo, que transformam a massa de cacau em uma pasta quebradiça ou pó. A função da conchagem é dar continuidade ao processo fazendo com que a massa passe a um líquido capaz de fluir através do derretimento da gordura (BECKETT, 2009c).

Os ingredientes são misturados em aquecimento controlado, até que as partículas sólidas sejam recobertas pela manteiga de cacau. Se permanecerem superfícies não cobertas, haverá perda da sensação de derretimento, característica do chocolate ao entrar em contato com a saliva (BECKETT, 2009c).

As tarefas físicas da conchagem são dispersar, desumidificar, remover componentes voláteis e homogeneizar com o objetivo de melhorar a viscosidade, a fluidez e a textura e produzir um chocolate com boas características de fusão (MELO, 2008).

### 1.3.2.3 Temperagem

A temperagem é uma técnica de cristalização controlada utilizada para induzir as formas polimórficas termodinamicamente mais estáveis da manteiga de cacau. Ocasionalmente produz um produto de qualidade com boa firmeza, contração, cor, brilho e vida de prateleira (AFOAKWA et al. 2009).

Durante o processamento, a cristalização da manteiga de cacau desempenha um importante papel na obtenção de um produto de alta qualidade. Essas características estruturais ideais são ditadas pela rede cristalina formada pela cristalização de seus componentes lipídicos, tornando a temperagem uma operação unitária crucial na fabricação de chocolates. O chocolate mal cristalizado provoca a formação do *fat bloom*, um filme superficial acinzentado (AFOAKWA et al. 2009; FERNANDES; MÜLLER; SANDOVAL, 2013).

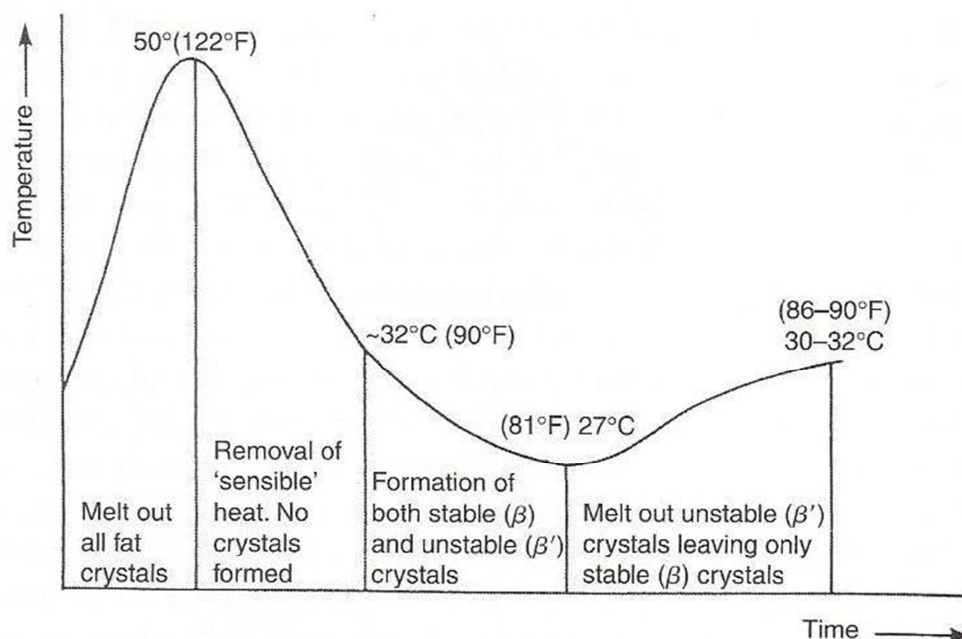
As transições de fases no sistema polimórfico ocorrem das formas menos estáveis para as mais estáveis e são geralmente irreversíveis e tempo-temperatura dependentes. Acredita-se que essas transformações ocorrem diretamente na manteiga de cacau completamente derretida, com exceção das duas fases  $\beta$  ( $\beta_V$  e  $\beta_{VI}$ ) (FERNANDES; MÜLLER; SANDOVAL, 2013).

A temperagem é um processo no qual o chocolate é termicamente tratado para produzir uma pequena fração de cristais de gordura altamente estáveis do tipo e tamanhos corretos ( $\beta_V$ ) e dispersos homogênea na massa. Esses cristais crescem formando uma rede cristalina microcristalina homogênea durante os estágios seguintes de moldagem e resfriamento (WINDHAB, 2009).

Durante longo armazenamento, as formas  $\beta_V$  vão lentamente se transformando em forma  $\beta_{VI}$ , uma transformação que frequentemente é acompanhada de *fat boom* (TALBOT, 2009).

A sequência de temperagem proposta por Talbot (2009) foi utilizada no trabalho e é demonstrada na figura 1.2. Inicialmente, o chocolate é aquecido a 50°C para fusão total da gordura e, em seguida, sofre uma queda brusca de temperatura, atingindo 27°C. O chocolate é novamente aquecido até o intervalo de 30-32°C, para que os cristais instáveis que possam ter sido formados sejam fundidos, permanecendo na temperatura ideal para a etapa seguinte, a moldagem.

**Figura 1.2** – Sequência de temperagem de chocolate.



**Fonte:** TALBOT (2009, p.267)

#### 1.3.2.4 Moldagem

Existem duas principais formas de moldagem. A primeira é enformar o chocolate temperado utilizando um molde. Essa pode ser uma simples operação, no caso de formar tabletes sólidos, ou pode incluir a formação de cascas de chocolate que receberão um recheio. A cobertura é outro método e utiliza um recheio pré-formado, sobre o qual o chocolate temperado será vertido, produzindo a camada de cobertura. A espessura e o formato da cobertura são controlados pela sopragem do excesso de massa utilizando e depois vibração (GRAY, 2009).

No caso da moldagem com formas, após o chocolate temperado ser despejado sobre elas é iniciada a vibração mecânica que acomoda o chocolate e liberam as bolhas de ar. Este tipo de moldagem resulta em um brilho mais aparente no produto final (GRAY, 2009; MELO, 2008).

#### 1.3.2.5 Resfriamento

Os moldes com o chocolate temperado são resfriados provocando a remoção do calor específico latente e, como consequência, a contração da massa, dando-lhe consistência e facilitando a retirada do chocolate dos moldes (MELO, 2008; OETTERER, 2006).

A necessidade de cristalizar a gordura em pequenos cristais na forma  $\beta_V$  limita a taxa de resfriamento que pode ser aplicada. O resfriamento rápido ou o emprego de temperaturas muito baixa resultam em formas polimórficas menos estáveis como a  $\beta_{IV}$  (GRAY, 2009).

Se a temperagem e o resfriamento foram otimizados, então a retirada da forma torna-se menos crítica no processo, resultando em produtos de boa qualidade, que saem totalmente da forma, são estáveis e atrativos (MELO, 2008).

As técnicas recentes de resfriamento possuem fontes de ar resfriado que podem ser direcionado, otimizando essa etapa. O resfriamento em zonas é dividido em três etapas. Na primeira zona, o calor específico é removido, com

temperaturas de 12-15°C, por 5 minutos. Na segunda zona, o calor latente é removido, ele é liberado logo que a cristalização se estabelece, as temperaturas variam entre 7-10°C e o tempo varia de acordo com o tamanho da forma de 10 a 30 minutos. Na última zona, o produto é levemente aquecido até a temperatura em que será embalado. O ponto de orvalho precisa ser observado para que a umidade da superfície não cause manchas no chocolate ou o *fat bloom* (GRAY, 2009).

Saindo do túnel de resfriamento, os chocolates seguem para a embalagem.

### 1.3.3 ADIÇÃO DE INGREDIENTES COM APELO FUNCIONAL E ALEGAÇÕES DE SAÚDE

O chocolate é um alimento calórico, rico em gorduras e açúcares e pobre em proteína e fibra alimentar. Apesar da potencialidade saudável de alguns de seus constituintes, como o cacau e a manteiga de cacau, a indústria vem fazendo esforços para produzir alimentos cada vez menos calóricos e direcionados a uma dieta alimentar equilibrada.

A legislação brasileira define como alegação de propriedade funcional, aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. Já a alegação de propriedade de saúde é aquela que afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde (BRASIL, 1999).

O mercado internacional de alimentos e bebidas funcionais, que é definido por produtos com alegações de saúde específicas, somou US\$ 24.22 bi em 2012 e tem um crescimento estimado de 4-5% até 2014 (PREPARED FOODS, 2011).

Com uma quota de 38% da produção total de alimentos, o Japão é o maior mercado de alimentos funcionais. No entanto, a definição dos FOSHU (*Foods for Specific Health Use*) japoneses incluem produtos com benefícios medicinais, como as ervas, além dos alimentos com alegações de saúde, o que torna difícil a comparação com outros mercados (PREPARED FOODS, 2011).

Os Estados Unidos seguem o Japão nesse ranking, com 31,1% e a Europa fica em terceiro lugar, com 28,9% dos seus mercados e compostos por alimentos funcionais (PREPARED FOODS, 2011).

É estimado que a taxa de fracasso de produtos nesse mercado chegue a 80%. Isso se deve ao ceticismo do consumidor sobre a eficiência das alegações de saúde e no desenvolvimento e promoção inadequados do produto. Esses alimentos também possuem menor probabilidade de sucesso se houver falhas de aroma e sabor. Se o produto tem a quantidade necessária do ingrediente funcional para promover resultados, o consumidor justifica o valor elevado considerando que as promessas de benefícios de saúde é um preço que merecem ser pago. (HILTON, 2011; PREPARED FOODS, 2011).

Os consumidores estão receptivos às informações, mas precisam ser educados sobre a funcionalidade de novos ingredientes com os quais não estão familiarizados. Fibras, proteínas e cálcio já fazem parte do seu conhecimento, mas antioxidantes, probióticos e ômega 3 requerem mais promoção e educação. A educação sobre um produto custa tempo e dinheiro e é constantemente subestimada no planejamento e lançamento de um novo produto. Quase a metade dos consumidores diz que os médicos são suas principais fontes de informação sobre nutrientes dos alimentos e 25% citam nutrólogos e nutricionistas (HILTON, 2011; SPRINKLE, 2012).

A batalha por espaço nesse mercado está longe de terminar, e na medida em que a demanda de consumidores aumenta e a educação nutricional diminui, a tentação das companhias em fazer alegações de saúde cada vez mais agressivas se fortalece. O futuro desse mercado está em acompanhar as necessidades do consumidor e protegê-lo das alegações exageradas e enganosas (HILTON, 2011).

#### 1.3.3.1 Alegações de Saúde

As alegações de saúde são a forma que a indústria tem de informar seu consumidor sobre produtos saudáveis e benéficos a saúde (CAOBISCO, 2011).

Existe grande preocupação com o uso inapropriado de alimentos e bebidas como tratamento de questões médicas. Porém, 62% dos compradores de alimentos e bebidas funcionais se declararam serem portadores de boa saúde física e mental. No caso de produtos destinados à energia e performance, essa porcentagem dá um salto, para 84%. Essas pessoas consomem os alimentos funcionais da forma mais recomendada, como auxílio para alcançar o bem-estar e prevenção de complicações específicas de saúde (SPRINKLE, 2012)

As regulações das alegações permitidas nas embalagens estão ficando mais eficientes por todo o mundo e sendo endossadas somente quando há suportes científicos concretos a seu respeito. Isso ajuda os consumidores a se sentir mais seguros sobre o conceito de “cientificamente comprovadas” e isso representa que a transparência na comunicação dos benefícios é crucial (PREPARED FOODS, 2011).

A legislação vigente no Brasil autoriza o uso de três alegações de saúde que podem ser aplicadas aos chocolates desenvolvidos nesse trabalho. A alegação de alimento rico em fibras alimentares, quando a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3g de fibras, se o alimento por sólido. E as alegações de inulina e  $\beta$ -glucana, que podem ser utilizadas quando a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3g de cada fibra específica em alimentos sólidos (BRASIL, 1999).

Uma vez que os consumidores podem utilizar as alegações de saúde para fazer sua escolha de alimentos, a indústria alimentícia está interessada em utilizá-las nos rótulos para promover seus produtos (LIM; INGLETT; LEE, 2010).

As condições de saúde que dominam o mercado americano de alimentos funcionais são energia e performance, envelhecimento saudável, saúde cardiovascular, imunidade, digestão, perda de peso, diabetes e manutenção das articulações (HILTON, 2011). Nesse cenário, os imitadores de gordura compostos de fibras alimentares, como a  $\beta$ -glucana, têm se demonstrado fortes candidatos, por possibilitarem alegações de saúde na rotulagem (LIM; INGLETT; LEE, 2010).

### 1.3.3.2 Manutenção da Manteiga de Cacau como Fase Contínua

Um importante ingrediente do chocolate, a manteiga de cacau, apresenta benefícios à saúde do consumidor. Wan et al. (2001) constataram que essa composição de gorduras aumenta a concentração de HDL (*high-density lipoprotein*) no sangue.

Entretanto, seu alto custo de produção, a vulnerabilidade climática e a dependência às políticas governamentais dos países produtores de cacau implicaram na substituição de parte da manteiga de cacau nos chocolates. Seu alto valor energético também faz com que ela seja total ou parcialmente substituída nas formulações desenvolvidas para fins de redução calórica.

Os primeiros substitutos de manteiga de cacau a serem utilizados foram misturas de óleos vegetais, como os de palma e de palmiste (LEE et al., 2009).

Em seu trabalho, Lee et al. (2009) citaram que, de acordo com a National Health and Nutrition Examination Surveys, a porcentagem de energia consumida proveniente de gorduras decresceu de 37 para 33%, em adultos de 20 a 74 anos, no período de 1971 a 2000, quantidade está que acima dos 30% recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

### 1.3.3.3 Adição de Fibras Alimentares

Apenas o chocolate amargo contém uma quantidade de fibras significativa, em média 4% p/p. Já os chocolates ao leite apresentam apenas traços. Para que o chocolate desenvolvido possa ser considerado um alimento nutricionalmente equilibrado é fundamental que seu teor de fibra seja aumentado.

A microbiota intestinal humana exerce um papel importante tanto na saúde quanto na doença e a suplementação da dieta com probióticos pode assegurar o equilíbrio dessa microbiota. Prebióticos são carboidratos não digeríveis, que afetam benéficamente o hospedeiro, por estimularem seletivamente a

proliferação e/ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon (SAAD, 2006).

A inulina é um carboidrato de reserva vegetal, que pode ser produzido comercialmente a partir das raízes de chicória, as quais contém cerca de 17% de inulina, através de infusão em água quente (KRÜGER, 2009). Seu efeito prebiótico no organismo humano ocorre por ela ser fermentada por bifidobactérias no cólon, além de estimular uma maior absorção de cálcio, fatores que a tornam nutricionalmente importante (GOMES et al., 2007).

A inulina pode ser usada como fibra alimentar, podendo substituir gorduras e açúcares sem o comprometimento da textura dos alimentos, enquanto proporciona produtos de composição nutricional mais balanceada (FRANK, 2002).

É um polímero polidisperso com grau de polimerização de três até mais de 60 unidades de monômeros, que faz parte do grupo dos frutanos, sendo constituída principalmente por unidades de D-frutofuranosil, unidas entre si por ligações 1-2 e finalizadas por uma molécula de glicose (CAPITO; FILISETTI, 1999).

O fato de alguns desses frutanos não serem hidrolisados no estômago resulta em uma provisão de energia relativamente baixa quando ingeridos. Sua contribuição calórica, cerca de 1 kcal/g, provém da metabolização e fermentação desses grupamentos no cólon (GOMES et al., 2007; SHAH, JONES; VASILJEVIC, 2010).

A dosagem recomendada de inulina para o uso em chocolate é de 5 a 30% (p/p), quando passa a assumir funções de fibra alimentar, substituir o açúcar e aumentar a resistência ao calor (FRANK, 2002). Doses inferiores a 20g/refeição não causam efeitos colaterais e superiores a 60g/dia podem apresentar efeito laxativo (GOMES et al., 2007).

A  $\beta$ -glucana é uma fibra solúvel encontrada em cereais como aveia, cevada e centeio em quantidades de 7%, 5% e 2%, respectivamente. Alguns tipos de centeio ceroso podem alcançar até 15%. Consiste em uma cadeia linear de polissacarídeos, não ramificada, composta por unidades de glicose unidas por ligações dos tipos  $\beta$  1-3 e  $\beta$  1-4, que não são hidrolisadas durante a digestão humana (POPPITT, 2007).

A ligação da  $\beta$ -glucana a seus efeitos fisiológicos vêm sendo sugerida por um grande número de estudos *in vivo* e *in vitro*, demonstrando sua eficácia na redução do nível de colesterol, controle da glicose sanguínea,

imunoestimulação, e redução do risco de câncer de cólon e outros tumores (BURKUS; TEMELLI, 1999, LIM; INGLETT; LEE, 2010, POPPITT, 2007).

Alimentos ricos em  $\beta$ -glucana aumentam a viscosidade do bolo alimentar no intestino. Com o aumento da viscosidade, os ácidos biliares se ligam ao bolo e não conseguem ser reabsorvidos pelo organismo, esse mecanismo também impede que o colesterol presente no alimento seja absorvido. Além disso, a bile é levada a produzir mais ácidos biliares, e para isso, utiliza o colesterol hepático, diminuindo as reservas de colesterol do organismo. (POPPITT, 2007).

Como ingrediente alimentar, a  $\beta$ -glucana apresenta as propriedades espessante, estabilizante e gelificante, que são muito requeridas pela indústria (BURKUS; TEMELLI, 1999).

#### 1.3.4 SUBSTITUIÇÃO DE INGREDIENTES, LEGISLAÇÃO E IMPACTOS TECNOLÓGICOS

##### 1.3.4.1 Legislação Brasileira para Alimentos *Diet* e *Light*

A atual legislação brasileira permite o uso do termo *diet* para os alimentos para dietas com restrição de sacarose, frutose e ou glicose; para controle de peso e para dietas de ingestão controlada de açúcares. Neles, é permitida a adição de açúcares, apenas a presença dos açúcares naturalmente existentes nas matérias utilizadas. São especialmente formulados para atender às necessidades de pessoas com distúrbios no metabolismo desses açúcares (BRASIL, 1998b).

Para o uso do termo *light*, a regra geral é de que o alimento precisa ter 25% de redução de açúcares, gorduras ou do valor energético, recebendo a nomenclatura de forma específica para cada redução (BRASIL, 1998a).

Em relação à situação de *light* na redução do valor energético também vale o cumprimento do atributo “baixo”, quando o alimento possui no máximo 40 Kcal/100g. Em relação aos açúcares, a quantidade máxima é de 5g de açúcares/100g de alimento e para o termo *light* em gorduras, vale o máximo de 3g de gorduras/100g (BRASIL, 1998a).

#### 1.3.4.2 Substituição da Gordura

Os consumidores querem alimentos com o mínimo ou nenhuma gordura e calorias e que ainda tenham sabor agradável. Sendo assim, o substituto de gordura ideal deve proporcionar sabor e funcionalidade como a gordura convencional, porém, sem seu impacto adverso à saúde (AKOH, 1998). Este é o atual desafio da indústria de alimentos.

Como um componente nutricional e funcional da dieta, a gordura proporciona gosto que, combinado com os componentes lipofílicos do aroma que consegue transportar, resulta no sabor do alimento. Contribui para a cremosidade, aparência, palatabilidade, textura e lubricidade, propriedades que resultam na sensação de derretimento na boca, promovendo atributos sensoriais positivos (AKOH, 1998; LIM; INGLETT; LEE, 2010).

A gordura pode ser substituída por ingredientes à base de lipídeos, proteínas ou carboidratos, individualmente ou em combinações, que representam uma variedade de tipos químicos com propriedades funcionais, sensoriais e fisiológicas diversas (AKOH, 1998).

O Quadro 1.1 descreve os muitos termos têm sido utilizados para descrever esse diverso grupo de ingredientes. Frequentemente, são confundidos ou mal interpretados por alguns autores (AKOH, 1998; MIRAGLIO, 1995), cabendo o esclarecimento de suas diferenças.

Imitadores de gordura à base de carboidratos podem ligar quantidades consideráveis de água, adquirindo funcionalidades únicas, como as propriedades espessante, geleificante e emulsificante, que permitem a eles imitar a sensação e propriedades de escoamento similares aos da gordura, em sistema aquoso (LIM; INGLETT; LEE, 2010).

É a porção de gordura líquida presente que permite que o chocolate flua. Como fase contínua, ela dispersa as partícula sólidas provenientes do cacau, leite e açúcar. Com o aumento do conteúdo de gordura, a dispersão dos sólidos é maior, fazendo com que haja uma queda na viscosidade. Sendo assim, a diminuição do conteúdo de gordura da formulação resultará na diminuição da qualidade sensorial do produto.

**Quadro 1.1-** Definição dos termos empregados para substitutos de gordura.

Denominação	Definição	Exemplo
Substituto de gordura	Possui características físicas e químicas de gordura, porém com digestibilidade alterada e, por isso, menor valor nutricional.	Óleos sintéticos, como poliéster de sacarose. Lipídios estruturados, como Caprenin.
Imitador de gordura	Possui uma ou algumas funções da gordura no alimento e menor valor calórico.	Gelatina, proteínas microparticuladas, amidos modificados, celulose e seus derivados, gomas e fibras alimentares.
Extensor de gordura	Otimiza a funcionalidade da gordura, permitindo a redução da quantidade usualmente utilizada	Lecitina e outros emulsificantes.
Barreira de gordura	Diminui a absorção por alimentos que utilizam gorduras que são fritos.	Celulose, celulose microcristalina, gomas.

Fonte: Miraglio (1995)

No processamento de chocolates, a manutenção da viscosidade ideal para o produto é o principal fator a ser observado quando se substitui a gordura de sua formulação por outros ingredientes, para que as perdas sensoriais sejam minimizadas.

A primeira razão para se manter a viscosidade adequada no produto é que ela define a qualidade de moldagem e estabilidade do chocolate. A segunda é a sua influência na percepção de sabor pelo consumidor, o chocolate que derrete adequadamente na boca entra em contato com os receptores de sabor de maneira mais uniforme e contribui para a sensação de preenchimento da cavidade oral, tão característica do chocolate (BECKETT, 2009b).

No chocolate, a manteiga de cacau tem uma grande contribuição no sabor característico do produto, além de influenciar as características reológicas. Por essas capacidades ela não foi removida por completo nas formulações desenvolvidas, sua diminuição objetivou a redução calórica no produto final.

O Barley Balance™ é um concentrado de  $\beta$ -glucana de cevada. Contém 25% de  $\beta$ -glucana e atinge 38,5% de fibras totais, podendo atuar como substituto de gordura (SUNOPTA, 2011). A inulina e os emulsificantes também

poderão atuar sinergicamente nas formulações, reduzindo a viscosidade e compensando a redução de gordura.

Richter e Lannes (2007b) utilizaram um substituto de gordura composto por ácido esteárico (Benefat<sup>TM</sup>) em bombons *diet*. O produto desenvolvido obteve alta aceitação sensorial e intenção de compra.

Lee et al. (2009) substituíram diferentes quantidades da manteiga de cacau por concentrado de  $\beta$ -glucana. Os autores concluíram que a diminuição da quantidade de manteiga de cacau interfere nas etapas de produção do chocolate, principalmente na temperagem, e verificaram que a dureza dos produtos obtidos diminuiu à medida que a quantidade de  $\beta$ -glucana foi aumentada. Dessa forma, a porcentagem a ser substituída deve ser limitada até o ponto em que não irá promover características negativas como opacidade, diminuição da sensação de derretimento e baixa estabilidade nos chocolates.

#### 1.3.4.3 Substituição da Sacarose

Muitos consumidores evitam o açúcar por motivos normalmente associados com seu estilo de vida e saúde. Isso pode ocorrer devido à preocupação com obesidade ou saúde bucal ou por estar em uma dieta que bane açúcares, como para os diabéticos (WOHLMUTH, 2009).

A adição de açúcar no alimento objetiva, principalmente, transmitir o sabor doce, mas pode auxiliar na textura, coloração, aroma, conservação e teor calórico (GAVA, 2008).

A sacarose é o sacarídeo mais utilizado na formulação do chocolate, devido às interações químicas positivas que realiza com os outros ingredientes, como a caramelização e a reação de Maillard, sendo fundamental para o desenvolvimento do sabor final.

Durante a conchagem, os componentes de aroma do cacau, juntamente com a gordura, são transferidos para a superfície do açúcar. Esse recobrimento resulta em uma percepção de sabor mais uniforme e na redução do sabor penetrante da sacarose (ZIEGLER, 2009).

A retirada da sacarose da formulação do chocolate tem um grande impacto na textura e sabor obtidos, sendo necessária a utilização de ingredientes alternativos que se comportem de forma semelhante para que o produto final não apresente perdas significativas na qualidade esperada.

O que se espera de um agente de corpo é que mantenha com a maior similaridade possível as propriedades que o açúcar proporciona ao produto tradicional. O agente de corpo deve ser seguro, estável, de baixa caloria, sem sabor residual, solúvel, contribuir com a coloração e apresentar interações com proteínas e amidos similares às do açúcar (RICHTER; LANNES, 2007a).

O maltitol é um poliól cristalino com solubilidade, influência na atividade de água e depressão no ponto de congelamento similares ao da sacarose (DEIS, 1994).

O maltitol cristalino de alta pureza tem um dulçor de 85 a 90% em relação ao da sacarose, proporcionando maior poder edulcorante que outros polióis, com exceção do xilitol (VISSOTTO; GOMES; BATISTA, 2005). Não possui ingestão diária aceitável (IDA) especificada, sendo que a ingestão de 50 g/dia não causa transtornos intestinais (GOMES et al., 2007).

O maltitol não ocorre na natureza, é produzido industrialmente através da hidrogenação catalítica da maltose que resulta em álcool dissacarídeo, considerado um ingrediente apropriado na produção de doces para diabéticos e não apresenta efeito criogênico (GOMES et al., 2007; KRÜGER, 2009).

Em seres humanos, o metabolismo do maltitol fornece a metade das calorias dos carboidratos, sendo essas calorias obtidas principalmente pela sua fermentação por bactérias da microflora intestinal, produzindo ácidos graxos voláteis

Por ser um edulcorante anidro, o maltitol pode ser conchado em temperaturas superiores a 80°C, temperatura dificilmente tolerada pela maioria dos polióis (KRÜGER, 2009).

Esse comportamento similar ao da sacarose e a possibilidade de realizar a conchagem na mesma temperatura utilizada no processamento de chocolate com sacarose tornam o maltitol um poliól adequado para o trabalho.

Gomes et al. (2007) observaram a Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. Os agentes de corpo utilizados foram sacarose, polidextrose, lactitol, maltitol, inulina e frutooligossacarídeos (FOS). Os parâmetros reológicos dos

das formulações mostraram bom ajuste dos dados experimentais ao modelo de Casson e não diferiram significativamente na análise sensorial, porém a maior intenção de compra foi atribuída ao chocolate elaborado com maltitol e polidextrose, por ter ele ter sido associado à ausência de aspectos negativos percebidos nas demais formulações, tais como sabor que não característico de chocolate e aderência nos dentes.

Vissotto, Gomes e Batista (2005) também verificaram parâmetros reológicos adequados a todas as formulações de chocolates produzidos com diferentes edulcorantes, entre eles, o maltitol.

Konar (2013) utilizou maltitol e isomalt como edulcorantes e agentes de corpo em formulações de chocolate adicionados de inulina. Os chocolates produzidos com maltitol apresentaram cor, textura e reologia melhores dos que os produzidos com isomalt e mais próximos aos parâmetros obtidos com o uso de sacarose.

#### 1.3.5 AVALIAÇÃO SENSORIAL

A avaliação sensorial é a ciência que mede, analisa e interpreta as respostas das pessoas a produtos como percebidas pelos sentidos. É um ramo cresceu rapidamente na segunda metade do século XX com a expansão dos alimentos processados e da indústria de produtos de consumo. Para os setores de alimentos e bebidas, a competitividade no mercado alimentício depende do desenvolvimento de novos e diferenciados produtos adaptados às preferências específicas dos segmentos consumidores (LAWLESS; HEYMANN, 2010, VALENTIN et al., 2012).

Métodos sensoriais descritivos são as ferramentas mais poderosas da ciência sensorial, eles permitem a obtenção de descrições sensoriais completas de um produto, identificando ingredientes fundamentais e variáveis de processamento que resultam nas características sensoriais, podendo ser associados a avaliação da aceitação (LAWLESS; HEYMANN, 2010). Servem como uma ligação entre as características do produto e a reação do consumidor tanto no campo industrial quanto no acadêmico, com eles, uma gama de características sensoriais

como aparência, aroma, sabor, textura, ou qualquer combinação delas pode ser examinada (JACK; PIGGOTT, 2002, VARELA; ARES, 2012).

Considerando o custo e o tempo no treinamento de provadores para técnicas convencionais de análise descritiva, como Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), novas metodologias de caracterização sensorial têm sido desenvolvidas nos últimos anos, elas consomem menos tempo, são mais flexíveis e podem ser utilizadas com provadores semitreinados e até mesmo com consumidores (VARELA; ARES, 2012).

Dairou e Sieffermann (2002) modificaram a técnica do Perfil Livre combinando-a com a técnica de ordenação e, dessa forma, deram origem a metodologia denominada Perfil *Flash*. Com as características desses dois métodos, o Perfil *Flash*, resulta em uma técnica na qual o provador cria seu vocabulário para descrever e ordenar produtos comparados simultaneamente, obtendo-se a descrição em poucas sessões. A metodologia permite uma descrição mais rápida e barata quando comparada às técnicas convencionais (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002).

O método pode ser realizado em duas sessões, ou em uma sessão dividida em duas partes (VARELA; ARES, 2012). As amostras são apresentadas todas juntas e na primeira etapa o provador as experimenta comparando-as com o objetivo de gerar os descritores que considera ser apropriado para descrevê-las para discriminá-las. Na segunda etapa, ele ordena as amostras da menor para a maior do “mínimo” ao “máximo” de intensidade percebida para cada atributo (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002; DELARUE; SIEFFERMANN, 2004).

Considerando que o conceito do Perfil Livre é de que o provador gera e utiliza os descritores que desejar, sem treinamento ou discussão com a equipe, o procedimento proposto para o Perfil *Flash* também é sintetizado em apenas uma sessão, de maneira a permitir equipes maiores com uma abordagem mais próxima de estudos de consumidor, se tornando um método eficiente na compreensão inicial dos atributos mais importantes de um produto (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002; TERHAAG; BENASSI, 2010).

A técnica pode ser realizada com grupos de 6 a 12 provadores treinados e com grupos de 20 a 40 provadores consumidores. Os dados são avaliados por meio da Análise Procrustes Generalizada (APG) para produzir informações sobre as interrelações entre as amostras e os provadores (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002; DELARUE; SIEFFERMANN, 2004; JACK; PIGGOTT, 2002).

O termo hedônico refere-se ao ato de gostar. Historicamente, os testes de aceitação de alimentos por consumidores representaram um importante afastamento dos primeiros testes, que eram baseados na opinião de experts ou na atribuição de notas para os produtos a partir da procura de seus defeitos (JACK; PIGGOTT, 2002). Através dos testes de aceitação é possível avaliar o ato de gostar e, quando muitos produtos são comparados, a preferência pode ser inferida (MIQUELIM; BEHRENS; LANNES, 2008).

São poucos os trabalhos específicos de análise sensorial com chocolates encontrados na literatura.

Richter e Lannes (2007b) realizaram um teste de aceitação com escala híbrida em bombons dietéticos para dietas especiais e puderam concluir que o produto desenvolvido foi bem aceito pelos provadores e teve alta intenção de compra.

A aceitação sensorial foi verificada por Efraim et al. (2010) em estudo sobre a influência da fermentação e secagem do cacau no teor de compostos fenólicos. Os autores constataram que maiores teores de compostos fenólicos exercem impacto negativo nas características sensoriais da bebida produzida com os *liquors* provenientes de diversas fases de fermentação.

Miquelim, Behrens e Lannes (2008) utilizaram a técnica do Mapa de Preferência Interno para verificar a preferência dos consumidores de chocolates recheados com preparados de frutas de diversas bases.

Thomson, Crocker e Marketto (2010) associaram as técnicas de Perfil Sensorial, Conceitual e Emocional com chocolates em uma análise que conclui que um produto pode ser otimizado de acordo a atender as expectativas do consumidor e a corresponder ao que sua marca quer representar no mercado.

Com relação a estudos de análise descritiva, Melo, Bolini e Efraim (2009), aplicando ADQ em conjunto com teste afetivo constataram que os consumidores preferem as características sensoriais de chocolates tradicionais quando comparados aos dietéticos quando não recebem informações sobre a composição dos produtos como as suas alegações de saúde. O estudo indica que os atributos aroma doce, derretimento e gosto doce são os mais importantes para a aceitação dos chocolates.

O formato do chocolate foi o objeto de estudo de Lenfant et al. (2013). Empregando Perfil Sensorial para avaliar os atributos de sabor, textura e

sabor residual e a Análise Tempo-Intensidade para averiguar a evolução da intensidade percebida para cada atributo, os autores concluíram que a percepção da textura e do sabor são dependentes da forma dada ao chocolate, sendo os atributos derretimento e maciez os mais influenciados.

Destaca-se a aplicação da técnica de Perfil Livre por Thamke, Dürschimid e Rohm (2009), que identificaram os atributos chave da discriminação de chocolate amargo e verificaram que os atributos descritos por equipes localizadas em dois países foram similares. Os autores atribuíram o uso de um vocabulário reduzido à dificuldade do consumidor em descrever o chocolate.

#### 4 REFERÊNCIAS

ABICAB. Associação Brasileira da Indústria de Chocolate, Cacau, Amendoins, Balas e Derivados. **Chocolate - produção, consumo aparente, exportação e importação sob todas as formas em volume (mil tons)**. Disponível em <http://www.abicab.org.br/associado-chocolate-e-cacau/estatisticas/>>> Acesso em: 05/12/2012

AFOAKWA, Emmanuel O.; PATERSON, Alistair; FOWLER, Mark; VIEIRA, Joselio. Influence of tempering and fat crystallization behaviors on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. **Food Research International**. v. 42, p. 200-209, 2009

AKOH, Casimir C. Fat replacers. **Food Technol.** v. 52, n. 3, 47-53, 1998

ARNOLD, G.; SCHULDT, S.; SCHNEIDER, Y.; FRIEDRICH, J.; BABICK, F.; - WERNER, C.; ROHM, H. The impact of lecithin on rheology, sedimentation and particle interactions in oil-based dispersions. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**. v. 418, p. 147-156, 2013

BECKETT, Stephen T. Traditional Chocolate Making. In:\_\_\_\_\_. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009a. p. 1-9

BECKETT, Stephen T. Chocolate Flow Properties. In:\_\_\_\_\_. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009b. p. 224-246

BECKETT, Stephen T. Conching. In:\_\_\_\_\_. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009c. p. 192-223

BEMILLER, James N.; HUBER, Kerry C. Carbohydrates. In: DAMONDARIAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Fennema's Food Chemistry**. 4. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 83-154

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 13 jan. 1998a

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 29. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins. **Diário Oficial da União**. Brasília, 13 jan. 1998b

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18. Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 30 abr. 1999

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 264. Aprova o Regulamento Técnico para Chocolate e Produtos de Cacau. **Diário Oficial da União**. Brasília, 23 set. 2005

BURKUS, Z. TEMELLI, F. Gelation of Barley  $\beta$ -Glucan Concentrate. **Journal of Food Science**. v. 64, n. 2, p. 198-201, 1999

CAOBISCO. **Annual report 2010**. s.n. Brussels, 2011

CAPITO, Selene M. P.; FILISETTI, Tullia M. C. C. Inulina: um ingrediente alimentar promissor. **Cadernos de nutrição**. São Paulo, v. 18, p. 1-11, 1999

DAIROU, V.; SIEFFERMANN, J. M. A Comparison of 14 Jams characterized by conventional profile and a quick original method, the Flash Profile. **J Food Sci**. v.67, n. 2, p. 826-834, 2002

DELARUE, Julien; SIEFFERMANN. Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. **Food Quality and Preference**. v. 15, p. 383-392, 2004

DEIS, Ronald C. Adding bulk without adding sucrose. **Cereal foods world**. v.39, n. 2, p. 93-97,1994

EFRAIM, Priscilla; PEZOA-GARCÍA, Nelson Horácio; JARDIM, Denise Calil Pereira; NISHIKAWA, Amanda; HADDAD, Renato; EBERLIN, Marcos Nogueira. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30, p. 142-150, mai., 2010

ENGLER, Mary B. et al. Flavonoid-Rich Dark Chocolate Improves Endothelial Function and Increases Plasma Epicatechin Concentrations in Healthy Adults. **J Am Coll Nutr**, Clearwater, v. 23, n. 3, p. 197-204, 2004

FERNANDES, Vanessa A.; MÜLLER, Alejandro J.; SANDOVAL, Aleida J. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. **Journal of Food Engineering**. v. 116, p. 97-108, 2013

FRANK, Anne. Technological functionality of inulin and oligofructose. **Br J Nutr**, Cambridge, v. 87, n. 2, p. S287-S291, 2002

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia em alimentos**. São Paulo. Nobel, 2008

GOMES, Cristiane R.; VISSOTTO, Fernanda Z.; FADINI Ana L.; FARIA, Eliete V. de; LUIZ, Alexandra, M. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciênc. Tecnol Aliment**. v.27, n. 3, p. 613-623, jul-set, 2007

GRAY, M. P. Moulding, enrobing and cooling chocolate products. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 320-357

HAYLOCK, S.J.; DODDS, T. M. Ingredients From Milk. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 76-100

HILTON; Jeff. Formulation trends in functional foods & beverages. **Nutraceuticals Word**. p. 54-59, jul.-ago., 2011

JACK, F. R.; PIGGOTT, J. R. Free choice profiling in consumer research. **Food Quality and Preference**. v. 3, p. 129-134, 1992

KAMPHUIS, H. J. Production and quality standards of cocoa mass, cocoa butter and cocoa powder. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 121-141

KONAR, Nevzat. Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. **European Food Research and Technology**. v. 236, n.1, p. 135-143, 2013

KRÜGER, Ch. Sugar And Bulk Sweeteners. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 48-75

LAMBERT, J.P. Nutrition and health aspects of chocolate. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 623-636

LAWLESS, Harry T.; HEYMANN, Hildegard. **Sensory Evaluation of Food**. Principles and Practices. 2. ed. Springer: New York, 2010

LEE, Suyong; BIRESAW, Girma; KINNEY, Mary P.; INGLETT, George E. Effect of cocoa butter replacement with  $\beta$ -glucan-rich hydrocolloid (C-trim30) on the rheological and tribological properties of chocolates. **J Sci Food Agri**. v. 89, 163-167, 2009

LEFANT, Francine; HARTMANN, Christoph; WATZKE, Brigitte; BRETON, Olivier; LORET, Chrystel; MARTIN, Nathalie. Impact of the shape on sensory properties of individual dark chocolate pieces. **Food Science and Technology**. v. 51, p. 545-552, 2013

LEVANON, Yehuda; ROSSETINI, Stela M. O. **Cacau**. In: Biotecnologia Industrial. V.4. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 347-364

LIM, Jongbin; INGLETT, George E.; LEE, Suyong. Response to consumer demand for reduced-fat foods; multi-functional fat replacers. **Jpn J Food Eng**. v. 11, n. 4, p. 163-168, dez. 2010

MELO, Lauro Luís Martins Medeiros de. **Perfil Sensorial como Ferramenta para o Desenvolvimento de Chocolates ao Leite Diet em sacarose e Light em calorias Contendo Substitutos da Sacarose e de Gordura**. 2008.163 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008

MELO, Lauro Luís Martins Medeiros de; BOLINI, Helena Maria André; EFRAIM, Priscilla. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. **Food Quality and Preference**. v. 20, p. 138-143, 2009

MIQUELIM, Joice N.; BEHRENS, Jorge H.; LANNES, Suzana C. da S. Analysis of Brazilian consumer preference of filled chocolate. **Ciênc Tecnol Aliment**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 493-497, abr.-jun., 2008

MIRAGLIO, Angela M. Nutrient substitutes and their energy values in fat substitutes and replacers. **Am J Clin Nutr**. v. 62, p. 1175S-1179S, 1995

NEBESNY, Ewa; ŻYŻELEWICZ, Dorota. Effect of lecithin concentration on properties of sucrose-free chocolate masses sweetened with isomalt. **Eur Food Res Technol**. v. 220, p. 131-135, 2005

NETO, Benício de B.; SCARMINIO, Ieda S.; BRUNS, Roy E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995

NORTON, J. E.; FRYER, P. J.; PARKINSON, J. A. The effect of reduced-fat labelling on chocolate expectations. **Food Quality and Preference**. v. 28, p. 101-105, 2012

OETTERER, Marília. Tecnologias de obtenção do cacau, produtos do cacau e do chocolate. In: OETTERER, Marília; DARCE, Marisa A. B. R.; SPOTO, Marta. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p. 10-50

POMERANZ, Yeshajahu; MELOAN, Clifton E.; Carbohydrates. In:\_\_\_\_\_. **Food Analysis: Theory and practice**. 3. ed. Aspen Publishers: Maryland, 2000. p. 625-669

POPPITT, Sally D. Soluble fibre oat and barley  $\beta$ -glucan enriched products: can we predict cholesterol-lowering effects? **British Journal of Nutrition**. v. 97, p. 1049-1050, 2007

PREPARED FOODS. New Product Trends. The future of physiologically beneficial foods. **Prepared foods**. p. 27-31, ago., 2011

RICHTER, Marissol; LANNES, Suzana Caetano da Silva. Ingredientes usados na indústria de chocolates. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**. vol. 43, n. 3, jul.-set., 2007a

RICHTER, Marissol; LANNES, Suzana Caetano da Silva. Chocolate confectionery for special purposes: chemical and sensorial evaluation. **Ciênc Tecnol Aliment**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 193-200, jan.-mar., 2007b

ROUSSEAU, Dérick. On the porous mesostructure of milk chocolate viewed with atomic force microscopy. **LWT - Food Science and Technology**. v. 39, p. 852-860, 2006

SAAD, Susana M. I. Probióticos e Prebióticos: o estado da arte. **Rev Bras Cienc Farm**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 1-16, jan./mar., 2006

SPRINKLE, David. Formulating functional foods: the consumer review. **Nutraceuticals World**. p. 32-37, jun., 2012

SHAH, Abshisek S.; JONES, Gwyn P.; VASILJEVIC, Todor. Sucrose-free chocolate sweetened with *Stevia rebaudiana* extract and containing different bulking agents – effects on physicochemical and sensory properties. **Int J Food Sci Technol.** v.45, p. 1426-1435, 2010

STEINBERG, Francene M.; BEARDEN, Monica M.; KEEN, Carl L. Cocoa and chocolate flavonoids: Implications for cardiovascular health. **J Am Diet Assoc.** v. 103, p. 215-223, 2003

SUNOPTA INGREDIENTS GROUP. **Barley Balance™ Beta-Glucan Concentrate.** Product Information Bulletin. Chelmsford, MA, 2011.

SVANBERG, L.; AHRNÉ L.; LORÉN, N.; WINDHAB, E. Impact of pre-crystallization process on structure and product properties in dark chocolate. **Journal of Food Engineering.** v. 114, p. 90-98, 2013

TALBOT, G. Vegetable fats. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use.** 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 415-433

TEERHAG, Marcela M.; BENASSI, Marta de T. Perfil *Flash*: uma opção para análise descritiva rápida. **Braz. J. Food Technol.**, In: 6º SENSIBER, p. 140-151, ago.; 2010

THAMKE, Ines; DÜRRSCHMID, Klaus; ROHM, Harald. Sensory description of dark chocolates by consumers. **Food Science and Technology.** v. 42, p. 534–539, 2009

THOMSON, David M. H.; CROCKER, Christopher; MARKETO, Christopher G. Linking sensory characteristics to emotions: An example using dark chocolate. **Food Quality and Preference.** v. 21, p. 1117-1125, 2010

VALENTIN, Dominique; PÊCHER, Christelle; NGUYEN, Dzung H.; CHAMBERS, Delores; ABDI, Hervé. Integrating Sensory Evaluation Into Product Development: An Asian Perspective. In: Summer Program in Sensory Evaluation 2012 – **3d International Symposium.** Vietnam: Vietnam National University – HoChiMinh City Publishing House, jul., 2012

VARELA, Paula; ARES, Gastón. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International.** v. 48, p. 893-908, 2012

VISSOTTO, Fernanda Z; GOMES, Cristiane R.; BATISTA, Beatriz J. L. Caracterização do comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose. **Braz J Food Technol.** v.8, n.2, p. 107-111, abr.-jun., 2005

WAN, Ying et al. Effects of cocoa powder and dark chocolate on LDL oxidative susceptibility and prostaglandin concentrations in humans. **Am J Clin Nutr.** v. 74, p. 596-602, 2001

WINDHAB, E. J. Tempering. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use.** 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 276-319

WOHLMUTH, E. G. Recipes. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 434-450

ZIEGLER, G. Flavour development in cocoa and chocolate. In: BECKETT, Stephen T. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 169-192.

CAPÍTULO 2  
PLANEJAMENTO DE MISTURAS NO DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATES  
SEM SACAROSE ENRIQUECIDOS COM FIBRAS

## PLANEJAMENTO DE MISTURAS NO DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATES SEM SACAROSE ENRIQUECIDOS COM FIBRAS

### Resumo

O chocolate é um alimento com características reológicas e sensoriais muito específicas, que fazem com que a produção de formulações funcionais seja um desafio, devido ao impacto que a adição de diversos ingredientes ocasiona ao produto. O objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de chocolates dietéticos enriquecidos com fibras alimentares, empregando o planejamento de misturas. Os efeitos da combinação de diferentes teores de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau na viscosidade plástica de Casson, limite de escoamento de Casson e nas características sensoriais foram verificados. O aumento dos teores de 0 a 10% de inulina e de concentrado de  $\beta$ -glucana, com consequente redução da manteiga de cacau, afetaram os produtos desenvolvidos, tornando-os mais viscosos e com maior resistência ao escoamento. Estes efeitos foram maiores no caso do concentrado de  $\beta$ -glucana. Foi possível substituir 50% da manteiga de cacau da formulação controle obtendo-se produtos com boa aceitação. O produto menos aceito, com nota média de 6,4 em escala de 0 a 10, foi o que continha o teor máximo de concentrado de  $\beta$ -glucana (10%). A análise descritiva por Perfil *Flash* diferenciou essa amostra pela maior aderência e adesividade apresentando também sabores não característicos ao chocolate.

Palavras-chave: Inulina.  $\beta$ -glucana. Manteiga de cacau. Viscosidade. Perfil *Flash*. Aceitação sensorial.

### 2.1 INTRODUÇÃO

O chocolate é um alimento que possui sabor e textura únicos, proporcionados, principalmente, pela combinação de sólidos de cacau, açúcar e manteiga de cacau. O alto valor calórico de suas formulações tradicionais fez com que, por muito tempo, fosse um alimento evitado por consumidores que buscavam uma dieta equilibrada. As primeiras modificações nas receitas de chocolate, com objetivo nutricional, ocorreram com a eliminação da sacarose. Atualmente, o mercado dos chocolates dietéticos não se restringe aos consumidores diabéticos.

Os esforços para controlar o peso e manter a saúde têm impulsionado consumidores conscientes a encontrar soluções alimentares para diminuir o risco de doenças (LIM; INGLETT; LEE, 2010). Reduzir a gordura na dieta pode reduzir o consumo de energia e auxiliar a prevenir a obesidade, sendo essa ação ainda mais importante nos alimentos que não fazem parte da dieta básica, incluindo alimentos indulgentes, como o chocolate (NORTON; FRYER; PARKINSON, 2012).

Chocolates livres de sacarose podem ser produzidos com sucesso. Pesquisadores já caracterizaram o comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010, VISSOTTO; GOMES; BATISTA, 2005), investigaram a influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias (GOMES et al., 2007) e verificaram sua aceitação sensorial (MELO; BOLINI; EFRAIM, 2009).

A inulina tem efeito prebiótico no organismo por ser fermentada por bifidobactérias no cólon (BEMILLER; HUBER, 2007). Tem função de fibra alimentar, podendo substituir gorduras e açúcares sem comprometer a textura dos alimentos, proporcionando produtos de composição nutricional mais balanceada (FRANK, 2002). Sua utilização como agente de corpo em chocolates é eficiente e foi observada por Shah, Jones e Vasiljevic (2010) que analisaram as propriedades sensoriais e físico-químicas de chocolates dietéticos, com 16% de inulina, e por Gomes et al. (2007) que realizaram os mesmos testes com teores de 32% de inulina, também obtendo bons resultados.

A  $\beta$ -glucana é eficaz na redução do nível de colesterol, controlando a glicose sanguínea e reduzindo o risco de câncer de cólon (LIM; INGLETT; LEE, 2010). Sendo um biopolímero de alto peso molecular, é utilizada pela indústria de alimentos devido a sua grande capacidade de retenção de água e as propriedades tecnológicas de espessamento, gelificação e aumento da estabilidade de emulsões que ela proporciona (LEE; WARNER; INGLETT, 2005). Em chocolates, Lee et al. (2009) utilizaram um concentrado com 30% de  $\beta$ -glucana para substituir parcialmente a manteiga de cacau e verificaram que, a partir de 10% de substituição, a viscosidade dos chocolates foi elevada a níveis não aceitáveis, resultando em produtos com maior maciez. Porém, as amostras não chegaram a ser

avaliadas sensorialmente, não sendo possível concluir sobre a aceitação desses chocolates.

Este estudo teve por objetivo desenvolver formulações de chocolate dietético adicionadas de concentrado de  $\beta$ -glucana e inulina como substitutos parciais da manteiga de cacau, utilizando a modelagem de misturas como planejamento experimental. Verificou-se o impacto desses ingredientes na reologia, características sensoriais e aceitação dos chocolates.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 MATERIAL

Os ingredientes utilizados no preparo das formulações foram: liquor de cacau (Barry Callebaut, Extrema, BR), manteiga de cacau (Barry Callebaut, Ilhéus, BR), leite em pó desnatado (Tangará Foods, Vila Velha, BR), açúcar extrafino (Glaçúcar, União, Piedade, BR), maltitol (ECIL Ingredientes, São Paulo, BR), edulcorante de alta intensidade à base de esteviosídeo (Enliten<sup>TM</sup>, Corn Products, Mogi Guaçu, BR), lecitina de soja (Solae do Brasil LTDA, Barueri, BR), poliglicerol polirricinoleato – PGPR (Danisco Brasil LTDA, Pirapozinho, BR), inulina (Orafti@GR, Beneo, Oreye, BE) e concentrado de  $\beta$ -glucana (Barley Balance<sup>TM</sup>, PolyCell Technologies, Crookston, EUA), com 38% de fibra alimentar e 27% de  $\beta$ -glucana.

### 2.2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Um planejamento simplex centróide para misturas de três componentes, com restrições nos limites inferiores ou superiores, e com um ponto central foi aplicado (STATSOFT, 2011). As variáveis estudadas foram: inulina (0-50%), concentrado de  $\beta$ -glucana (0-50%) e manteiga de cacau (50-100%). As proporções entre esses componentes (em concentrações reais e em pseudocomponentes), nas misturas ternárias, estão apresentadas na Tabela 2.1.

Os níveis de variação de cada componente foram determinados em testes preliminares, nos quais se observou que a redução da quantidade de manteiga de cacau poderia ser de, no máximo, 50%, para que a mistura de todos os ingredientes do chocolate pudesse ser submetida ao processamento. A etapa determinante para essa escolha foi a conchagem, na qual se testou a quantidade mínima de manteiga de cacau necessária para que ocorresse a liquefação da massa. Dessa forma, foi estabelecida a restrição para a concentração mínima da manteiga de cacau (50%) e, por consequência, os limites máximos de cada um dos outros dois componentes (50%).

O planejamento consistiu em oito formulações, sendo uma delas (F8) uma repetição do ponto central (F7), introduzida para verificação da padronização do processamento, através do cálculo do erro experimental.

**Tabela 2.1.** Planejamento experimental para as misturas ternárias de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau, em proporções reais e em pseudocomponentes.

Formulação	Proporções dos componentes na mistura ternária					
	Em concentrações reais (%)			Em pseudocomponentes*		
	Inulina	Concentrado de $\beta$ -glucana	Manteiga de cacau	Inulina ( $X_1$ )	Concentrado de $\beta$ -glucana ( $X_2$ )	Manteiga de cacau ( $X_3$ )
1	0,0	0,0	100,0	0,000	0,000	1,000
2	50,0	0,0	50,0	1,000	0,000	0,000
3	0,0	50,0	50,0	0,000	1,000	0,000
4	0,0	25,0	75,0	0,000	0,500	0,500
5	25,0	0,0	75,0	0,500	0,000	0,500
6	25,0	25,0	50,0	0,500	0,500	0,000
7	16,6	16,6	66,8	0,333	0,333	0,333
8	16,6	16,6	66,8	0,333	0,333	0,333

\* Calculados a partir da equação:  $X_1 = (C_{\text{inulina}} - 0,00)/0,50$ ;  $X_2 = (C_{\beta\text{-glucana}} - 0,00)/0,50$ ;  $X_3 = (C_{\text{m. de cacau}} - 0,50)/0,50$ .

Na Tabela 2.2 são apresentadas as formulações dos chocolates, nas quais as misturas de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau definidas pelo planejamento experimental estão em combinação com os demais ingredientes. Em todas essas formulações, o açúcar, empregado no chocolate tradicional, foi substituído pela mesma concentração (34%) de uma mistura de

maltitol com 0,04% (em relação ao peso total da formulação) de edulcorante de alta intensidade. Estas quantidades e as dos demais ingredientes: liquor de cacau, leite em pó, lecitina e PGPR permaneceram constantes.

Uma formulação padrão, para controle externo (C), produzida com sacarose e sem a adição de fibras, foi incluída no experimento, a fim de ser comparada com as dos chocolates dietéticos.

**Tabela 2.2.** Proporções (%) dos ingredientes nas formulações dos chocolates.

	Liquor	Leite em pó desnatado	Lecitina de soja	PGPR	Açúcar	Maltitol + Edulcorante	Manteiga de Cacau	Concentrado de $\beta$ -glucana	Inulina
1	30	15,5	0,3	0,2	-	34	20	-	-
2	30	15,5	0,3	0,2	-	34	10	-	10
3	30	15,5	0,3	0,2	-	34	10	10	-
4	30	15,5	0,3	0,2	-	34	15	5	-
5	30	15,5	0,3	0,2	-	34	15	-	5
6	30	15,5	0,3	0,2	-	34	10	5	5
7	30	15,5	0,3	0,2	-	34	13,6	3,2	3,2
8	30	15,5	0,3	0,2	-	34	13,6	3,2	3,2
C	30	15,5	0,3	0,2	34	-	20	-	-

### 2.2.3 PRODUÇÃO DOS CHOCOLATES

O liquor de cacau foi misturado com os ingredientes em pó determinados para cada formulação (leite em pó desnatado, sacarose, maltitol+edulcorante, inulina e concentrado de  $\beta$ -glucana) e com 2/3 da manteiga de cacau determinada para cada formulação, em um misturador planetário (PPA-P, Inco S. A., Avaré, BR), à temperatura de 40°C, por 10 minutos.

O refino foi feito em moinho piloto de três cilindros (Draiswerke GmbH, Mannheim, D) e o tamanho de partículas obtido foi verificado com um micrômetro digital (Mitutoyo Sul Americana LTDA, Suzano, BR) permanecendo entre 17 e 23  $\mu$ m.

A conchagem foi realizada no misturador planetário, à temperatura de 60°C, por 14 horas. Os emulsificantes e o restante da manteiga de cacau foram adicionados no início desta etapa.

A temperagem foi realizada da maneira tradicional, sobre pedra de mármore a 18°C. A temperatura da massa, ao ser vertida sobre o mármore, era de

50°C. Foram realizados movimentos frequentes sobre a superfície, com espátulas, para a troca de calor ocorrer rapidamente, até o produto atingir 27°C. Em seguida, o chocolate foi mantido em banho térmico, a 30°C, para que possíveis cristais instáveis fossem fundidos e o produto permanecesse na temperatura ideal para a moldagem.

A massa temperada foi moldada em formas de acetato (2,3 x 2,8 x 1,5 cm), produzindo chocolates circulares de 10 gramas, destinados à avaliação sensorial, e, em fôrmas de polietileno (8,5 x 2,5 x 0,7 cm), produzindo barras retangulares, destinadas aos testes de reologia. As formas foram agitadas em uma mesa vibratória (JAF Inox, Tambaú, BR), para a retirada de bolhas de ar, e levadas ao túnel de resfriamento (Siaht, Jundiaí, BR), regulado para variar a temperatura por 11 minutos, até o produto se solidificar, atingindo 11°C.

Os chocolates foram desenformados e embalados com folhas de alumínio e mantidos à temperatura de 20°C, por 5 dias, para a realização das análises instrumentais e, por 60 dias, para a realização das análises sensoriais.

#### 2.2.4 ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO E DO VALOR CALÓRICO

A estimativa da composição das formulações desenvolvidas foi feita teoricamente, empregando as informações nutricionais fornecidas pelos fabricantes de todos os ingredientes e aditivos.

Para o cálculo do valor calórico, utilizou-se os fatores de 4 kcal/g para carboidratos e para proteínas e de 9 kcal/g para gorduras totais, para o maltitol e o esteviosídeo o fator utilizado foi de 2,4 kcal/g e de 1kcal/g para a inulina (ANVISA, 2005; EC, 1990; ORAFTI, 2001).

#### 2.2.5 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

As amostras foram fundidas, em estufa a 45 °C, em recipientes de vidro com tampa. Utilizou-se um reômetro programável (RVDVIII, Brookfield

Engineering Lab. Inc., Stoughton, EUA), com adaptador de pequenas amostras e *spindle* do tipo cilíndrico (S15). Um banho termostático (TC-150, Brookfield Engineering Lab. Inc., Stoughton, EUA) foi acoplado ao adaptador com o objetivo de manter a temperatura do produto constante e igual a 40 °C.

As rotações do *spindle* adotadas foram as estabelecidas por Vissotto et al. (1999), variando de 5 a 100 rpm, em ensaios de 3s<sup>-1</sup> a 240s<sup>-1</sup>, totalizando 11 pontos de medição de taxa de cisalhamento ( $D$ ) e tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e a curva de fluxo obtida com esse procedimento foi ajustada a um modelo matemático que expressa a viscosidade. O modelo de Casson é o mais utilizado pela indústria, sua equação básica (1) varia de acordo com a configuração do viscosímetro utilizado (BECKETT, 2009).

$$\sqrt{\tau} = K_0 + K_1\sqrt{D} \quad (1)$$

Nela, a constante  $K_0^2$  representa o Limite de Escoamento de Casson ( $\tau_{ca}$ ) quando o gráfico da sua função linear apresenta uma tensão de cisalhamento determinada para que o fluxo inicie. A Viscosidade Plástica de Casson ( $\eta_{ca}$ ) é determinada pela constante  $K_1^2$ , que é a inclinação da reta.

#### 2.2.6 ACEITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL

A realização das análises sensoriais foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina (CONEP 268), registrada com CAAE n° 0278.0.268.000-11 e os julgadores foram informados sobre os procedimentos dos testes antes de iniciá-los.

Os testes foram realizados em cabines individuais sob luz branca. Os chocolates foram desembalados e servidos à temperatura ambiente (20-24°C), sobre pratos plásticos codificados com 3 dígitos. Foi servida água mineral à temperatura ambiente e maçã cortada em cubos e sem casca entre as amostras.

O teste de aceitação foi realizado por 59 provadores, sendo 18 homens e 41 mulheres. Número superior aos 52 recomendados por Hough et al.

(2006) para essas condições da análise. Na equipe, 79% dos provadores consumiam chocolate, diariamente ou semanalmente. A idade da maior parte dos integrantes (90%) era de 18 a 40 anos e o nível de escolaridade era graduação ou pós-graduação (92%). Foi utilizada escala hedônica híbrida de onze pontos, com termos verbais nos extremos, sendo 0, atribuído para desgostar muito e 10, para gostar muito (VILLANUEVA; PETENATE; SILVA, 2005). As oito amostras foram avaliadas em duas sessões, para evitar a fadiga sensorial dos provadores.

A equipe descritiva por Perfil *Flash* foi composta por 18 provadores, sendo 16 mulheres e 2 homens. Não há na literatura trabalhos utilizando essa metodologia para a avaliação de chocolates, porém, o número de julgadores é superior ao descrito para a mesma metodologia aplicada a outros produtos como geleias (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002) e derivados de leite (DELARUE; SIEFFERMANN, 2004).

Para o teste descritivo foram selecionadas amostras que diferiram nas características reológicas e aceitação: F1, sem adição de fibras, e as formulações com as maiores proporções de fibras, F2 (10% de inulina) e F3 (10% de concentrado de  $\beta$ -glucana).

Os julgadores receberam um protocolo com instruções para ser utilizado durante o levantamento de atributos e para as análises. As sessões foram individuais e a avaliação foi feita em uma só sessão, seguindo-se o procedimento de Terhaag e Benassi (2010). Para o levantamento de atributos, as amostras foram apresentadas simultaneamente, solicitando-se que o provador anotasse as similaridades e diferenças percebidas.

Em seguida, foram montadas a ficha de avaliação das amostras e uma lista de definições dos atributos, específicas para cada provador. As amostras foram novamente apresentadas de forma simultânea e os provadores ordenaram os produtos pelos atributos, em ordem crescente de intensidade. Os provadores foram instruídos de que, se necessário, poderiam alterar a ficha durante o procedimento de ordenação, retirando ou incluindo atributos, ou mudando as definições no glossário. O tempo das sessões variou entre 25 e 40 min para cada provador.

### 2.2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise dos resultados de reologia (viscosidade plástica de Casson e limite de escoamento de Casson) e de aceitação sensorial, modelos matemáticos baseados no modelo canônico de Scheffé foram ajustados aos dados experimentais. Estes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar a significância em nível de 5% (teste F) e o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado). Para estudo da significância dos efeitos individuais na variável resposta, as variáveis dependentes foram ajustadas em nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ). A análise dos dados e construção de gráficos foi realizada com o auxílio do programa Statistica versão 10.0 (STATSOFT, 2011).

Os resultados da sensorial descritiva foram tratados por Análise Procrustes Generalizada, utilizando-se o programa Senstools Versão 2.3.28 (OP & P PRODUCT RESEARCH, 1998). Os dados foram inseridos na forma de 18 matrizes (uma por provador) de três linhas (amostra) e o número de colunas variando de 5 a 9 (atributos).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO E VALOR CALÓRICO

Na Tabela 2.3, são apresentados a composição e o valor calórico das formulações dietéticas e também da formulação controle, produzida com sacarose.

**Tabela 2.3.** Valores nutricionais das formulações para 100g de chocolate.

	Valor calórico (kcal.100g <sup>-1</sup> )	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Gorduras Totais (g)	Gordura Saturada (g)	Fibra Alimentar (g)	Inulina (g)	β-glucana (g)	Sódio (mg)
1	480	25,2	8,0	29,2	4,3	3,7	-	-	84
2	404	35,6	8,0	19,2	2,8	13,7	10,0	-	84
3	424	49,2	9,6	19,2	2,8	7,7	-	3,0	84
4	452	37,2	8,8	24,0	3,5	5,7	-	1,3	84
5	440	30,2	8,0	24,0	3,5	8,7	5,0	-	84
6	416	42,4	8,8	18,0	2,8	10,7	5,0	1,3	84
7	432	36,4	8,0	22,0	3,3	8,1	3,2	0,9	84
C	544	59,2	8,0	29,2	4,3	3,7	-	-	84

A formulação controle (C) apresentou composição e valor calórico (544 kcal.100g<sup>-1</sup>) semelhantes aos de chocolates ao leite comerciais, valores também verificados por Gomes et al. (2007) e Shah, Jones e Vasiljevic (2010), que variavam entre 540 e 574 kcal.100g<sup>-1</sup>, demonstrando que a formulação base desenvolvida é semelhante às formulações comerciais.

A legislação brasileira permite o uso do termo *light* para o valor calórico, quantidade de açúcares e de gorduras, quando alimentos sofram redução de, no mínimo, 25% de um desses componentes. Na Europa, a redução mínima é de 30% para essa alegação (BRASIL, 1998; EC, 2006). Na legislação americana, uma porcentagem mínima não é determinada, os alimentos podem ser considerados *light* desde que a porcentagem do nutriente reduzido seja informada em relação ao alimento de referência (FDA, 2009).

As formulações dietéticas desenvolvidas apresentaram variação da redução calórica entre 12% e 26%, em relação a C, sendo que a formulação 2, que apresentou a maior redução (26%), além de dietética, pode ser denominada como *light* em calorias no Brasil e nos Estados Unidos, não atingindo a redução determinada pela União Europeia .

A redução de gorduras totais variou entre 18% e 38%, sendo que as formulações 2 e 3 tiveram redução de 34%, e a formulação 6 chegou a 38%, podendo ser denominadas *light* em gorduras, no Brasil, Estados Unidos e União Europeia. Estas formulações continham o menor teor de manteiga de cacau e, conseqüentemente, de gorduras totais.

As formulações C, 1 e 4 podem ser classificadas como fontes de fibras (teor ≥ 3,0 g fibra/100g de alimento sólido) e as formulações 2, 3, 5, 6 e 7,

como com alto teor de fibras ( $\geq 6,0\text{g}$  de fibra/100g de alimento sólido), conforme as legislações americana, brasileira e europeia (BRASIL, 1998; EC, 2006; FDA, 2009).

As legislações americana e brasileira permitem a utilização de frases de alegações funcionais e de saúde no rótulo de alimentos quando são fontes de fibras alimentares. No Brasil, ainda são permitidas alegações específicas para inulina, ftooligosacarídeos,  $\beta$ -glucana e lactulose, e nos Estados Unidos para a  $\beta$ -glucana (BRASIL, 2005; FDA, 2009).

De acordo com essas legislações, as formulações 2, 5, 6 e 7 podem apresentar a alegação de saúde específica da inulina, enquanto apenas a formulação 3 possui a quantidade necessária de  $\beta$ -glucana para receber alegação de saúde específica. Isso ocorre devido ao fato da inulina ter sido adicionada como ingrediente puro, enquanto a  $\beta$ -glucana correspondia a 27,5% do concentrado adicionado. Melhoras no processo de purificação da  $\beta$ -glucana são fundamentais para que essa fibra possa ser utilizada como ingrediente, com menos interferentes nas formulações.

### 2.3.2 PROPRIEDADES REOLÓGICAS

Os parâmetros reológicos estudados, viscosidade plástica de Casson ( $\eta_{ca}$ ) e limite de escoamento de Casson ( $\tau_{ca}$ ), são apresentados na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4.** Resultados das propriedades reológicas e da aceitação dos chocolates.

Formulação	Inulina <sup>#</sup>	Concentrado de $\beta$ -glucana <sup>#</sup>	Manteiga de Cacau <sup>#</sup>	Viscosidade Plástica de Casson (Pa.s)*	Limite de Escoamento de Casson (Pa)*	Aceitação Sensorial
1	0,0	0,0	20,0	2,19 $\pm$ 0,04	0,26 $\pm$ 0,20	7,97 $\pm$ 1,11
2	10,0	0,0	10,0	6,30 $\pm$ 0,07	4,26 $\pm$ 0,33	7,74 $\pm$ 1,44
3	0,0	10,0	10,0	11,58 $\pm$ 1,72	22,92 $\pm$ 3,99	6,44 $\pm$ 2,03
4	0,0	5,0	15,0	4,33 $\pm$ 0,05	1,44 $\pm$ 0,02	7,54 $\pm$ 1,55
5	5,0	0,0	15,0	2,89 $\pm$ 0,11	0,29 $\pm$ 0,32	8,16 $\pm$ 1,43
6	5,0	5,0	10,0	9,55 $\pm$ 0,23	11,40 $\pm$ 0,55	7,14 $\pm$ 1,67
7	3,2	3,2	13,6	5,65 $\pm$ 0,05	0,68 $\pm$ 0,03	8,11 $\pm$ 1,11
8	3,2	3,2	13,6	5,47 $\pm$ 0,03	0,60 $\pm$ 0,04	-
Controle	0,0	0,0	20,0	3,32 $\pm$ 0,11	1,44 $\pm$ 0,84	8,29 $\pm$ 1,03

<sup>#</sup>Teores presentes na formulação do chocolate (%).

\*Média  $\pm$  desvio padrão entre repetições.

A viscosidade plástica é definida como a quantidade de energia necessária para manter um fluido não-Newtoniano em movimento, enquanto o limite de escoamento corresponde à energia requerida para induzir o fluxo do chocolate e está relacionado com a força das interações interpartículas em repouso (AFOAKWA; PATERSON; FOWLER, 2007).

Observa-se que a Formulação 1, que difere da C apenas pela substituição da sacarose pelo maltitol (Tabela 2.2), apresentou menores  $\eta_{ca}$  e  $\tau_{ca}$  que a C. Konar (2013) observou em seu trabalho que a substituição da sacarose pelo maltitol resulta na diminuição da viscosidade devido ao maltitol ser menos cristalino. A formação de redes cristalinas no chocolate com sacarose é mais efetiva, resultando no aumento das forças interpartículas, sendo necessário maior força para se manter o fluxo, o que resulta no aumento da  $\tau_{ca}$ .

A variação da viscosidade plástica ( $\eta_{ca}$ ) foi de 2,19 Pa.s a 11,58 Pa.s e a do limite de escoamento ( $\tau_{ca}$ ) foi de 0,26 Pa a 22,92 Pa, estando de acordo com padrões para chocolates tradicionais (1 a 20 Pa.s e 0,5 a 20 Pa, respectivamente) sugeridos por Chevalley (1974).

Esses valores também são similares aos encontrados em outros trabalhos de elaboração de chocolates dietéticos, como os de Gomes et al. (2007), com  $\eta_{ca}$  variando entre 6,64 e 11,04 Pa.s e  $\tau_{ca}$  entre 0,05 e 1,31 Pa, Konar (2013), com valores de 1,68 a 4,17 Pa.s para  $\eta_{ca}$  e de 0,27 a 5,98 Pa para  $\tau_{ca}$  e Vissotto, Gomes e Batista (2005), de 4,48 a 17,08 Pa.s para  $\eta_{ca}$  e 0,5 a 2,5 Pa para  $\tau_{ca}$ .

Os modelos ajustados às propriedades reológicas são apresentados na Tabela 2.5. Os modelos foram significativos, tiveram  $R^2$  ajustado  $\geq 93\%$  e falta de ajuste não significativo, indicando ótimo poder preditivo. As análises de variância das regressões polinomiais demonstram que a inulina e o concentrado de  $\beta$ -glucana contribuíram significativamente para o modelo da viscosidade plástica, enquanto a inulina e a interação entre concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau afetaram o limite de escoamento.

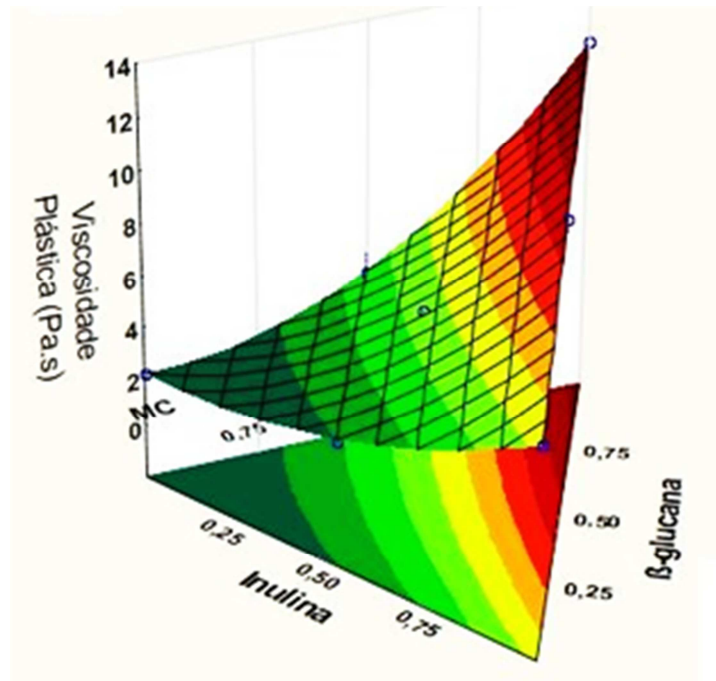
**Tabela 2.5.** Coeficientes e análise de variância dos modelos ajustados aos parâmetros reológicos e aceitação sensorial.

Coeficientes <sup>1</sup>	Viscosidade plástica de Casson	Limite de escoamento de Casson	Aceitação Sensorial
$\beta_1$	6,272*	2,517	7,779*
$\beta_2$	11,552*	22,153*	6,479*
$\beta_3$	2,162	-0,418	7,935*
$\beta_{12}$	2,980	-	-
$\beta_{13}$	-4,879	-	1,757
$\beta_{23}$	-9,679	-42,483*	1,877
Significância do modelo ( $p$ )	0,0001	0,0001	0,0001
Falta de ajuste do modelo	0,096	0,720	0,068
R <sup>2</sup> ajustado	0,992	0,934	0,821

<sup>1</sup>  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  correspondem aos efeitos da inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau, respectivamente.

\* Significativos ao nível de  $p < 0,05$  no teste de Tukey.

O aumento da inulina resultou na elevação significativa da viscosidade plástica (Figura 2.1). Shah, Jones e Vasiljevic (2010) justificam que as cadeias formadas pela inulina afetam a cristalização e a agregação das partículas do chocolate, aumentando sua viscosidade.



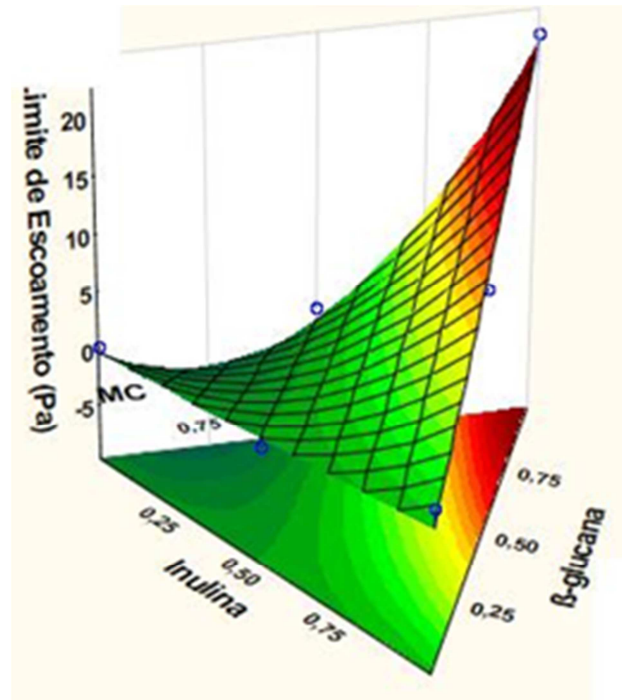
**Figura 2.1.** Superfícies ajustadas para viscosidade plástica de Casson ( $\eta_{ca}$ ) em misturas contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau (MC). Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes.

A concentração de  $\beta$ -glucana afetou significativamente os dois parâmetros reológicos, sendo que com o aumento da quantidade adicionada, a viscosidade e o limite de escoamento se elevaram (Figura 2.2). A baixa densidade do concentrado de  $\beta$ -glucana ( $260 \text{ g.L}^{-1}$ ) em relação à da inulina ( $580 \text{ g.L}^{-1}$ ) requer que um maior volume do material seja adicionado para se obter a mesma proporção p/p nas formulações. O maior volume representa mais partículas sólidas e maior superfície de contato.

É importante ressaltar a dificuldade de manuseio da formulação F3, com a concentração mais elevada de concentrado de  $\beta$ -glucana (10%), nos estágios de moldagem e de remoção das bolhas de ar, que ultrapassou os padrões sugeridos por Chevalley (1974), indicando que a quantidade de manteiga de cacau utilizada não foi capaz de promover o recobrimento eficaz das partículas sólidas, tornando o processamento lento e mais difícil de ser realizado. Também deve ser considerado que o concentrado utilizado continha outros compostos, além da  $\beta$ -glucana, tais como carboidratos (32%) e proteínas (17%) que podem ter interferido de forma negativa no processamento.

Lee et al. (2009) também verificaram que a substituição da manteiga de cacau de chocolates por concentrado de  $\beta$ -glucana elevou a viscosidade plástica e o limite de escoamento das formulações, a partir de 10% de substituição.

O efeito mais importante no limite de escoamento foi o da interação antagonista entre  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. O aumento do limite de escoamento como resultado do aumento da  $\beta$ -glucana na mistura também pode ser justificado pelo aumento da quantidade de partículas sólidas no produto, já comentada. A manteiga de cacau é responsável pelo efeito contrário; com o aumento da fase lipídica do chocolate, os sólidos ficam mais dispersos, provocando menor resistência ao fluxo e menos interferência no processo de cristalização (ZIEGLER; HOGG, 2009).



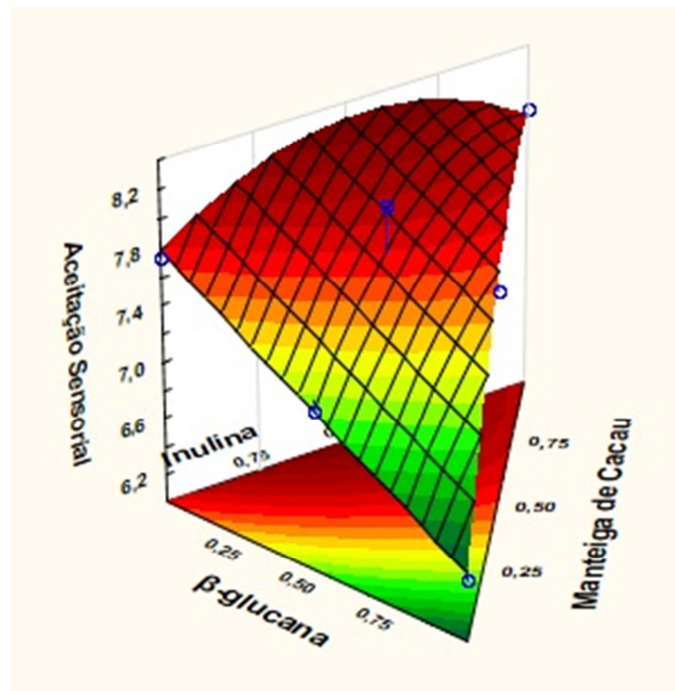
**Figura 2.2.** Superfícies ajustadas para limite de escoamento de Casson ( $\tau_{ca}$ ) em misturas contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau (MC). Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes.

### 2.3.3 CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL E ACEITAÇÃO

As médias das notas de aceitação variaram de 6,44 a 8,16. Cabe destacar que todas as formulações tiveram nota acima de 6, numa escala de 0 a 10, sendo portanto aceitas.

O modelo matemático ajustado à aceitação é mostrado na Tabela 2.5. O  $R^2$  ajustado  $\geq 82\%$  e a falta de ajuste não significativa, indicam bom poder preditivo. A análise de variância da regressão polinomial demonstra que as três variáveis independentes contribuíram significativamente para o modelo da aceitação.

O aumento do teor de manteiga de cacau provocou a elevação da aceitação sensorial (Figura 2.3). Essa relação é amplamente aceita na produção de chocolates, pois a manteiga de cacau governa as propriedades reológicas promovendo dureza, sensação tátil na boca e deglutição adequadas (BECKETT, 2009).



**Figura 2.3.** Superfície ajustada para aceitação sensorial (escala hedônica de 0= desgostar muito a 10 = gostar muito) de chocolates contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes.

De acordo com a superfície construída, a combinação de 2,5% de inulina (pseudocomponente =0,25) com 17,5% de manteiga de cacau (pseudocomponente = 0,75), sem  $\beta$ -glucana, resultaria na formulação com maior aceitação, com nota 8,4, similar a da formulação C. Aumentos maiores da concentração de inulina, porém, provocam a diminuição da aceitação. Gomes et al. (2007) e Shah, Jones e Vasiljevic (2010) verificaram que a adição de inulina proporciona boa aceitação sensorial a chocolates dietéticos. Fato que pode ser relacionado com a atuação menos acentuada da inulina quando comparada à da redução da manteiga de cacau e aumento do concentrado de  $\beta$ -glucana, que diminuem a aceitação (Figura 2.3).

O impacto sensorial que a adição de concentrados de  $\beta$ -glucana promove em chocolates ainda não foi relatado na literatura. Porém, pode-se relacionar a elevação dos parâmetros reológicos analisados por este estudo à diminuição da aceitação. Chocolates muito viscosos tem a taxa de derretimento

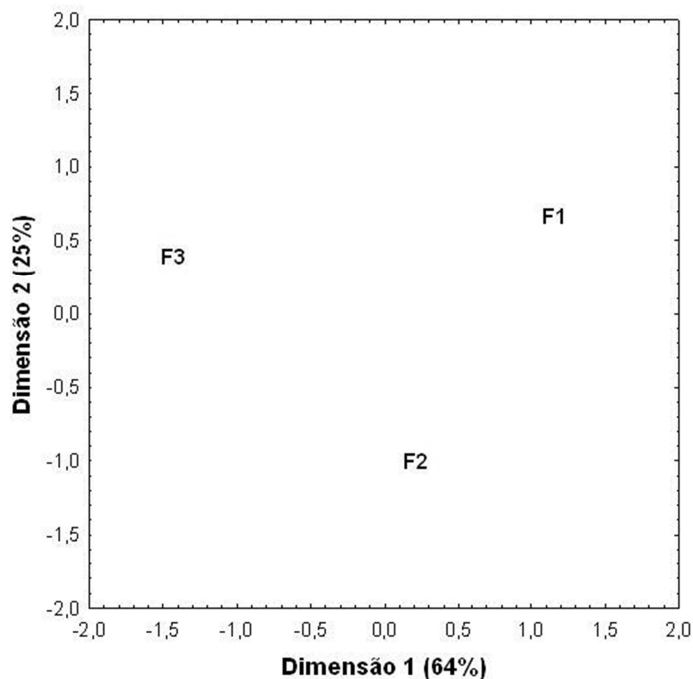
durante a mastigação alterada, influenciando na forma como os receptores de sabor atuam e diminuindo a sua aceitação sensorial (BECKETT, 2009).

Para a análise descritiva foram selecionadas as formulações F1 (sem fibras), F2 (maior teor de inulina) e F3 (maior teor de  $\beta$ -glucana), e que apresentaram diferenças na aceitação e nas características reológicas (Tabela 2.4).

Na configuração de consenso das amostras (Figura 3), o total da variância explicada foi de 89%.

A primeira dimensão (D1) foi responsável por 64% da variância, sendo associada principalmente a atributos característicos de chocolate e atributos de textura (Figura 3, Tabela 1S). Observou-se correlação positiva com os atributos: sabor chocolate e gosto doce e correlação negativa com os atributos sabor e residual amargo, sabor não característico de chocolate, sabor e residual de aveia/farinha. Para os atributos de textura, a D1 se correlacionou positivamente com maciez e derretimento, e negativamente, com aderência, adesividade e dureza.

A segunda dimensão (D2), correspondeu a 25% da variância e foi correlacionada, negativamente, com cor marrom.



**Figura 2.4.** Configuração de consenso das formulações (1, 2 e 3) nas dimensões D1 e D2.

A Formulação 1, não adicionada de fibras e com a maior aceitação entre as três amostras utilizadas neste teste (Tabela 2.3), foi alocada na posição superior direita do gráfico pode ser descrita como apresentando maior intensidade de atributos de aroma sabor e textura característicos de chocolate (aroma de chocolate, sabor de chocolate, gosto doce, sabor residual de chocolate, maciez e derretimento) e maior intensidade da cor marrom (Figura 2.4, Tabela 2.6).

A Formulação 2, com 10% de inulina e aceitação intermediária (Tabela 2.4) foi alocada no quadrante inferior direito, sendo caracterizada pela menor intensidade dos atributos característicos de chocolate, em relação à Formulação 1, podendo ser caracterizada pela sua diferenciação na dimensão 2, como apresentando menor intensidade do atributo cor marrom e gosto amargo (Figura 2.4, Tabela 2.6).

A Formulação 3, com 10% de concentrado de  $\beta$ -glucana e com a menor aceitação (Tabela 2.3), foi alocada no quadrante superior esquerdo. Foi descrita como apresentando maior intensidade de atributos não característicos de chocolate, como sabor amargo, sabor não característico de chocolate, sabor de aveia/farinha, sabor residual amargo e sabor residual de aveia/farinha, e pela aderência e adesividade (Figura 2.4, Tabela 2.6).

Observou-se assim, pela associação entre os resultados sensoriais (descritivos e aceitação) e características reológicas, que a adição de 10% de concentrado de  $\beta$ -glucana ocasiona alteração de características sensoriais importantes para o chocolate, influenciando negativamente sua aceitação.

**Tabela 2.6.** Correlações dos atributos com as dimensões para cada provador

P*	Dimensão 1	Dimensão 2
1	aroma de chocolate meio amargo (-0,99); gosto doce (0,99); adesividade (-0,99); sabor não característico de chocolate (-0,99); maciez (0,99); homogeneidade (-0,99); sabor residual de chocolate (-0,99); sabor residual não característico (-0,99)	cor marrom (-0,78);
2	sabor chocolate (0,99); aderência (-0,99)	aparência uniforme (0,93); aroma de cacau (-0,93); dureza (-0,93); aroma não característico de cacau (0,78);
3	aroma de chocolate (0,99); adesividade (-0,99)	opacidade (0,78); maciez (0,93); sabor chocolate (-0,78); doçura (0,78); sabor residual de chocolate (-0,93)

4	Aparência interna quebradiça (-0,99); aroma de cacau (0,99); sabor chocolate (0,99); gosto doce (0,99); maciez (0,99); sabor de aveia (-0,99); aderência (-0,99); sabor residual de aveia (-0,99)	Cor marrom escuro (-0,93)
5	aroma de chocolate (0,63); sabor chocolate (0,63); derretimento (0,63); sabor de manteiga (0,99)	aroma de chocolate (-0,78); cor brilhante (-0,78); sabor residual de chocolate (-0,78); sabor chocolate (-0,78)
6	opacidade (-0,99); doçura (0,99); gosto amargo (- 0,99); sabor residual amargo (-0,99)	cor marrom (-0,78);
7	Derretimento (0,99)	dureza (-0,93); gosto amargo (-0,93); cor de café torrado (-0,93); sabor residual amargo(-0,78)
8	aroma de chocolate (0,99); sabor chocolate (0,63); gosto amargo (-0,63); sabor não característico de chocolate (-0,99)	sabor residual de chocolate (0,78)
9	aroma de chocolate meio amargo (-0,99); derretimento (0,99); sabor de chocolate meio amargo (-0,99); sabor residual de chocolate meio amargo (-0,99)	
10	aroma de chocolate (0,99); dureza (-0,99); sabor residual de chocolate (0,99)	gosto amargo (0,78); gosto doce (-0,78);
11	gosto de farelo (-0,99); derretimento (0,99)	cor marrom (-0,78); dureza (-0,78); sabor amargo (-0,78)
13	sabor não característico de chocolate (-0,63); sabor residual amargo (-0,99)	cor marrom (-0,93); sabor chocolate meio amargo (-0,93); sabor não característico de chocolate (0,78); textura firme (-0,93)
14	aroma de cacau (0,99); sabor não característico de chocolate (-0,99); derretimento (0,99); dureza (-0,99)	gosto amargo (-0,93)
15	gosto amargo (-0,63)	cor marrom (0,78); gosto doce (-0,93); dureza (0,78); sabor residual de chocolate (0,78)
16	gosto doce (-0,99); cremosidade (-0,99); sabor chocolate meio amargo (0,99); sabor de farinha (-0,99); sabor residual amargo (0,63); sabor residual de edulcorante (0,99)	sabor residual amargo (-0,78)
17	aroma de chocolate (0,63); gosto doce (0,99); gosto amargo (-0,99); dureza (-0,63); sabor residual de chocolate (0,99)	derretimento (0,93)
18	maciez (0,99); sabor residual amargo (-0,99)	aparência homogênea (0,78); sabor não característico de chocolate (-0,93); derretimento (0,93)
19	aparência homogênea (0,99); aroma de chocolate (0,99); derretimento (0,99); adesividade (-0,99)	brilho (0,93); sabor residual amargo (-0,93)

## 2.4 CONCLUSÕES

É possível produzir formulações com a substituição de até 50% da manteiga de cacau presente em formulação tradicional de chocolate, por inulina e/ou

concentrado de  $\beta$ -glucana que, juntamente com a remoção do açúcar, conferem expressiva redução calórica (de 17 a 26%). Algumas dessas formulações poderiam apresentar alegações de saúde específicas da inulina ou da  $\beta$ -glucana.

A substituição de 12,5% da manteiga de cacau por igual peso de inulina permite obter chocolate dietético com aceitação similar à do padrão (com açúcar).

A quantidade máxima de concentrado de  $\beta$ -glucana testada (10%) provoca impactos às características reológicas e sensoriais, que podem ser considerados inadequados à produção de chocolate em escala industrial, sendo caracterizada pela aderência e adesividade e por apresentar maior intensidade de características de sabor não característicos de chocolate, atributos responsáveis pela redução de sua aceitação (nota média inferior a 7 em escala de 0 a 10).

### **Agradecimentos**

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) pela disponibilização dos equipamentos para realização deste experimento e fornecimento das matérias-primas básicas. À empresa SunOpta<sup>TM</sup> pela doação do Barley Balance® e à empresa ECIL Ltda. pela doação do maltitol. Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq), pela concessão da bolsa.

### **2.5 REFERÊNCIAS**

AFOAKWA, Emmanuel O.; PATERSON, Alistair; FOWLER, Mark; VIEIRA, Joselio. Influence of tempering and fat crystallization behaviors on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. **Food Research International**. v. 42, p. 200-209, 2009

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Ministério da Saúde. Universidade de Brasília. **Rotulagem nutricional obrigatória**. Manual de orientação às indústrias de alimentos. (2 ed). Brasília, 2005

BECKETT, Stephen T. Chocolate Flow Properties. In:\_\_\_\_\_. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 224-246

BEMILLER, James N.; HUBER, Kerry C. Carbohydrates. In: DAMONDARIAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Fennema's Food Chemistry**. 4. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 83-154

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 13 jan. 1998

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Orientações para instrução do relatório técnico-científico para alimentos, substâncias bioativas e probióticos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde e novos alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 abr. 2005.

CHEVALLEY, J. Rheology of chocolate. **Journal of Texture Studies**, v. 6, p. 176-196, 1974

DAIROU, V.; SIEFFERMANN, J. M. A Comparison of 14 Jams characterized by conventional profile and a quick original method, the Flash Profile. **J Food Sci**. v.67, n. 2, p. 826-834, 2002

DELARUE, Julien; SIEFFERMANN. Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. **Food Quality and Preference**. v. 15, p. 383-392, 2004

EC (European Commission). Directive nº 496/1990 of the European parliament and of the council on nutrition labeling for foodstuffs. **Official Journal of the European Union**. 24 Sep. 1990.

EC (European Commission). Regulation nº 1924/2006 of the European parliament and of the council on nutrition and health claims made on foods. **Official Journal of the European Union**. 20 Dec. 2006.

FDA (U.S. Food and Drug Administration). **Food labeling guide**. College Park: Office of Nutritional Products, Labeling, and Dietary Supplements. Revised, Oct., 2009.

HOUGH, G.; WAKELING, I.; MUCCI, A.; CHAMBERS IV, E.; GALLARDO, I. M.; ALVES, L. R. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. **Food Quality and Preference**. v. 17, p. 522-526, 2006

FRANK, Anne. Technological functionality of inulin and oligofructose. **Br J Nutr**, Cambridge, v. 87, n. 2, p. S287-S291, 2002

GOMES, Cristiane R.; VISSOTTO, Fernanda Z.; FADINI Ana L.; FARIA, Eliete V. de; LUIZ, Alexandra, M. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciênc Tecnol Aliment**. v.27, n. 3, p. 613-623, jul-set, 2007

KONAR, Nevzat. Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. **European Food Research and Technology**. v. 236, n.1, p. 135-143, 2013

LEE, Suyong; BIRESAW, Girma; KINNEY, Mary P.; INGLETT, George E. Effect of cocoa butter replacement with  $\beta$ -glucan-rich hydrocolloid (C-trim30) on the rheological and tribological properties of chocolates. **J Sci Food Agri**. v. 89, 163-167, 2009

LEE, S.; WARNER, K.; INGLETT, G. E. Rheological properties and baking performance of new oat  $\beta$ -glucan-rich hydrocolloids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V. 53, p. 9805-9809, 2005.

LIM, Jongbin; INGLETT, George E.; LEE, Suyong. Response to consumer demand for reduced-fat foods; multi-functional fat replacers. **Jpn J Food Eng**. v. 11, n. 4, p. 163-168, dez. 2010

MELO, Lauro Luís Martins Medeiros de; BOLINI, Helena Maria André; EFRAIM, Priscilla. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. **Food Quality and Preference**. v. 20, p. 138-143, 2009

NORTON, J. E.; FRYER, P. J.; PARKINSON, J. A. The effect of reduced-fat labelling on chocolate expectations. **Food Quality and Preference**. v. 28, p. 101-105, 2012

OP & P PRODUCT RESEARCH. **Senstools Versão 2.3**. Utrecht: OP & P Product Research, CD-ROM, 1998

ORAFITI. **Catálogo Técnico**. Raftiline, 2009.

SHAH, Abshisek S.; JONES, Gwyn P.; VASILJEVIC, Todor. Sucrose-free chocolate sweetened with *Stevia rebaudiana* extract and containing different bulking agents – effects on physicochemical and sensory properties. *Int. j. food sci. technol.* v.45, p. 1426-1435, 2010

STATSOFT. **Statistica V 10.0 for Windows**. Tulsa: StatSoft Inc. Software, 2011

TEERHAG, Marcela M.; BENASSI, Marta de T. Perfil *Flash*: uma opção para análise descritiva rápida. **Braz. J. Food Technol.**, In: 6º SENSIBER, p. 140-151, ago.; 2010

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; SILVA, M. A. A. P. da. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, 16, 691-703, 2005

VISSOTTO, F.Z.; LUCCAS, V.; BRAGAGNOLO, N.; TURATTI, J. M.; GRIMALDI, R.; FIGUEIREDO, M. S. De. Caracterização físico-química e reológica de chocolates comerciais tipo cobertura elaborados com gorduras alternativas. **Braz. J. Food Technol.**, 2, 139-148, 1999

VISSOTTO, Fernanda Z; GOMES, Cristiane R.; BATISTA, Beatriz J. L. Caracterização do comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose. **Braz J Food Technol.** v.8, n.2, p. 107-111, abr.-jun., 2005

ZIEGLER, G. R.; HOGG, R. Particle Size Reduction. In: Beckett, S. T. **Industrial chocolate manufacture and use.** Wiley-Blackwell: York, 224-246, 1999

CAPÍTULO 3  
IMPACTOS DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES NA TEXTURA, ACEITAÇÃO  
SENSORIAL E MICROESTRUTURA DE CHOCOLATES SEM SACAROSE

## IMPACTOS DA ADIÇÃO DE FIBRAS ALIMENTARES NA TEXTURA, ACEITAÇÃO SENSORIAL E MICROESTRUTURA DE CHOCOLATES SEM SACAROSE

### Resumo

Fibras alimentares tem sido empregadas como substitutas de sacarose e/ ou gorduras em chocolates, podendo ocasionar impactos em suas características físicas e sensoriais. Formulações de chocolates sem sacarose foram desenvolvidas, com a adição de fibras alimentares como substituto parcial da manteiga de cacau, empregando planejamento de misturas para três componentes, com restrições. Os efeitos da combinação de diferentes teores de inulina (0-50%), concentrado de  $\beta$ -glucana (0-50%) e manteiga de cacau (50-100%) nessas misturas, na textura, microestrutura e aceitação dos chocolates foram verificados. A substituição da manteiga de cacau por inulina ou por concentrado de  $\beta$ -glucana afetou a textura dos produtos desenvolvidos, tornando-os menos duros. Foi possível substituir 50% da manteiga de cacau da formulação controle, obtendo-se produtos com boa aceitação. O produto menos aceito foi o que continha o teor maior de concentrado de  $\beta$ -glucana (10% na formulação do chocolate). A microscopia eletrônica de varredura (MEV) possibilitou o melhor entendimento dos efeitos da adição das fibras a partir da observação da microestrutura dos chocolates produzidos.

Palavras-chave: Inulina,  $\beta$ -glucana, manteiga de cacau, força de quebra, microestrutura.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A textura é um atributo primário que define a qualidade sensorial dos alimentos junto com a aparência visual, sabor e aroma. Sua avaliação é um processo complexo e dinâmico que compreende a percepção visual da superfície do produto, o comportamento ao manuseio inicial e a integração entre as sensações orais experienciadas durante a mastigação e a deglutição que são compiladas pelo cérebro humano em uma única sensação de textura (COSTELL; DURÁN, 2005).

Os atributos sensoriais do chocolate ao leite são fortemente dependentes das proporções e da distribuição espacial dos sólidos de cacau, do leite, das partículas de açúcar e da capacidade de formação de uma estrutura

cristalina estável pela manteiga de cacau, que é a fase contínua (ROUSSEAU, 2006).

Esses elementos apresentam diâmetros inferiores a 100 $\mu$ m e a análise da microestrutura formada é uma ferramenta importante à compreensão dos fatores que influenciam suas propriedades de transporte, comportamentos físico e reológico e as características sensoriais e de textura em produtos comerciais e, principalmente, no desenvolvimento de novos produtos (AGUILERA, 2005).

A dureza é um dos atributos de textura que deriva da microestrutura formada, sendo, portanto, influenciada não só pela composição, mas também, pelas condições de processamento, especialmente de temperagem e o polimorfismo da fase lipídica cristalizada que lhe é consequente. A temperagem adequada promove dureza, brilho e durabilidade contra danos físicos e térmicos (AFOAKWA et al., 2008; LEE et al., 2009).

Devido a essa interdependência, desenvolver formulações de chocolate que atendam ao público que anseia por alimentos com teores reduzidos de açúcares, gorduras e calorias com sabor e qualidade adequados é um desafio.

Chocolates livres de sacarose já podem ser produzidos com sucesso. Pesquisadores caracterizaram o comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010; VISSOTTO; GOMES; BATISTA, 2005), investigaram a influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias (GOMES et al., 2007) e verificaram sua aceitação sensorial (MELO; BOLINI; EFRAIM, 2009).

A inulina tem efeito prebiótico no organismo por ser fermentada por bifidobactérias no cólon (BEMILLER; HUBER, 2007). Tem função de fibra alimentar, podendo substituir gorduras e açúcares sem comprometer a textura dos alimentos, proporcionando produtos de composição nutricional mais balanceada (FRANK, 2002) e sua utilização como agente de corpo em chocolates é eficiente (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010).

A  $\beta$ -glucana é eficaz na redução do nível de colesterol, controlando a glicose sanguínea e reduzindo o risco de câncer de cólon (LIM; INGLET; LEE, 2010). Sua adição em chocolates foi realizada por Lee et al. (2009) que verificaram que a adição de 10% de um concentrado contendo 30% de  $\beta$ -glucana elevou a

viscosidade dos chocolates a níveis não aceitáveis e resultou em produtos com maior maciez, que não chegaram a ser avaliados sensorialmente.

O objetivo deste estudo foi desenvolver formulações de chocolate sem sacarose adicionadas de concentrado de  $\beta$ -glucana e/ou inulina como substitutos parciais da manteiga de cacau, utilizando a modelagem de misturas. Verificou-se o impacto desses ingredientes na textura, microestrutura e aceitação dos produtos.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 MATERIAL

Os ingredientes utilizados no preparo das formulações foram: liquor de cacau (Barry Callebaut, Extrema, BR), manteiga de cacau (Barry Callebaut, Ilhéus, BR), leite em pó desnatado (Tangará Foods, Vila Velha, BR), açúcar extrafino (Glaçúcar, União, Piedade, BR), maltitol (ECIL Ingredientes, São Paulo, BR), edulcorante de alta intensidade à base de esteviosídeo (Enliten™, Corn Products, Mogi Guaçu, BR), lecitina de soja (Solae do Brasil LTDA, Barueri, BR), poliglicerol polirricinoleato – PGPR (Danisco Brasil LTDA, Pirapozinho, BR), inulina (Orafti®GR, Beneo, Oreye, BE) e concentrado de  $\beta$ -glucana (Barley Balance™, PolyCell Technologies, Crookston, EUA), com 38% de fibra alimentar e 27% de  $\beta$ -glucana.

### 3.2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Um planejamento simplex centróide para misturas de três componentes, com restrições nos limites inferiores ou superiores, e com um ponto central foi aplicado (STATSOFT, 2011). As variáveis estudadas foram: inulina (0-50%), concentrado de  $\beta$ -glucana (0-50%) e manteiga de cacau (50-100%). As proporções entre esses componentes (em concentrações reais e em pseudocomponentes), nas misturas ternárias, estão apresentadas na Tabela 3.1.

Os níveis de variação de cada componente foram determinados em testes preliminares, nos quais se observou que a redução da quantidade de

manteiga de cacau poderia ser de, no máximo, 50%, para que a mistura de todos os ingredientes do chocolate pudesse ser submetida ao processamento. A etapa determinante para essa escolha foi a conchagem, na qual se testou a quantidade mínima de manteiga de cacau necessária para que ocorresse a liquefação da massa. Dessa forma, foi estabelecida a restrição para a concentração mínima da manteiga de cacau (50%) e, por consequência, os limites máximos de cada um dos outros dois componentes (50%).

O planejamento consistiu em oito formulações, sendo uma delas (F8) uma repetição do ponto central (F7), introduzida para verificação da padronização do processamento, através do cálculo do erro experimental.

**Tabela 3.1.** Planejamento experimental para as misturas ternárias de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau, em proporções reais e em pseudocomponentes.

Formulação	Proporções dos componentes na mistura ternária					
	Em concentrações reais (%)			Em pseudocomponentes*		
	Inulina	Concentrado de $\beta$ -glucana	Manteiga de cacau	Inulina ( $X_1$ )	Concentrado de $\beta$ -glucana ( $X_2$ )	Manteiga de cacau ( $X_3$ )
1	0,0	0,0	100,0	0,000	0,000	1,000
2	50,0	0,0	50,0	1,000	0,000	0,000
3	0,0	50,0	50,0	0,000	1,000	0,000
4	0,0	25,0	75,0	0,000	0,500	0,500
5	25,0	0,0	75,0	0,500	0,000	0,500
6	25,0	25,0	50,0	0,500	0,500	0,000
7	16,6	16,6	66,8	0,333	0,333	0,333
8	16,6	16,6	66,8	0,333	0,333	0,333

\* Calculados a partir da equação:  $X_1 = (C_{\text{inulina}} - 0,00)/0,50$ ;  $X_2 = (C_{\beta\text{-glucana}} - 0,00)/0,50$ ;  $X_3 = (C_{\text{m. de cacau}} - 0,50)/0,50$ .

Na Tabela 3.2 são apresentadas as formulações dos chocolates, nas quais as misturas de inulina,  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau definidas pelo planejamento experimental estão em combinação com os demais ingredientes. Em todas essas formulações, o açúcar, empregado no chocolate tradicional, foi substituído pela mesma concentração (34%) de uma mistura de maltitol com 0,04% (em relação ao peso total da formulação) de edulcorante de alta intensidade. Estas

quantidades e as dos demais ingredientes: liquor de cacau, leite em pó, lecitina e PGPR permaneceram constantes.

Uma formulação padrão, para controle externo (C), produzida com sacarose e sem a adição de fibras, foi incluída no experimento, a fim de ser comparada com as dos chocolates dietéticos.

**Tabela 3.2.** Proporções (%) dos ingredientes nas formulações dos chocolates.

	Liquor	Leite em pó desnatado	Lecitina de soja	PGPR	Açúcar	Maltitol + Edulcorante	Manteiga de Cacau	Concentrado de $\beta$ -glucana	Inulina
1	30	15,5	0,3	0,2	-	34	20	-	-
2	30	15,5	0,3	0,2	-	34	10	-	10
3	30	15,5	0,3	0,2	-	34	10	10	-
4	30	15,5	0,3	0,2	-	34	15	5	-
5	30	15,5	0,3	0,2	-	34	15	-	5
6	30	15,5	0,3	0,2	-	34	10	5	5
7	30	15,5	0,3	0,2	-	34	13,6	3,2	3,2
8	30	15,5	0,3	0,2	-	34	13,6	3,2	3,2
C	30	15,5	0,3	0,2	34	-	20	-	-

### 3.2.3 PRODUÇÃO DOS CHOCOLATES

O liquor de cacau foi misturado com os ingredientes em pó determinados para cada formulação (leite em pó desnatado, sacarose, maltitol+edulcorante, inulina e concentrado de  $\beta$ -glucana) e com 2/3 da manteiga de cacau determinada para cada formulação, em um misturador planetário (PPA-P, Inco S. A., Avaré, BR), à temperatura de 40°C, por 10 minutos.

O refino foi feito em moinho piloto de três cilindros (Draiswerke GmbH, Mannheim, D) e o tamanho de partículas obtido foi verificado com um micrômetro digital (Mitutoyo Sul Americana LTDA, Suzano, BR) permanecendo entre 17 e 23  $\mu$ m.

A conchagem foi realizada no misturador planetário, à temperatura de 60°C, por 14 horas. Os emulsificantes e o restante da manteiga de cacau foram adicionados no início desta etapa.

A temperagem foi realizada da maneira tradicional, sobre pedra de mármore a 18°C. A temperatura da massa, ao ser vertida sobre o mármore, era de 50°C. Foram realizados movimentos frequentes sobre a superfície, com espátulas,

para a troca de calor ocorrer rapidamente, até o produto atingir 27°C. Em seguida, o chocolate foi mantido em banho térmico, a 30°C, para que possíveis cristais instáveis fossem fundidos e o produto permanecesse na temperatura ideal para a moldagem.

A massa temperada foi moldada em formas de acetato (2,3 x 2,8 x 1,5 cm), produzindo chocolates circulares de 10 gramas, destinados à avaliação sensorial, e, em fôrmas de polietileno (8,5 x 2,5 x 0,7 cm), produzindo barras retangulares, destinadas aos testes de reologia. As formas foram agitadas em uma mesa vibratória (JAF Inox, Tambaú, BR), para a retirada de bolhas de ar, e levadas ao túnel de resfriamento (Siaht, Jundiaí, BR), regulado para variar a temperatura por 11 minutos, até o produto se solidificar, atingindo 11°C.

Os chocolates foram desenformados e embalados com folhas de alumínio e mantidos à temperatura de 20°C, por 5 dias, para a realização das análises instrumentais e, por 60 dias, para a realização das análises sensoriais.

#### 3.2.4 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA

Para o *snap test* foi utilizado um texturômetro TA.XT2i, com *probe* three Point Bend Ring - HDP/3PB (Stable Micro Systems, Surrey, UK) constituído de duas barras horizontais de metal, dispostas paralelamente, e uma outra, acoplada ao braço do equipamento, que desce verticalmente, em velocidades pré-determinadas, causando a fratura da amostra. As condições de teste programadas foram: 3,0 mm.s<sup>-1</sup> na velocidade de pré-teste; 1,7 mm.s<sup>-1</sup> na velocidade de teste e 10 mm.s<sup>-1</sup> na velocidade de pós-teste.

Dez amostras de cada formulação foram fraturadas e os valores médios obtidos das forças de quebra (dureza), expressos em gramas, foram registrados.

#### 3.2.5 ANÁLISE SENSORIAL

A realização das análises sensoriais foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina (CONEP 268), registrada com CAAE nº 0278.0.268.000-11 e os julgadores foram informados sobre os procedimentos dos testes antes de iniciá-los.

Os testes foram realizados em cabines individuais sob luz branca. Os chocolates foram desembalados e servidos à temperatura ambiente (20-24°C), sobre pratos plásticos codificados com 3 dígitos. Foi servida água mineral à temperatura ambiente e maçã cortada em cubos e sem casca entre as amostras. As oito amostras foram avaliadas em duas sessões, para evitar a fadiga sensorial dos provadores.

O teste de aceitação foi realizado por 59 provadores, sendo 18 homens e 41 mulheres. Número superior aos 52 recomendados por Hough et al. (2006) para essas condições da análise. Na equipe, 79% dos provadores consumiam chocolate, diariamente ou semanalmente. A idade da maior parte dos integrantes (90%) era de 18 a 40 anos e o nível de escolaridade era graduação ou pós-graduação (92%). Foi utilizada escala hedônica híbrida de onze pontos, com termos verbais nos extremos, sendo 0, atribuído para desgostar muito e 10, para gostar muito (VILLANUEVA; PETENATE; SILVA, 2005). Os atributos sensoriais avaliados foram textura, sabor e aceitação global.

### 3.2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise dos resultados de textura e de aceitação sensorial, modelos matemáticos baseados no modelo canônico de Scheffé foram ajustados aos dados experimentais. Estes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para determinar a significância em nível de 5% (teste F) e o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado). Para estudo da significância dos efeitos individuais na variável resposta, as variáveis dependentes foram ajustadas em nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ). A análise dos dados e construção de gráficos foi realizada com o auxílio do programa Statistica versão 10.0 (STATSOFT, 2011).

### 3.2.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Quanta-200, FEI Ltd., Netherlands) do Laboratório de Microscopia Eletrônica da UEL foi utilizado para obtenção de informações sobre a estrutura dos chocolates produzidos. As amostras foram seccionadas e fixadas, por imersão, com solução de glutaraldeído 0,1M a 3%, por 24 horas a 4°C, e lavadas em dois banhos com tampão fosfato 0,1M, por 5 minutos a 4°C. Em seguida, foram transferidas para imersão em tetróxido de ósmio 1%, por 7 dias a 4°C, e desidratadas em etanol, de gradientes 70, 80, 90 e 100°GL, por 10 minutos, a 4°C. Depois de serem secas em dessecador, as amostras foram cobertas com uma camada de ouro, de 30 nanômetros de espessura, em metalizador Sputter Coater (SCD 050, Leica Microsystems, Vienna, Au).

Foram feitas micrografias das Formulações 1 (sem adição de fibras), 2 (10% de inulina) e 3 (10% de concentrado de  $\beta$ -glucana) por elas caracterizarem as condições mais extremas do planejamento e conseqüentemente, possibilitarem melhor visualização e comparação das microestruturas formadas.

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3.1 DUREZA

A dureza descreve a rigidez do chocolate e está diretamente relacionada à percepção sensorial durante o consumo que é dependente da mudança de fase, que ocorre na boca. Maiores valores de quebra são desejados para chocolates, porque proporcionam brilho, durabilidade contra danos físicos e térmicos, sensação tátil na boca e derretimento adequados (AFOAKWA et al., 2009a; SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010; VISSOTTO; GOMES; BATISTA, 2005).

Os valores de força de quebra encontrados variaram de 5059 g (Formulação 7) a 6125 g (Formulação 1) como apresentado na Tabela 3.3. Esta

última formulação (com maltitol e sem adição de fibras) teve dureza bastante próxima à da formulação C (com sacarose). A textura de chocolates dietéticos adicionados de maltitol já foi avaliada por Vissotto, Gomes e Batista (2005), que verificaram o emprego de forças de quebra bastante próximas às de chocolates produzidos com sacarose. Os chocolates que continham inulina e/ou  $\beta$ -glucana tiveram dureza menor.

**Tabela 3.3.** Resultados de força de quebra e de análise sensorial de aceitação\* dos chocolates.

Formulação	Inulina <sup>#</sup>	Concentrado de $\beta$ -glucana <sup>#</sup>	Manteiga de Cacau <sup>#</sup>	Força de Quebra(g)*	Textura**	Sabor**	Aceitação Global**
1	0,0	0,0	20,0	6125 = 373	8,25 = 1,39	8,02 = 1,05	7,97 = 1,11
2	10,0	0,0	10,0	5788 = 390	7,46 = 1,75	7,89 = 1,38	7,74 = 1,44
3	0,0	10,0	10,0	5395 = 577	6,28 = 1,87	6,48 = 2,09	6,44 = 2,03
4	0,0	5,0	15,0	5715 = 546	7,48 = 1,51	7,64 = 1,58	7,54 = 1,55
5	5,0	0,0	15,0	5489 = 499	8,11 = 1,55	8,17 = 1,32	8,16 = 1,43
6	5,0	5,0	10,0	5110 = 564	6,91 = 1,93	7,26 = 1,71	7,14 = 1,67
7	3,2	3,2	13,6	5059 = 266	7,55 = 1,50	8,06 = 1,12	8,11 = 1,11
8	0,0	0,0	20,0	5180 = 204	-	-	-
Controle	0,0	0,0	100,0	5971 = 509	8,11 = 1,33	8,19 = 1,05	8,29 = 1,03

# Teores presentes na formulação do chocolate (%).

\*Média  $\pm$  desvio padrão entre repetições. \*\* Escala de 0 a 10

O modelo ajustado aos resultados de força de quebra é apresentado na Tabela 3.4. O  $R^2$  ajustado igual a 80% e a falta de ajuste não significativa, indicam bom poder preditivo. A análise de variância da regressão polinomial demonstrou que as três variáveis independentes contribuíram significativamente para a dureza.

**Tabela 3.4.** Coeficientes e análise de variância dos modelos ajustados aos parâmetros de textura e de aceitação sensorial.

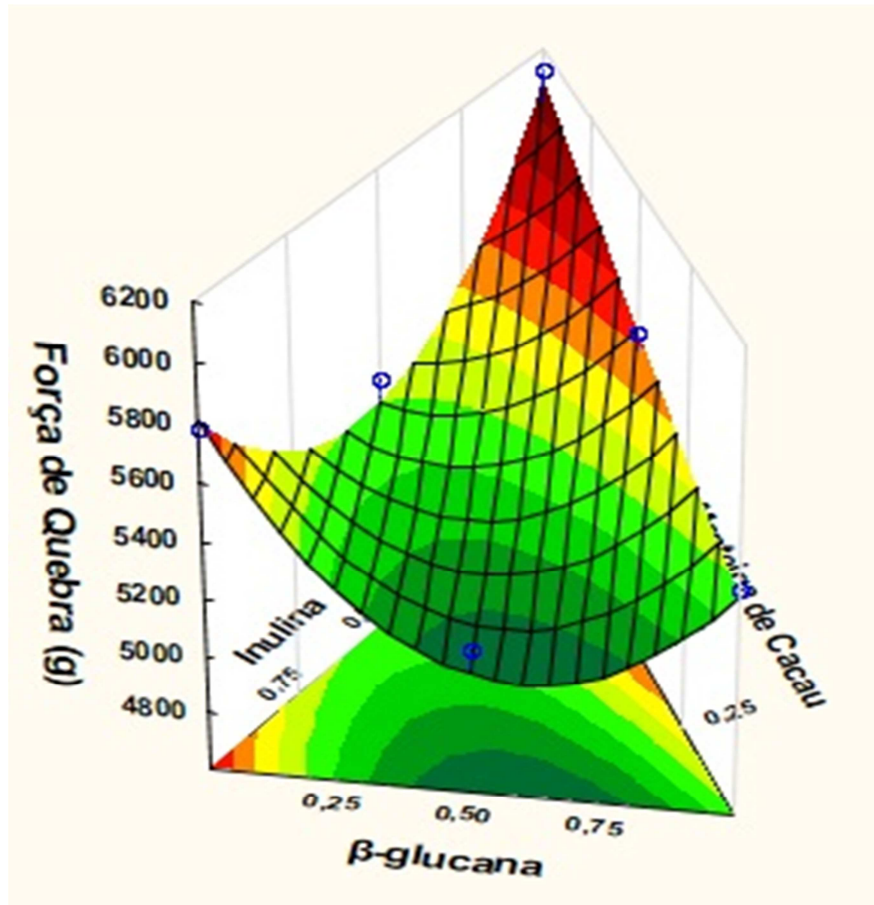
Coeficientes <sup>1</sup>	Força de Quebra (g)	Textura	Sabor	Aceitação Global
$\beta_1$	5810,26*	7,464*	7,934*	7,779*
$\beta_2$	5365,16*	6,364*	6,524*	6,479*
$\beta_3$	6095,16*	8,324*	7,995*	7,935*
$\beta_{12}$	-2266,95	-	-	-
$\beta_{13}$	-2210,95	0,966	1,215	1,757
$\beta_{23}$	-	-	1,955	1,877
Significância do modelo ( <i>p</i> )	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Falta de ajuste do modelo	9242,15	0,117	0,377	0,068
R <sup>2</sup> ajustado	0,799	0,974	0,895	0,821

<sup>1</sup>  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  correspondem a inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau, respectivamente.

\* Significativas ao nível de  $p < 0,05$ .

Em relação aos teores de manteiga de cacau, observa-se que o aumento da concentração ocasiona a elevação da dureza (Figura 3.1). Resultado também encontrado por Do et al. (2007). Com o aumento da fase lipídica do chocolate, os sólidos ficam mais dispersos, provocando menor resistência ao fluxo e menos interferência no processo de cristalização, o que resulta em produtos mais duros (BECKETT, 2009; ZIEGLER; HOGG, 2009).

O efeito contrário foi provocado pelo concentrado de  $\beta$ -glucana e pela inulina, que diminuíram a dureza conforme suas concentrações foram aumentadas até 5% na formulação do chocolate (pseudocomponente=0,50), aumentando-a em concentrações maiores. Em todos os casos, porém, essa dureza foi menor que a dos chocolates sem esses ingredientes. A menor dureza correspondeu às formulações próximas à concentração menor de manteiga de cacau e concentrações intermediárias de  $\beta$ -glucana e inulina (Figura 3.1). Esse efeito pode ser explicado pelo aumento da quantidade de partículas na fase sólida que essas fibras provocam. A fase lipídica deve recobrir as superfícies dessas partículas e reduzir sua inter-relação; quando esse recobrimento é reduzido, a dureza diminui (BECKETT, 2009).



**Figura 3.1.** Superfície ajustada para força de quebra em chocolates contendo diferentes teores de inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes.

Lee et al. (2009) também observaram que a substituição parcial da manteiga de cacau por concentrado de  $\beta$ -glucana ocasionou a diminuição da dureza em chocolates e sugeriram que essa substituição pode influenciar o processo de temperagem, que está diretamente ligado à textura final do produto, ocasionando o amolecimento.

### 3.3.2 ACEITAÇÃO SENSORIAL

Os modelos ajustados às variáveis resposta da aceitação (Tabela 3.2) tiveram  $R^2$  ajustado  $\geq 82\%$  e as faltas de ajuste não significativas, indicando um bom poder preditivo. As análises de variância das regressões polinomiais

demonstraram que as três variáveis independentes contribuíram significativamente para os modelos de aceitação de sabor, textura e avaliação global.

Os resultados obtidos para os três atributos de aceitação são bastante similares (Tabela 3.1), demonstrando que os provadores perceberam as alterações das formulações e conseguiram relacioná-las com a percepção sensorial dos atributos determinados.

A aceitação sensorial, em relação à alteração da fase lipídica de chocolates promovida pela adição de ingredientes funcionais ainda não é relatada na literatura. Porém, pode ser relacionada com os efeitos que essas alterações provocam na textura dos produtos.

O aumento do teor de manteiga de cacau elevou as notas de aceitação (Figura 3.2). Essa relação é amplamente aceita na produção de chocolates, pois a manteiga de cacau governa as propriedades reológicas promovendo dureza, sensação tátil na boca e deglutição adequadas (BECKETT, 2009).

A relação inversa é observada com o aumento dos teores de inulina e concentrado de  $\beta$ -glucana, que diminuíram as notas dadas aos atributos sensoriais do chocolate. O aumento da quantidade de partículas, ocasionado pela inclusão desses ingredientes, diminuiu a dureza, como visto na Figura 3.1, e conseqüentemente, a velocidade de derretimento do chocolate na boca.

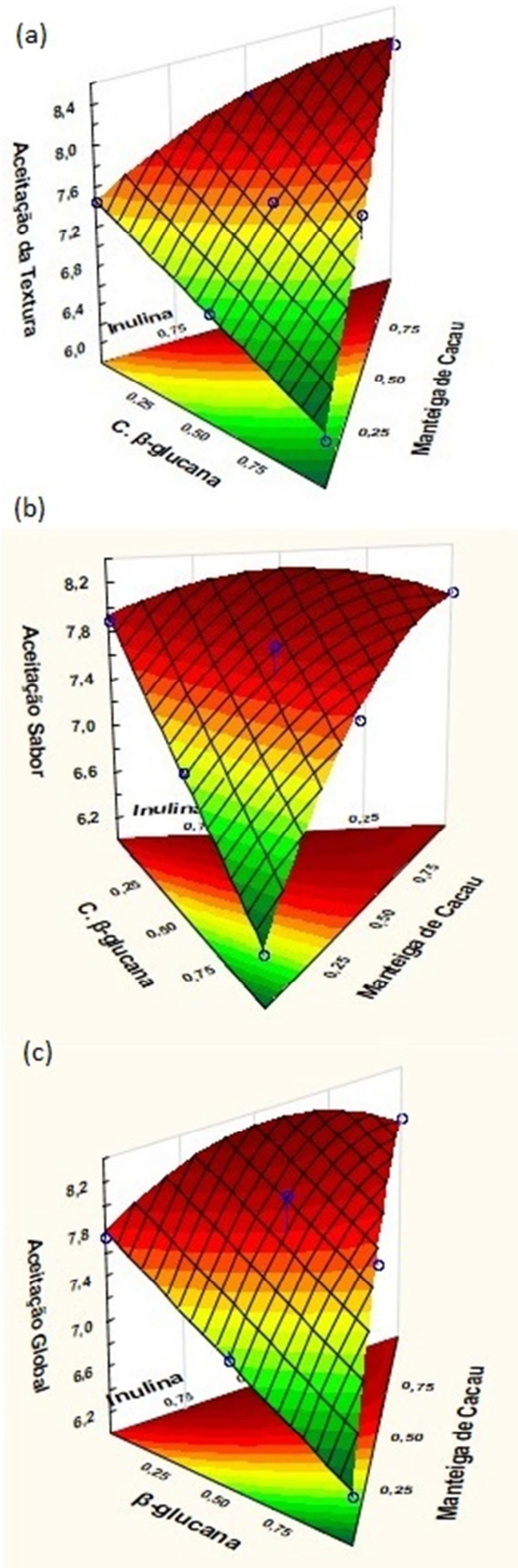
Segundo Beckett (2009), a intensidade do sabor percebido também é diminuída, pois ela é alterada dinamicamente de acordo com o tempo enquanto o chocolate é derretido, manipulado e misturado com a saliva durante a mastigação.

Sendo assim, o chocolate que teve 50% da manteiga de cacau substituída por concentrado de  $\beta$ -glucana (Formulação 3), continha maior quantidade de partículas sólidas em relação ao que teve 50% da manteiga de cacau substituída por inulina (Formulação 2), fator que influenciou a avaliação sensorial dessas amostras, visto que as menores notas (próximas a 6,0) para os três atributos analisados foram atribuídas à formulação contendo o maior teor de concentrado de  $\beta$ -glucana.

A inulina é um agente de corpo que traz benefícios ao chocolate, como melhorar o derretimento na boca e o sabor de formulações (SHAH; JONES; VASILJEVIC, 2010). Essa sinergia com o produto pode ter sido a razão para seu efeito menos pronunciado na diminuição da aceitação.

Mesmo quando 50% da manteiga de cacau foi substituída pelo maior teor de inulina, as notas de aceitação tiveram pequena queda: de 8,4 para 7,5 na textura; de 8,0 para 7,9 no sabor e de 8,0 para 7,8 na avaliação global.

Golob et al. (2004) também verificaram que a substituição da sacarose por inulina não resultou na diminuição da aceitação de chocolates ao leite.



**Figura 3.2.** Superfícies ajustadas para as análises de aceitação de (a) textura (b) sabor e (c) avaliação global em misturas contendo inulina, concentrado de  $\beta$ -glucana e manteiga de cacau. Área experimental definida por pontos e expressa em pseudocomponentes.

### 3.3.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A Figura 3.3 apresenta a microestrutura da Formulação 1, sem adição de fibras, com a formação de uma rede cristalina bem definida, ocasionada pelo recobrimento dos sólidos pela manteiga de cacau e temperagem eficiente. A estrutura é similar à observada por Afoakwa et al. (2009b), em micrografias de chocolate temperados adequadamente, onde a distribuição da rede cristalina é densa. A presença de menor quantidade de conexões entre os cristais pode ser explicada pelo fato desses autores terem utilizado sacarose em sua formulação, enquanto neste trabalho foi utilizado maltitol, que é menos cristalino do que a sacarose (KONAR, 2013).

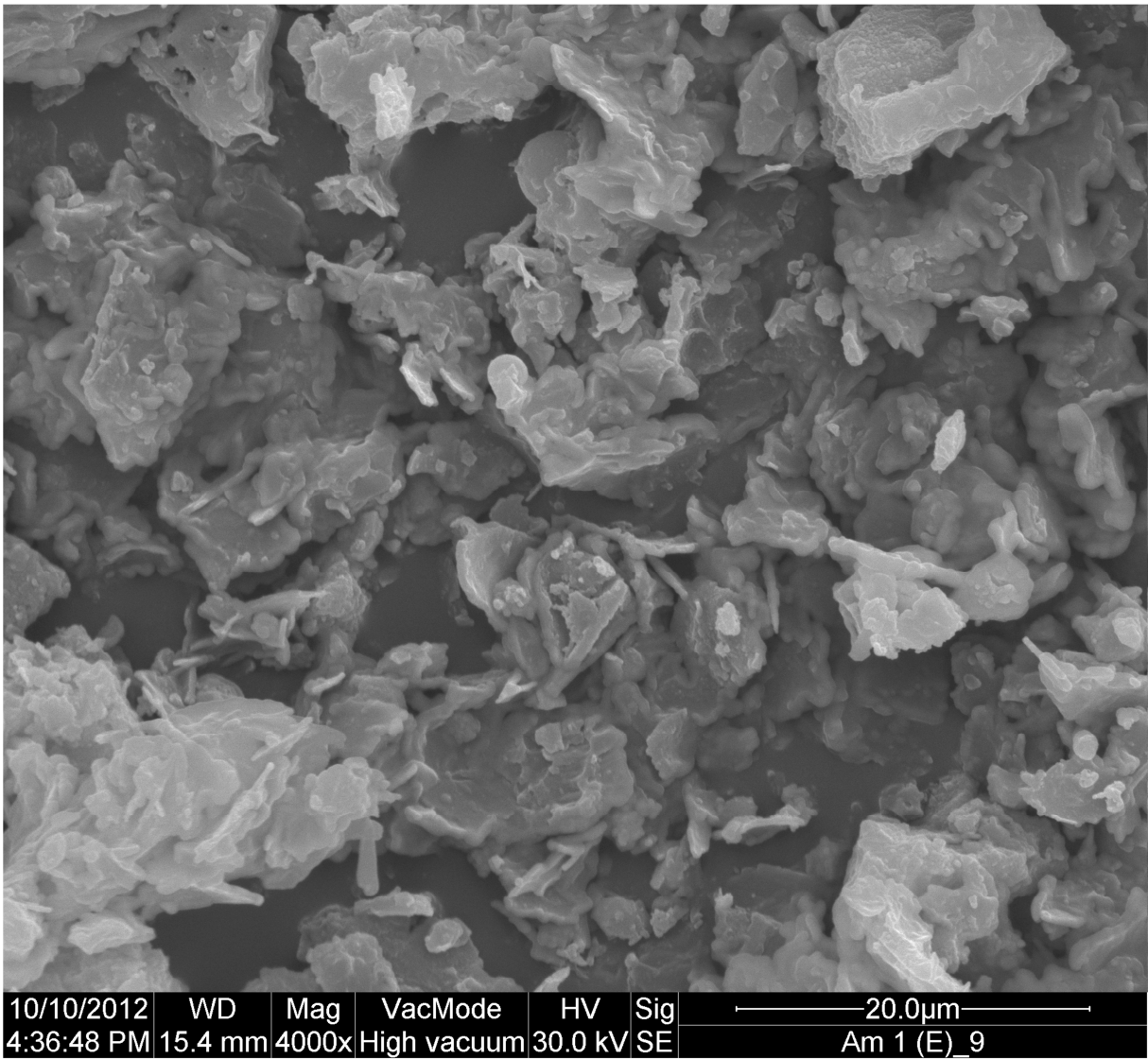
A rede cristalina apresenta-se bastante alterada na microestrutura da Formulação 2, na qual 50% da manteiga de cacau foi substituída por inulina (Figura 3.4). Pode ser observada a presença de estruturas esféricas não recobertas pela manteiga de cacau. Elas são similares a imagens de inulina, feitas por Rosell, Santos e Collar (2009), demonstrando que a quantidade de manteiga de cacau adicionada não foi suficiente para o recobrimento total das partículas sólidas.

Porém, devido ao tamanho molecular reduzido da inulina e ao bom processamento da formulação, as características sensoriais e a dureza não chegaram a ser comprometidas, como discutido anteriormente.

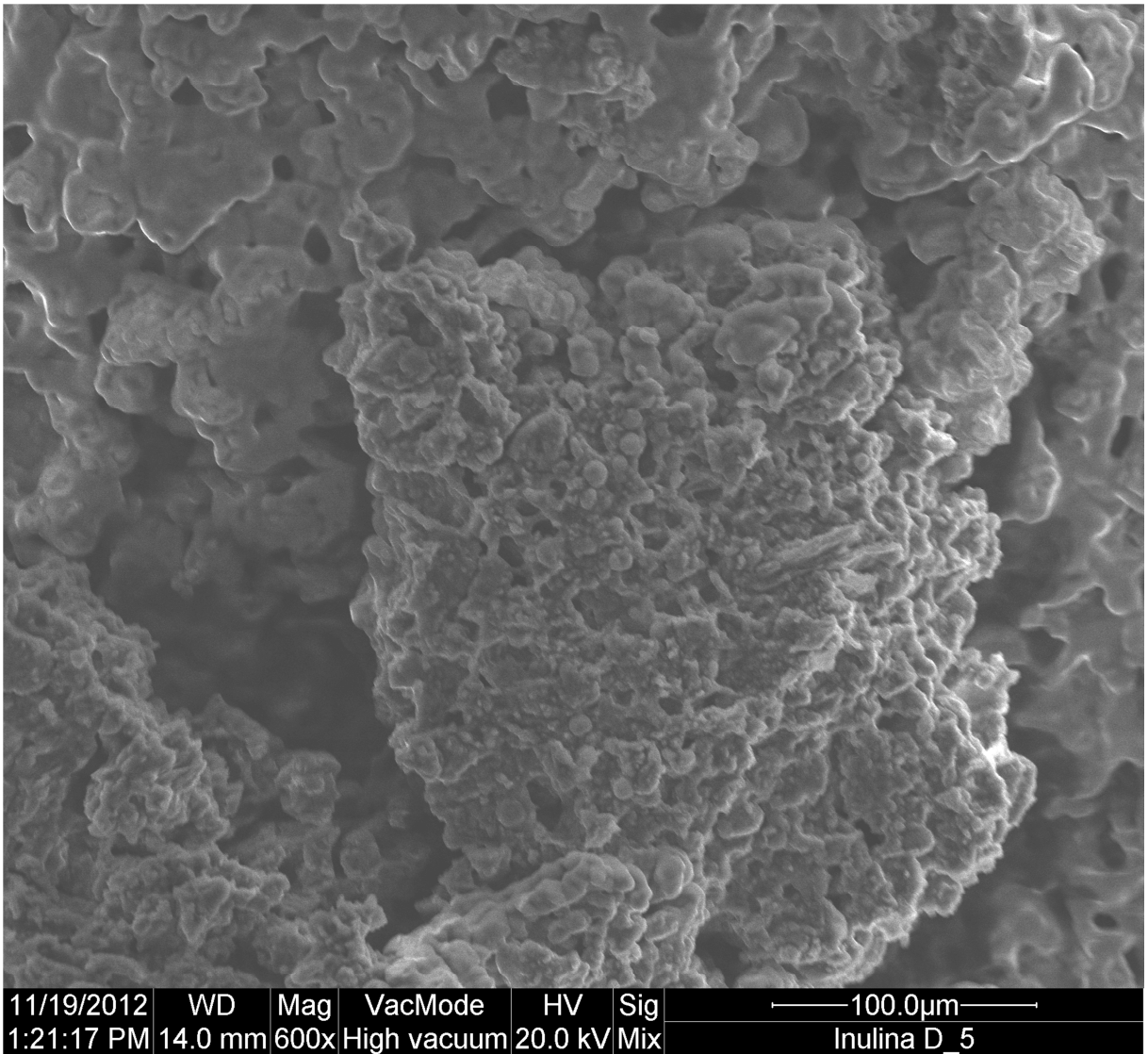
Já para a Formulação 3, a substituição de 50% da manteiga de cacau por concentrado de  $\beta$ -glucana resultou em uma rede cristalina comprometida, que se relaciona com a diminuição da dureza e da aceitação desse produto (Figura 3.5).

A presença de um grande número de partículas depositadas sobre as porções cristalinas formadas demonstra que o recobrimento dos sólidos foi mais comprometido do que na Formulação 2, com inulina, devido à diferença de densidade entre os dois ingredientes, que fez com que uma maior quantidade de partículas de concentrado de  $\beta$ -glucana fosse adicionada em relação à de inulina.

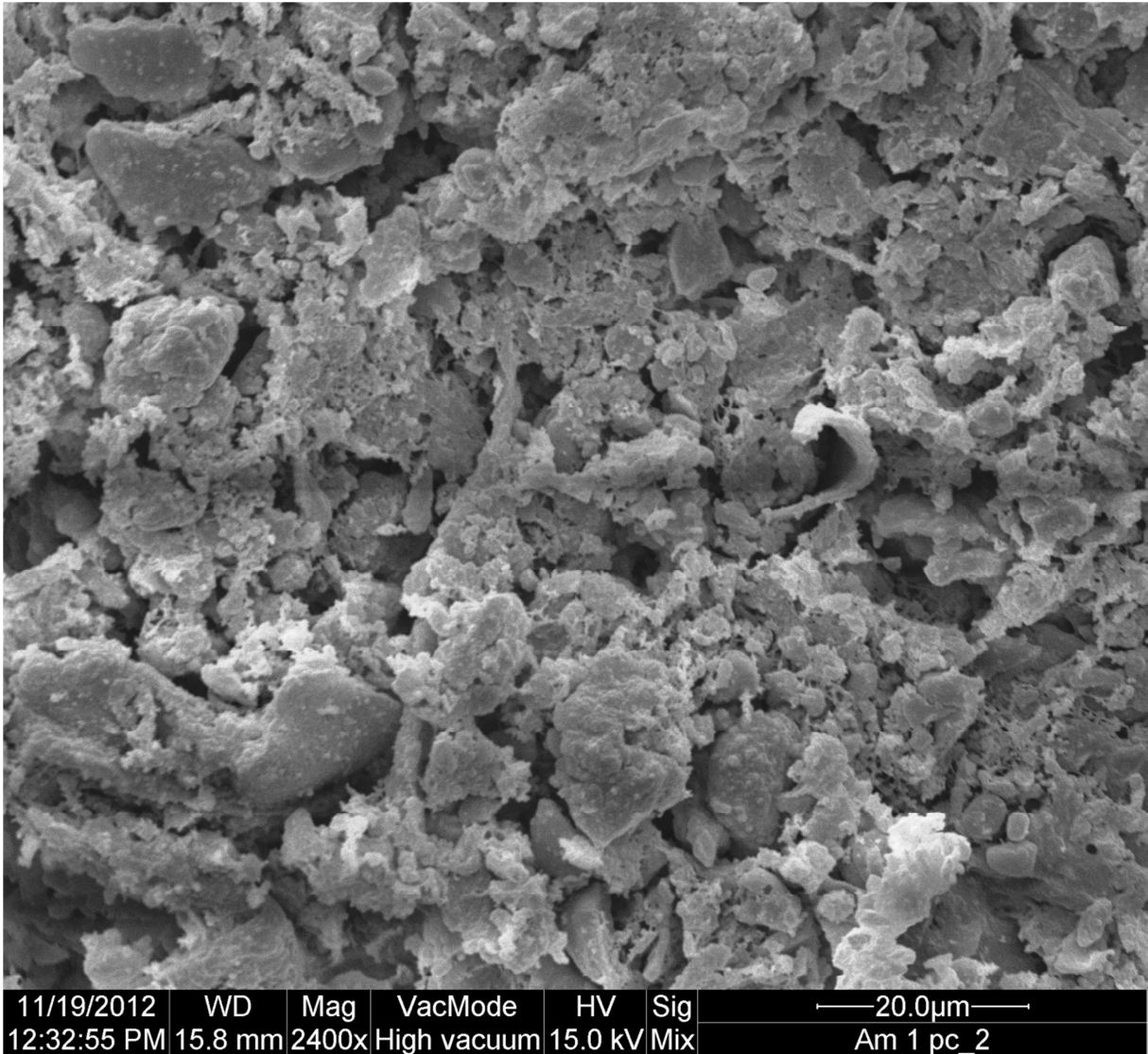
Dentre essas partículas, pode-se observar estruturas fibrosas características da  $\beta$ -glucana, também visualizadas por Rosell, Santos e Collar (2009) e estruturas esféricas que são provenientes do o amido e proteínas do concentrado utilizado.



**Figura 3.3.** Micrografia por MEV de fratura da formulação sem adição de fibras.



**Figura 3.4** Micrografias por MEV de fratura da formulação com substituição de 50% da manteiga de cacau por concentrado de inulina.



**Figura 3.5** Micrografias por MEV de fratura da formulação com substituição de 50% da manteiga de cacau por  $\beta$ -glucana.

### 3.4 CONCLUSÕES

É possível desenvolver formulações de chocolate com substituição de até 50% da manteiga de cacau por inulina e/ou concentrado de  $\beta$ -glucana com boa aceitação sensorial.

A inulina e o concentrado de  $\beta$ -glucana reduzem a dureza do chocolate, porém, a  $\beta$ -glucana adicionada nas maiores concentrações (próximas a 10% na formulação) diminui sensivelmente a qualidade sensorial do chocolate.

A substituição parcial da manteiga de cacau por fibras alimentares provoca alterações na microestrutura do chocolate, decorrentes da falta de recobrimento total das partículas sólidas das formulações.

### Agradecimentos

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) pela disponibilização dos equipamentos para realização deste experimento e fornecimento das matérias-primas básicas. À equipe do Laboratório de Microscopia Eletrônica da UEL, em especial, Prof. Dra. Célia Guadalupe Tardeli de Jesus Andrade. À empresa SunOpta™ pela doação do Barley Balance® e à empresa ECIL Ltda. pela doação do maltitol. Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq), pela concessão da bolsa.

### 3.5 REFERÊNCIAS

AFOAKWA, Emmanuel O.; PATERSON, Alistair; FOWLER, Mark; VIEIRA, Joselio. Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition. **Eur Food Res Technol.** v. 227, p. 1215-1223, 2008

AFOAKWA, Emmanuel O.; PATERSON, Alistair; FOWLER, Mark; VIEIRA, Joselio. Microstructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. **Journal of Food Science and Technology.** v. 44, p. 111-119, 2009a

AFOAKWA, Emmanuel O.; PATERSON, Alistair; FOWLER, Mark; VIEIRA, Joselio. Influence of tempering and fat crystallization behaviors on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. **Food Research International.** v. 42, p. 200-209, 2009b

AGUILERA, J. M. Why food microstructure? **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 3-11, 2005

BECKETT, Stephen T. Chocolate Flow Properties. In:\_\_\_\_\_. **Industrial chocolate manufacture and use.** 4. ed. York: Wiley-Blackwell, 2009. p. 224-246

- BEMILLER, James N.; HUBER, Kerry C. Carbohydrates. In: DAMONDARIAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Fennema's Food Chemistry**. 4. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 83-154
- COSTELL, E.; Durán, L. Food texture: sensory evaluation. In: G. V. Barbosa-Cánovas (Ed.), **Food Engineering: encyclopedia of life support systems**, v. 1, p. 238-256, Oxford: EOLSS, 2005
- DO, T-A. L.; HARGREAVES, J. M.; WOLF, B.; HORT, J.; MITCHELL, J. R. Impact of particle size distribution on rheological and textural properties of chocolate models with reduced fat content. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 2, p. E541-E552, 2007
- HOUGH, G.; WAKELING, I.; MUCCI, A.; CHAMBERS IV, E.; GALLARDO, I. M.; ALVES, L. R. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. **Food Quality and Preference**. v. 17, p. 522-526, 2006
- FRANK, Anne. Technological functionality of inulin and oligofructose. **Br J Nutr**, Cambridge, v. 87, n. 2, p. S287-S291, 2002
- GOLOB, T.; MICOVIC, E.; BERTONCELJ, J.; JAMNIK, M. Sensory acceptability of chocolate with inulina. **Acta agricultura eslovenica**, v. 83, p. 221-231, 2004
- GOMES, Cristiane R.; VISSOTTO, Fernanda Z.; FADINI Ana L.; FARIA, Eliete V. de; LUIZ, Alexandra, M. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciênc Tecnol Aliment**. v.27, n. 3, p. 613-623, jul-set, 2007
- KONAR, Nevzat. Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. **European Food Research and Technology**. v. 236, n.1, p. 135-143, 2013
- LEE, Suyong; BIRESAW, Girma; KINNEY, Mary P.; INGLETT, George E. Effect of cocoa butter replacement with  $\beta$ -glucan-rich hydrocolloid (C-trim30) on the rheological and tribological properties of chocolates. **J Sci Food Agri**. v. 89, 163-167, 2009
- LIM, Jongbin; INGLETT, George E.; LEE, Suyong. Response to consumer demand for reduced-fat foods; multi-functional fat replacers. **Jpn J Food Eng**. v. 11, n. 4, p. 163-168, dez. 2010
- MELO, Lauro Luís Martins Medeiros de; BOLINI, Helena Maria André; EFRAIM, Priscilla. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. **Food Quality and Preference**. v. 20, p. 138-143, 2009
- ROSELL, C. M; SANTOS, E.; COLLAR, C. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach. **Food Research International**, v. 42, p. 176-184, 2009
- ROUSSEAU, D. On the porous mesostructure of milk chocolate viewed with atomic force microscopy. **LWT - Food Science and Technology**, v. 39, p. 852-860, 2006

SHAH, Abshisek S.; JONES, Gwyn P.; VASILJEVIC, Todor. Sucrose-free chocolate sweetened with *Stevia rebaudiana* extract and containing different bulking agents – effects on physicochemical and sensory properties. **Int. j. food sci. technol.** v.45, p. 1426-1435, 2010

STATSOFT. **Statistica V 10.0 for Windows**. Tulsa: StatSoft Inc. Software, 2011

TEERHAG, Marcela M.; BENASSI, Marta de T. Perfil *Flash*: uma opção para análise descritiva rápida. **Braz. J. Food Technol.**, In: 6º SENSIBER, p. 140-151, ago.; 2010

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; SILVA, M. A. A. P. da. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, 16, 691-703, 2005

VISSOTTO, F.Z.; LUCCAS, V.; BRAGAGNOLO, N.; TURATTI, J. M.; GRIMALDI, R.; FIGUEIREDO, M. S. De. Caracterização físico-química e reológica de chocolates comerciais tipo cobertura elaborados com gorduras alternativas. **Braz. J. Food Technol.**, 2, 139-148, 1999

VISSOTTO, Fernanda Z; GOMES, Cristiane R.; BATISTA, Beatriz J. L. Caracterização do comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose. **Braz J Food Technol.** v.8, n.2, p. 107-111, abr.-jun., 2005

ZIEGLER, G. R.; HOGG, R. Particle Size Reduction. In: Beckett, S. T. **Industrial chocolate manufacture and use**. Wiley-Blackwell: York, 224-246, 1999

## APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

### Titulo da pesquisa:

**“BALANCEAMENTO NUTRICIONAL DE CHOCOLATE A PARTIR DE MODELAGEM DE MISTURAS DE INGREDIENTES ASSOCIADA A PROPRIEDADES REOLÓGICAS E SENSORIAIS”**

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa **“BALANCEAMENTO NUTRICIONAL DE CHOCOLATE A PARTIR DE MODELAGEM DE MISTURAS DE INGREDIENTES ASSOCIADA A PROPRIEDADES REOLÓGICAS E SENSORIAIS”**, realizada na **“UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA”**. O objetivo da pesquisa é **“Avaliar a aceitação de formulações de chocolate adicionadas de  $\beta$ -glucana e inulina utilizando a modelagem de misturas desses ingredientes como ferramenta estatística para o planejamento do experimento”**. A sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: você será chamado para participar da degustação dos chocolates no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Estadual de Londrina de acordo com sua disponibilidade e deverá atribuir notas a eles conforme sua avaliação pessoal. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados são melhora da função intestinal e da saúde cardíaca que podem ser proporcionados pelo consumo regular de alimentos ricos em fibras. Você não correrá riscos aos consumi-lo, no entanto, portadores de alergia a proteínas do leite ou intolerância à lactose não deverão participar da pesquisa, devido ao fato do chocolate conter leite.

Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da

pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contactar. Pesquisadora Natália Vicente de Rezende ou Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Victória Grossmann no Departamento de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina. No endereço Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445 Km 380 ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Kock, nº 60, ou no telefone 33712490. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

**Pesquisador Responsável**

RG:8.873.640-0

Eu, \_\_\_\_\_, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Obs: Participantes menores de idade, precisam da assinatura do responsável.

## APÊNDICE B: APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CONEP 268)



**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**  
**Universidade Estadual de Londrina**  
**Registro CONEP 268**

<b>Parecer CEP/UEL:</b>	298/2011
<b>CAAE:</b>	0278.0.268.000-11
<b>Processo:</b>	31398/2011.10
<b>Folha de Rosto:</b>	469272
<b>Pesquisador(a):</b>	Natália Vicente de Rezende
<b>Unidade/Órgão:</b>	CCA – Programa de Mestrado em Ciências de Alimentos

Prezado(a) Senhor(a):


O “**Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina**” (Registro CONEP 268) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

**“Balançamento nutricional de chocolate a partir de modelagem de misturas de ingredientes associada a propriedades reológicas e sensoriais”.**

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.

Londrina, 02 de dezembro de 2011.



**Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli**  
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos  
 Universidade Estadual de Londrina