UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto
parcial de gordura em *spread* de chocolate

Poliana Fernandes de Almeida

Tese para a obtenção de grau de
DOUTOR

Orientadora:
Prof^a. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto
parcial de gordura em *spread* de chocolate

Poliana Fernandes de Almeida

Versão corrigida da Tese conforme resolução CoPGr 6018.
O original encontra-se disponível no Serviço de Pós Graduação da FCF/USP.

Tese para a obtenção de grau de
DOUTOR

Orientadora:
Prof^a. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

A447a Almeida, Poliana Fernandes de
Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em *spread* de chocolate / Poliana Fernandes de Almeida. -- São Paulo, 2015.
236p.

Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.

Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Alimentos : Processamento : Tecnologia 2. Gelatina 3. Textura 4. Subprodutos agrícolas 5. Chocolate I. T. II. Lannes, Suzana Caetano da Silva, orientador.

664 CDD

POLIANA FERNANDES DE ALMEIDA

Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto
parcial de gordura em *spread* de chocolate

Comissão Julgadora
da
Tese para a obtenção do grau de Doutor

Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes
orientador/presidente

1º examinador

2º examinador

3º examinador

4º examinador

São Paulo, _____ de _____ de 2016

Dedico este trabalho a Deus, ao meu filho João Guilherme que fez os momentos mais difíceis parecerem tão insignificantes diante do seu sorriso inocente e amor incondicional por mim. Ao meu marido José Reinaldo com muita gratidão e à minha mãe Ivone Fernandes por ser minha inspiração eterna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente por mais essa conquista.

À minha mãe Ivone Fernandes pela ajuda, incentivo e amor sempre presente.

Ao meu marido José Reinaldo, pelo companheirismo, cumplicidade e apoio ao meu crescimento profissional.

À Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes, pela orientação, confiança e suporte para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica pela oportunidade.

Aos técnicos de laboratório do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica, Nilton e Alexandre pela assistência à pesquisa.

Aos Professores Dr. José Carlos Curvelo Santana, Dr. Luiz Antônio Gioielli e Dr. Ricardo Pinheiro de Souza Oliveira pelos comentários construtivos como membros da banca de qualificação.

À empresa Cargill® pelo incentivo a pesquisa por meio de doação de ingrediente.

À Profa. Dra. Inar Castro pela paciência e disponibilidade sempre presente.

À Profa. Msc. Marleide Araújo, Dra. Rita de Cássia, Msc. Roberta Martin, Dr. Sidney Fernandes Bandeira, Msc. Leone Covari e Sra. Isabel Santana Barbosa pelo apoio incondicional no IFMT – *Campus* São Vicente.

Ao Prof. Dr. Degmar Anjos pela disponibilidade, atenção e direcionamento frente às possibilidades de assegurar minha qualificação.

Às companheiras de laboratório Raquel Vallerio Rios, Beatriz Valcárcel, Juliana Cajado e Simone Tessarini Estevão pela parceria nos momentos de estudo e descontração.

A todas as minhas amigas fiéis que compreenderam minha ausência durante o período de execução deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização dessa pesquisa.

“Nenhuma grande descoberta foi feita jamais sem um palpite ousado.”

Isaac Newton

RESUMO

ALMEIDA, P. F. **Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em *spread* de chocolate.** 2016. 236p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

O objetivo do presente estudo foi verificação da viabilidade da aplicação de gelatina de pés de frango em *spread* de chocolate como substituto parcial de gordura. Inicialmente apresentou-se uma revisão de literatura sobre os principais aspectos que envolvem a pesquisa. Após relatou-se a metodologia de extração e caracterização físico-química da gelatina obtida de pés de frango por meio de análises de composição centesimal, de cor, força de gel e análise de perfil de textura (TPA). Posteriormente abordou-se os efeitos da aplicação de gelatina como substituto de gordura nas propriedades físico-químicas e reológicas de *spread* de chocolate. Por último investigou-se a influência da concentração de gelatina e substituição de gordura na espalhabilidade, estabilidade (*shelf life*), custos e propriedades sensoriais dos *spreads* de chocolate. Para tanto, foi utilizado planejamento experimental Central Composto Rotacional e metodologia de superfície de resposta. Os resultados da extração de gelatina de subproduto de frango indicaram que as peles e tendões dos pés de frango possuem rendimento (7,83 %) e conteúdo mineral (1,92 %), apresentando alto teor proteico (84,96 %) próximo das gelatinas comerciais. Em concentração de 6,67 % a gelatina demonstrou elevada força de gel (294,78 g), comportando-se na análise de perfil de textura como um sólido. Os dados relacionados às formulações de *spread* de chocolate demonstraram que tanto o nível de substituição de gordura quanto a concentração de gelatina exerceram efeitos significativos ($p < 0,05$) sobre a cor, volume, densidade e comportamento reológico dos produtos, exceto a atividade de água que foi influenciada apenas pelo primeiro fator. Sob a perspectiva reológica apenas a amostra com maior nível de substituição de gordura foi classificada como pseudoplástica. A gelatina contribuiu no aumento do teor proteico das formulações. A consistência foi significativamente ($p < 0,05$) influenciada pelas propriedades da fase de gelatina, apresentando ampla faixa de plasticidade nas diferentes temperaturas (10, 20 e 30 °C). A consistência dos *spreads* aumentou em todas as temperaturas durante os 90 dias de armazenamento. Observou-se por meio da análise sensorial que os fatores em estudo provocaram alterações nos atributos sensoriais do produto suficiente para a percepção dos provadores. A formulação com 75 % de substituição de gordura seguida pelas formulações com 50 % e 0,8 % de concentração de gelatina apresentaram a maior aceitabilidade. Com o máximo de substituição de gordura chegou-se a 53 % de redução de custos. Contudo, os resultados obtidos sugerem que a aplicação de gelatina de pés de frango pode ser vantajosa, já que contribuiu com a formulação de *spreads* de chocolate menos calóricos e com propriedades físico-químicas e sensoriais adequadas para uma possível comercialização.

Palavras-chave: *Spread* de chocolate, gelatina, substituto de gordura, subproduto de frango.

ABSTRACT

ALMEIDA, P. F. **Application of gelatin obtained from animal by-product as a partial fat replacement in chocolate *spread***. 2016. 236p. Tese (PhD of Science) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

The aimed of this study was the verification of the feasibility of application of gelatin chicken feet in chocolate *spread* as a partial replacement fat. Firstly, it was presented a literature review on the main aspects involved in the research. After it was reported the extraction methodology and physicochemical characterization of chicken feet gelatin through chemical composition, color, gel strength and texture profile analysis (TPA) analysis. Next, the effects of the gelatin application as a fat replacement in physicochemical and rheological properties of chocolate *spread* were discussed. Finally, the influence of the gelatin concentration and fat replacement in *spreadability*, stability (shelf life), costs and sensory properties of chocolate *spread* were investigated. For this purpose, the Central Composite Rotational Design and response surface methodology were used. The results of the chicken feet gelatin extraction indicated that the skins and tendons of chicken feet have yield (7.83%) and mineral content (1.92%), with high protein content (84.96%) close to the commercial gelatins. In concentration of 6.67 % gelatin demonstrated high gel strength (294.78 g), behaving in the texture profile analysis as a solid. Data related to the *spread* chocolate formulations demonstrated that the level of replacement of fat and gelatin concentration exerted a significant effect ($p < 0.05$) on the color, volume, density and rheological behavior of the products, except water activity which was influenced only by the first factor. Under the theological perspective only the sample with higher levels of fat replacement was classified as shear thinning. Gelatin contributed in increasing the protein content of the formulations. The consistency was significantly ($p < 0.05$) influenced by the properties of the gelatin phase, showing a wide range of plasticity at different temperatures (10, 20 and 30 ° C). The *spreads* consistency increased at all temperatures during the 90 days of storage. It was observed by means of sensory analysis that the factors under study led to changes in the sensory attributes of the product enough to the perception of tasters. The formulation with 75 % fat replacement followed by 50 % and 0.8 % concentration of gelatin had the highest acceptability. With maximum fat replacement was reached to 53% cost reduction. However, the results suggest that the application of chicken feet gelatin can be advantageous since it contributed to the formulation of lower calorie chocolate *spreads*, with physicochemical and sensory properties suitable for possible commercialization.

Keywords: Chocolate *spread*, gelatin, fat replacement, chicken by-product.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1 – Exemplos de produtos contendo hidrocolóides.....	33
Figura 2 – Emulsão estável com gelatina (esquerda) e emulsão "quebrada" sem gelatina (direita).....	38
Figura 3 – Exemplos de produtos do mercado brasileiro contendo gelatina	41
Figura 4 – Produção brasileira de carne de frango	46
Figura 5 – Consumo <i>per capita</i> de carne de frango no Brasil	47
Figura 6 – Pés (a) e patas (b) de frango	48
Figura 7 – A indústria de gelatina como destino alternativo aos pés de frango	49
Figura 8 – Curva típica de análise de perfil de textura (TPA).	52
Figura 9 – Ilustração esquemática de um cone utilizado em teste de penetração	53
Figura 10 – Esquema representativo da análise de <i>back extrusion</i>	54
Figura 11 – Curva típica de <i>back extrusion</i>	55
Figura 12 – Modelo tridimensional de cor CIE $L^* a^* b^*$ (a) e diagrama de chromaticidade no espaço de cor CIE $L^* C^* h$ (b).....	56

Capítulo 2

Figura 1 – Fluxograma do processo de extração de gelatina de pés de frango	86
Figura 2 – Extração de gelatina em banho-maria à temperatura controlada.....	87
Figura 3 – Filtração da solução de gelatina.....	87
Figura 4 – Folha de gelatina após secagem	88
Figura 5 – Amostra de gelatina em pó extraída de (a) peles e tendões dos pés de frango, (b) gelatina de pés de frango (inteiros) e (c) gelatina suína	92
Figura 6 – Rendimento de gelatina de diferentes partes de pés de frango	93
Figura 7 – Conteúdo de resíduos minerais da gelatina de diferentes partes de pés de frango.....	95
Figura 8 – Curva da força de gel em função da concentração das gelatinas.	101

Capítulo 3

Figura 1 – Fluxograma do processamento de <i>spread</i> de chocolate	121
Figura 2 – Pó de gelatina obtida de subproduto de frango (a) e processo de hidratação do pó (b)	122
Figura 3 – Ilustração do processo mistura das formulações	123

Figura 4 – Aparência e comportamento das formulações controle (a) e com adição de gelatina (F11) e redução de gordura (b) à temperatura de 30 °C.....	127
Figura 5 – Amostras das formulações de <i>spread</i> de chocolate obtidas no planejamento experimental.....	128
Figura 6 – Valores de L*, a*, b*, C* e ΔE previstos <i>versus</i> valores observados experimentalmente.	135
Figura 7 – Superfícies de resposta para os valores de (a) L*; (b) a*, (c) b*, (d) C* e (e) ΔE.....	136
Figura 8 – Valores previstos de volume específico e densidade <i>versus</i> valores observados experimentalmente de <i>spreads</i> de chocolate.....	141
Figura 9 – Superfícies de resposta para o volume específico e densidade de <i>spreads</i> de chocolate.....	142
Figura 10 – Valores previstos de atividade de água <i>versus</i> valores observados em <i>spreads</i> de chocolate.....	145
Figura 11 – Superfície de resposta para atividade de água de <i>spreads</i> de chocolate.....	146
Figura 12 – Valores previstos <i>versus</i> observados dos parâmetros reológicos dos <i>spreads</i> de chocolate.....	157
Figura 13 – Superfícies de respostas para o comportamento reológico dos <i>spreads</i> de chocolate.....	158
Figura 14 – Influência da concentração de gelatina no conteúdo de proteínas das formulações de <i>spreads</i> de chocolate.....	163

Capítulo 4

Figura 1 – Consistência das formulações de <i>spread</i> de chocolate em temperaturas de a) 10 °C, b) 20 °C e c) 30 °C.....	190
Figura 2 – Curva de conteúdo de gordura sólida da gordura vegetal Al Bake P41 LT fornecida pelo fabricante, Cargill®.....	192
Figura 3 – Valores observados <i>versus</i> valores previstos pelos modelos para consistência de <i>spreads</i> de chocolate nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C.....	197
Figura 4 – Superfícies de respostas para consistência de <i>spreads</i> de chocolate em diferentes temperaturas: (a) 10 °C; (b) 20 °C; (c) 30 °C.....	198
Figura 5 – Consistência <i>versus</i> tempo de armazenamento dos <i>spreads</i> de chocolate a 10 °C.....	202
Figura 6 – Consistência <i>versus</i> tempo de armazenamento dos <i>spreads</i> de chocolate a 20 °C.....	204
Figura 7 – Consistência <i>versus</i> tempo de armazenamento dos <i>spreads</i> de chocolate a 30 °C.....	205
Figura 8 – Amostras das formulações de <i>spread</i> de chocolate fornecidas na análise sensorial.....	209

Figura 9 – Distribuição em escala hedônica das médias obtidas dos atributos sensoriais das formulações de <i>spread</i> de chocolate.	212
Figura 10 – Frequência dos valores atribuídos em intenção de compra das formulações de <i>spread</i> de chocolate.	213
Figura 11 – Aparência geral das formulações de <i>spread</i> de chocolate com 50 % (a) e 75 % de substituição de gordura (b).	214

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Capítulo 1

Quadro 1 – A multifuncionalidade da gelatina na produção de alguns alimentos.	40
---	----

Capítulo 2

Tabela 1 – Composição centesimal das amostras de matéria-prima e gelatina.	96
Tabela 2 – Parâmetros de cor dos géis de gelatina de peles e tendões dos pés de frango.....	99
Tabela 3 – Força de gel das gelatinas comercial e de peles e tendões dos pés de frango em diferentes concentrações.	101
Tabela 4 – Perfil de textura de gelatina de peles e tendões de pés de frango.....	103

Capítulo 3

Tabela 1 – Formulação controle de <i>spread</i> de chocolate.....	119
Tabela 2 – Delineamento central composto rotacional (DCCR) com valores codificados e reais	119
Tabela 3 – Proporções dos ingredientes nas formulações desenvolvidas	122
Tabela 4 – Parâmetros de cor das formulações de <i>spread</i> de chocolate.....	129
Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para o valor de L^*	130
Tabela 6 – Estimativa dos efeitos para o valor de a^*	131
Tabela 7 – Estimativa dos efeitos para o valor de b^*	131
Tabela 8 – Estimativa dos efeitos para o valor de chroma (C^*)	132
Tabela 9 – Estimativa dos efeitos para o valor do ângulo hue (h^0).....	133
Tabela 10 – Estimativa dos efeitos para o valor da diferença total de cor (ΔE)	134
Tabela 11 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelos matemáticos para os parâmetros de cor.	134
Tabela 12 – Valores de volume específico e densidade das formulações de <i>spread</i> de chocolate	138
Tabela 13 – Estimativa dos efeitos para o volume das formulações de <i>spread</i> de chocolate	138
Tabela 14 – Estimativa dos efeitos para a densidade das formulações de <i>spread</i> de chocolate.	139
Tabela 15 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelos matemáticos para o volume específico e densidade de <i>spreads</i> de chocolate.	141
Tabela 16 – Valores de atividade de água (a_w) das formulações de <i>spread</i> de chocolate.	143

Tabela 17 – Estimativa dos efeitos para a atividade de água (a_w) de <i>spread</i> de chocolate.	144
Tabela 18 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelo matemático para atividade de água de <i>spreads</i> de chocolate.....	145
Tabela 19 – Propriedades reológicas das formulações de <i>spread</i> de chocolate obtidas por análise de <i>back extrusion</i> a 28 °C.....	147
Tabela 20 – Estimativa dos efeitos para o <i>Break point</i> (N) em <i>spreads</i> de chocolate.	148
Tabela 21 – Estimativa dos efeitos para a Firmeza (N) em <i>spreads</i> de chocolate	149
Tabela 22 – Estimativa dos efeitos para o Coeficiente de consistência (N.s) em <i>spreads</i> de chocolate.....	150
Tabela 23 – Estimativa dos efeitos para a Coesividade (N) em <i>spreads</i> de chocolate.....	151
Tabela 24 – Estimativa dos efeitos para o Índice de viscosidade (N.s) em <i>spreads</i> de chocolate.	153
Tabela 25 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelo matemático para os parâmetros reológicos em <i>spreads</i> de chocolate.....	156
Tabela 26 – Composição nutricional encontrada nos rótulos de alguns <i>spreads</i> de chocolate comercializados.....	160
Tabela 27 – Composição centesimal das formulações de <i>spread</i> de chocolate.	161

Capítulo 4

Tabela 1 – Formulações de <i>spread</i> de chocolate testadas na análise sensorial.....	185
Tabela 2 – Classificação de espalhabilidade de produtos com alto teor lipídico em função da tensão de cisalhamento.	188
Tabela 3 – Delineamento experimental (DCCR) com variáveis independentes e resultados de consistência de <i>spread</i> de chocolate com 24h de produção.	189
Tabela 4 – Estimativa dos efeitos para a consistência a 10 °C.....	194
Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para a consistência a 20 °C.....	195
Tabela 6 – Estimativa dos efeitos para a consistência a 30 °C.....	196
Tabela 7 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelo matemático para consistência (N/cm ²).	196
Tabela 8 – Estudo da consistência (N/cm ²) dos <i>spreads</i> de chocolate em função da temperatura e tempo de armazenamento.....	200
Tabela 9 – Vida de prateleira das formulações de <i>spread</i> de chocolate segundo a deterioração microbiológica visual.	206
Tabela 10 – Avaliação sensorial dos <i>spreads</i> de chocolate formulados.	209
Tabela 11 – Custos das formulações de <i>spread</i> de chocolate com adição de gelatina de subproduto de frango.	216

LISTA DE ABREVIATURAS

ABICAB	Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ADA	Associação Americana Dietética
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
BOD	Demanda bioquímica do oxigênio
BSE	Encefalopatia Espongiforme Bovina
CAOBISCO	Association of the Chocolate, Biscuit and Confectionery Industries of the E.U.
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
CHO	Carboidratos totais
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
DCCR	Delineamento Central Composto Rotacional
DP	Desvio padrão
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCF	Faculdade de Ciências Farmacêuticas
GMIA	Gelatin Manufacturers Institute of America
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
ICCO	International Cocoa Organization
ICMSF	International Commission on Microbiological Specifications for Foods
MSR	Metodologia de superfície de resposta
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
TAGs	Triacilgliceróis
TPA	Texture profile analysis
UBABEF	União Brasileira da Avicultura
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
USP	Universidade de São Paulo
VCT	Valor calórico total

LISTA DE SIMBOLOS

α	Alpha
h°	Ângulo hue
β	Beta
β'	Beta prima
k	Coeficiente de consistência
R^2	Coeficiente de determinação
a^*	Coordenada cromática do vermelho para o verde
b^*	Coordenada cromática do azul para o amarelo
C^*	Chroma
ΔE	Diferença total de cor
n	Índice de viscosidade
L^*	Luminosidade
N	Newton
$\dot{\gamma}$	Taxa de cisalhamento
σ_0	Tensão inicial de cisalhamento
σ	Tensão de cisalhamento
y	Variável resposta

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 1	
REVISÃO DE LITERATURA	23
1.1 Chocolate e derivados.....	23
1.1.1 Aspectos de produção e consumo	23
1.1.2 Propriedades nutricionais e funcionais	24
1.1.3 Tendências de produtos derivados de chocolate	27
1.1.4 Microestrutura de <i>spreads</i>	30
1.2. Hidrocolóides.....	32
1.3 Gelatina	34
1.3.1 Propriedades funcionais e aplicações da gelatina.....	35
1.3.2 Preparação industrial da gelatina	42
1.4 Panorama nacional da carne de frango	45
1.4.1 Aproveitamento dos pés de frango.....	48
1.5 Propriedades físicas em testes experimentais de alimentos	51
1.5.1 Textura de alimentos	51
1.5.1.1 <i>Perfil de textura instrumental (TPA)</i>	52
1.5.1.3 <i>Teste de penetração</i>	53
1.5.1.2 <i>Análise de compressão-extrusão (Back extrusion)</i>	54
1.5.2 Cor	55
1.6 Delineamento experimental e metodologia de superfície de resposta	57
1.7 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CAPÍTULO 2	
EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELATINA OBTIDA DE SUBPRODUTO DE FRANGO	81
2.1 INTRODUÇÃO	83
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
2.2.1 Fonte e preparo da matéria-prima.....	85
2.2.2 Extração da gelatina	85
2.2.3 Rendimento de extração	88
2.2.4 Propriedades físico-químicas.....	89
2.2.4.1 <i>Umidade</i>	89
2.2.4.2 <i>Resíduos minerais</i>	89
2.2.4.3 <i>Proteína</i>	89

2.2.4.4 Teor de lipídios	89
2.2.4.5 Determinação de pH da solução de gelatina	90
2.2.4.6 Análise de cor	90
2.2.4.7 Força do gel	90
2.2.4.8 Análise do perfil de textura	91
2.2.5 Análise estatística	91
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
2.3.1 Rendimento da extração do material colagenoso	92
2.3.2 Conteúdo de resíduos minerais	94
2.3.3 Composição centesimal	96
2.3.4 Determinação do pH	98
2.3.5 Análise de cor	99
2.3.6 Força de gel	100
2.3.7 Análise do Perfil de textura	103
2.4 CONCLUSÕES	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

CAPÍTULO 3

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE GELATINA OBTIDA DE SUBPRODUTO DE FRANGO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS DE SPREAD DE CHOCOLATE	111
3.1 INTRODUÇÃO	113
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	118
3.2.1 Material	118
3.2.2 Desenvolvimento das formulações	118
3.2.3 Caracterização físico-química das formulações	123
3.2.3.1 Volume e densidade	123
3.2.3.2 Atividade água	124
3.2.3.3 Determinação de cor	124
3.2.3.4 Umidade	124
3.2.3.5 Resíduo mineral	125
3.2.3.6 Proteínas	125
3.2.3.7 Teor de lipídeos	125
3.2.3.8 Carboidratos totais	125
3.2.3.9 Valor calórico	125
3.2.3.10 Análise de compressão-extrusão (<i>back extrusion</i>)	126
3.2.4 Análise estatística	126
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	127
3.3.1 Efeitos da substituição de gordura nas propriedades físico-químicas dos <i>spreads</i> de chocolate	128

3.3.1.1 Parâmetros de cor.....	128
3.3.1.2 Volume e densidade.....	137
3.3.1.3 Atividade de água.....	142
3.3.1.4 Análise de compressão-extrusão (<i>back extrusion</i>).....	147
3.3.2 Composição centesimal.....	159
3.4 CONCLUSÕES	164
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

CAPÍTULO 4

INFLUÊNCIA DA GELATINA DE SUBPRODUTO DE FRANGO NAS PROPRIEDADES SENSORIAIS E ESTABILIDADE DE SPREAD DE CHOCOLATE.....	177
4.1 INTRODUÇÃO	179
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	182
4.2.1 Subproduto de frango	182
4.2.1.1 Processo de extração da gelatina	182
4.2.2 Elaboração dos <i>spreads</i> de chocolate	183
4.2.3 Análise de consistência.....	184
4.2.4 Análise de custos das formulações	185
4.2.5 Análise sensorial	185
4.2.6 Análise estatística	187
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	187
4.3.1 Consistência	187
4.3.2 Vida de prateleira (<i>Shelf-life</i>) dos <i>spreads</i> de chocolate	199
4.3.3 Análise sensorial	208
4.3.4 Análise de custos das formulações	215
4.4 CONCLUSÕES	217
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	219
CONSIDERAÇÕES FINAIS	225
ANEXOS	227

INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o terceiro lugar no *ranking* dos países produtores de chocolate e está em quarto lugar entre os países consumidores de chocolate e derivados no mundo (ABICAB, 2015). Segundo pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE, 2013) o chocolate está entre os produtos que mais despertam o desejo do consumidor.

Apesar de o seu consumo excessivo ter sido relacionado ao risco de ganho de peso, já que o chocolate possui um elevado nível energético, o consumo moderado pode trazer uma série de benefícios à saúde (FERNÁNDEZ-MURGA et al., 2011; KATZ et al., 2011). Tais benefícios estão relacionados com a presença de polifenóis que possuem efeitos antioxidantes dentre outros e das metilxantinas, que incluem a cafeína e teobromina, que por sua vez desempenham função de estimulação do sistema nervoso central (SNC) (LAMBERT, 2009), sendo considerado, portanto, um alimento com propriedades funcionais (FERNÁNDEZ-MURGA et al., 2011).

Os alimentos funcionais, segundo Ziegler (2006), correspondem a uma crescente fatia do mercado mundial de alimentos e isto se deve ao progressivo interesse dos consumidores que buscam nesses alimentos, além da sua função básica de nutrir, benefícios adicionais à saúde.

A crescente preocupação com a relação entre saúde, a alimentação e a manutenção do peso saudável, impulsionou o mercado de alimentos com reduzido valor energético, destacando-se nos ingredientes os substitutos de gordura (SANTOS, 2009).

O *spread* de chocolate é considerado uma pasta espalhável consumida tradicionalmente em pães (JEYARANI et al., 2015) e de acordo com Richter e Lannes (2007), os ingredientes utilizados na formulação de produtos a base de chocolate, como o *spread*, apresentam funcionalidades variadas, cujo conhecimento é de grande importância para quem formula e, segundo Pinheiro e Penna (2004), nas formulações de produtos com baixos teores energéticos, dentre outros constituintes, estão os hidrocolóides que podem ser utilizados como substitutos da gordura.

Os hidrocolóides estão presentes em muitos alimentos processados, afetando significativamente a aparência, as propriedades físicas e a vida de prateleira desses produtos (NUSSINOVITCH, 1997) os quais, podem ser obtidos de diversas fontes, tais como: grãos, algas, sementes, vegetais, síntese microbiana e animais como o caso da gelatina (PINHEIRO, PENNA, 2004; RIBEIRO, SERAVALLI, 2007; GAVA, 2008).

O colágeno é uma proteína fibrosa (HAO et al., 2009) e como tal, possui a propriedade de formar gel das proteínas e como ingredientes de substituição de gorduras em alimentos fornecem efeitos de espessamento, lubrificação e cobertura bucal (LINDSAY, 2010). Colágeno é uma proteína com características únicas por formar géis termorreversíveis com ponto de fusão próximo da temperatura corporal (ACHET, HE, 1995; NORZIAH et al., 2009), sendo o hidrocolóide que fornece o maior número de possibilidades para o desenvolvimento de produtos (SCHRIEBER, GAREIS, 2007). Além de haver uma vantagem econômica, já que o colágeno é abundante e de baixo custo (ZIEGLER, 2006).

As gelatinas tradicionais encontradas no mercado são obtidas por hidrólise parcial do colágeno oriundo de pele de suíno, couro e ossos de bovinos (ALFARO, 2008; GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002). No entanto, devido a questões de saúde pública, como a ocorrência de doenças em bovinos, e religiosas como é o caso de suínos não serem aceitos por algumas religiões (WILLIAMS, PHILLIPS, 2000; HOWELL, BADII, 2004; CHO et al., 2005; DHARA et al., 2013), e ainda devido ao crescente interesse na valorização econômica de subprodutos industriais com novas aplicações potenciais (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011), cresce a demanda por fontes alternativas de gelatina.

O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo (ABPA, 2015), gerando com isso grandes quantidades de subprodutos, como os pés de frango (PADILHA et al., 2006), que por sua vez são ricos em colágeno e podem ser aproveitados para a produção de gelatina (LIU et al., 2001; ALMEIDA et al., 2012a; ALMEIDA et al., 2012b; FERREIRA, 2013; RAFIEIAN et al., 2013; SARBON et al., 2013; WIDYASARI, RAWDKUEN, 2014). A espécie animal, tipo de tecido e ainda a metodologia empregada na extração podem influenciar as propriedades físico-químicas da gelatina (CHEOW et al., 2007), as quais são cruciais para sua aplicação, determinando a sua qualidade (YANG, WANG, 2009).

Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi a aplicação da gelatina obtida de pés de frango em *spread* de chocolate, atuando na substituição de gordura.

Objetivos específicos

- Otimizar o processo de extração de gelatina de diferentes partes dos pés de frango e identificar o ponto de obtenção dos produtos com melhores características;
- Caracterizar a gelatina quanto à composição centesimal, análise do perfil de textura (TPA), cor e força do gel (*Bloom*);
- Verificar o comportamento dos géis de gelatina em diferentes concentrações;
- Proceder à aplicação da gelatina em *spread* de chocolate como substituto parcial de gordura por meio de planejamento experimental;
- Analisar as propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais das formulações;
- Realizar o acompanhamento da vida de prateleira (*shelf life*) dos produtos.

Estrutura da tese

Para atingir os objetivos citados a tese foi estruturada em capítulos que estão descritos a seguir:

Capítulo 1: “Revisão de Literatura” que consiste no embasamento teórico fundamental sobre os principais temas envolvidos neste trabalho.

Capítulo 2: “Extração e caracterização físico-química de gelatina obtida de subproduto de frango” – Neste capítulo apresenta-se um estudo sobre a influência das diferentes partes dos pés de frango no rendimento e resíduos minerais da gelatina extraída, com posterior caracterização da mesma quanto à composição centesimal, perfil de textura, pH, cor e força do gel (*Bloom*) analisando o comportamento dos géis em diferentes concentrações de forma a obter um produto com características adequadas ao consumo.

Capítulo 3: “Efeitos da aplicação de gelatina obtida de subproduto de frango nas propriedades físico-químicas e reológicas de *spread* de chocolate”

Neste capítulo realizou-se a formulação de *spreads* de chocolate utilizando planejamento experimental central composto rotacional (DCCR) variando os níveis de substituição de gordura e concentrações de gelatina. Foram avaliados os efeitos sobre as características físico-químicas e reológicas das formulações por meio do uso de metodologia de superfície de resposta, além da determinação da composição nutricional das formulações.

Capítulo 4: “Influência da gelatina de subproduto de frango nas propriedades sensoriais e estabilidade de *spread* de chocolate”

Esta seção teve como objetivo a investigação dos efeitos da adição de gelatina de subproduto de frango na espalhabilidade do *spread* de chocolate em diferentes temperaturas de armazenamento utilizando metodologia de superfície de resposta. A estabilidade durante a vida de prateleira foi avaliada por meio de testes de consistência e a aceitabilidade dos consumidores por análise das propriedades sensoriais.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Chocolate e derivados

Por definição, segundo a legislação brasileira, o chocolate é 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. O produto pode apresentar recheio, cobertura, formato e consistência variados (ANVISA, 2005).

O chocolate apresenta duas grandes características distintas: o sabor e a textura. Um aspecto principal da textura do chocolate se deve ao fato de que o mesmo deve ser sólido à temperatura ambiente (20 a 25 °C) e derreter rapidamente na boca (37 °C) originando um líquido que proporciona uma sensação suave na língua (BECKETT, 2009).

1.1.1 Aspectos de produção e consumo

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (ABICAB, 2015), o Brasil é o terceiro em produção de chocolate do mundo, com cerca de 781 mil toneladas em 2014, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e Alemanha.

O aumento nos níveis de vida, o desenvolvimento de novos produtos, bem como a utilização de propaganda e campanhas promocionais têm contribuído para o aumento no consumo de produtos de chocolate na maioria dos países nos últimos anos, incluindo os Estados Unidos, Brasil, Japão, Austrália e os principais países europeus (ICCO, 2013). Atualmente, o consumo *per capita* de chocolate é de 2,8 kg/hab incluindo bombons, barras de chocolate, dentre outros. Esses resultados refletem o aumento da renda da população, com ascensão da nova classe média que incluiu o chocolate na alimentação, além do investimento das indústrias em novas tecnologias e qualificação profissional dos funcionários (ABICAB, 2013, 2015).

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE, 2014), cerca de 75 % da população consome chocolate e 35 % não o troca por outro alimento ou bebida, revelando que mais de sete em cada dez brasileiros consomem chocolate. A difusão do produto é alta em todas as classes sociais brasileiras e se intensifica no consumo apresentado pelo público feminino representando 56 %.

1.1.2 Propriedades nutricionais e funcionais

O chocolate é um produto muito energético e apreciado desde o século XVII (QUAST et al., 2011), sendo que a sua composição nutricional e propriedades funcionais são dependentes do nível de sólidos de cacau e outros ingredientes nele presentes. Em geral, as calorias encontradas no chocolate são provenientes de nutrientes como gordura, carboidratos e proteínas (MOROS et al., 2007; LAMBERT, 2009). É composto basicamente por manteiga de cacau, *liquor*, açúcar, aromas e aditivos, podendo ter ou não a presença de leite em pó (QUAST et al., 2011).

A gordura do chocolate é composta principalmente de manteiga de cacau e gordura do leite sendo que a manteiga de cacau apresenta cerca de 34 % de ácido esteárico, um ácido graxo saturado que tem pouco efeito sobre os níveis de colesterol. Possui também cerca de 34 % de ácido oleico, um ácido graxo monoinsaturado conhecido por ser neutro ou reduzir o colesterol no sangue, e mais de 27 % de ácido palmítico, um ácido graxo saturado que possui propriedades moderadas de elevação do colesterol. Dos 5 % restantes, a maior parte é composta por gorduras poli-insaturadas, sendo livre de gorduras *trans* (BECKETT, 2008; LAMBERT, 2009).

Quanto às proteínas, elas estão presentes tanto no cacau, quanto nas partículas de leite, sendo que a proteína do leite apresenta um valor nutricional maior que a proteína do cacau. Tanto os chocolates ao leite como o branco apresentam maior quantidade de proteína que o chocolate amargo (MOROS et al., 2007; BECKETT, 2008).

O chocolate possui também minerais essenciais, incluindo ferro, cobre, zinco, magnésio, fósforo, manganês e potássio, os quais têm um papel importante no metabolismo do corpo humano e maior conteúdo de cálcio no chocolate ao leite (LAMBERT, 2009).

Os carboidratos sob a forma de açúcares estão presentes em grandes quantidades nos produtos de chocolate (MOROS et al., 2007) e embora tal fato possa propiciar o aparecimento de cáries dentárias, o chocolate apresenta componentes chamados taninos que possuem atividade de inibição enzimática, responsáveis por diminuir o crescimento da placa bacteriana. Os taninos por sua vez são componentes que contribuem para a cor e sabor do chocolate e fazem parte de um grupo químico conhecido como polifenóis (BECKETT, 2008).

Durante o consumo de chocolate ocorre uma variedade de estímulos que provocam o bem estar no cérebro humano (AFOAKWA et al., 2007). Há algumas evidências de que o consumo de chocolate pode melhorar o humor (BECKETT, 2008; KATZ et al., 2011), provavelmente por possuir a combinação de sabor agradável, sensação de derretimento na boca (*"melt-in-the-mouth"*) e suavidade, propriedades extremamente atraentes que podem desencadear a liberação de endorfinas cerebrais (BECKETT, 2008).

Os polifenóis possuem elevada capacidade antioxidante (JALIL, ISMAIL, 2008; BELSCAK et al., 2009; KATZ et al., 2011; CARRILLO et al., 2013; SOKOLOV et al., 2013) e se tornaram um foco de intenso interesse de pesquisa devido aos seus efeitos perceptíveis benéficos à saúde, tais como anticancerígenos, anticoagulante, vasodilatador, antimicrobianos e propriedades anti-inflamatórias que podem contribuir no combate de distúrbios cerebrais depressivos, além de estar associado na diminuição do risco de doenças cardiovasculares (WOLLGAST, ANKLAM, 2000; MONAHAN et al., 2012; SOKOLOV et al., 2013; SMITH, 2013).

De acordo com Jalil e Ismail (2008), Belscak et al. (2009) e Carrillo et al. (2013), a presença desse grupo químico em produtos derivados do cacau pode ter influenciado no aumento do consumo demonstrado pelas novas tendências de mercado de alimentos, uma vez que têm grande aceitação por parte dos consumidores.

Segundo Katz et al. (2011), o cacau contém mais compostos fenólicos que a maioria dos alimentos, com predominância dos flavonoides que apresentam efeitos cardiovasculares por meio de funções anti-inflamatórias protegendo os nervos de

lesões e inflamações, protegem a pele de danos oxidativos, estimulam o sistema imune e ainda apresentam efeitos benéficos sobre a saciedade.

Fernández-Murga et al. (2011) ressaltam que o consumo de chocolate tem sido envolvido na modulação protetiva da pressão sanguínea, do perfil lipídico, na ativação de plaquetas e da sensibilidade à insulina, no entanto há necessidade de estudos mais aprofundados.

Além dos compostos citados, o chocolate apresenta ainda as metilxantinas, pertencentes a um grupo de compostos químicos denominados alcaloides que podem produzir efeitos fisiológicos no organismo humano e também estão presentes no chocolate a cafeína, teobromina e teofilina, que por sua vez, estimulam o sistema nervoso central (SALDAÑA, 2002; BECKETT, 2008).

A teobromina, apesar de estar em maior quantidade, é menos eficaz em seu efeito estimulante comparado à cafeína (BECKETT, 2008).

Os tipos de chocolates que demonstram efeitos positivos na saúde cardiovascular são os que apresentam um percentual de cacau mais elevado (D'EL-REI, MEDEIROS, 2011).

Baba et al. (2007) verificaram a diminuição do colesterol LDL no plasma com o consumo de 13 g por dia de cacau em pó.

De acordo com levantamentos realizados por Efraim (2011), em geral, a ingestão de cerca de 40 a 80 g de chocolate amargo e 18 g de cacau em pó diluído em 100 mL de água seriam suficientes para se alcançar efeitos benéficos à saúde conferidos pela ação desses compostos funcionais.

Já D'el-Rei e Medeiros (2011) ressaltaram que a quantidade recomendada de consumo ainda não está bem estabelecida, com ampla variação em torno de 6 g a 100 g de chocolate por dia.

Embora o chocolate e derivados tenham propriedades muito positivas para a saúde, o produto apresenta elevada densidade de energia e que de acordo com Katz et al. (2011) e Fernández-Murga et al. (2011), potencializam os efeitos nocivos do consumo excessivo, incluindo o aumento do risco de ganho de peso, mas em geral, as pesquisas até o momento sugerem que os benefícios e o consumo moderado provavelmente superam os riscos.

1.1.3 Tendências de produtos derivados de chocolate

Desenvolver novos produtos é uma tarefa desafiadora e lançar no mercado alimentos diferenciados que envolvam o consumidor em novas experiências torna esta tarefa um desafio que deve ser amplamente estudado (SCHUMACHER, 2008). Tal desenvolvimento, incluindo os “alimentos funcionais” com ingredientes saudáveis (que fornecem benefícios à saúde além da nutrição básica), estão desempenhando um papel importante na tendência de crescimento do mercado de produtos de confeitaria e a demanda por produtos como o chocolate, em particular, surgiu em resposta a esses resultados positivos (ICCO, 2013).

Os produtos de chocolate são importantes, especialmente para as crianças (EL-KALYOUBI et al., 2011) e desses, os mais comumente apreciados pelos consumidores são as coberturas, recheios, ganaches, produtos moldados (barras), bombons, trufas, *fondue*, *spread* e versões deste contendo substituintes de gorduras (RICHTER, LANNES, 2007).

Entende-se por *fondue* de chocolate como uma formulação de consistência sólida ou semissólida à temperatura ambiente, que é consumido fundido e sob aquecimento, podendo conter chocolate amargo, ao leite ou branco além de outros ingredientes (GONÇALVES, 2011).

Já o *spread* de chocolate apresenta uma formulação na qual o chocolate não se solidifica a temperatura ambiente, apresentando uma consistência cremosa, sendo consumido tradicionalmente em pães e outros produtos (JEYARANI et al., 2015). É formulado basicamente a partir de sólidos de cacau, óleo vegetal, leite desnatado, açúcar e agentes flavorizantes como avelãs, sendo esta categoria representada pela marca comercial Nutella®, mais conhecida mundialmente (GONÇALVES, 2011).

De acordo com as Normas para *Spreads* de Gorduras e Misturas do Codex Alimentarius (2007), as gorduras ou misturas denominadas “*spreads*” são alimentos com características de emulsões plásticas ou fluídas, principalmente de água, óleos e gorduras comestíveis.

Segundo o Codex Alimentarius (1995), *spreads* à base de cacau, incluindo recheios são definidos como produtos em que o cacau é misturado com outros ingredientes (geralmente à base de gordura) para preparar uma pasta que é usada

como um *spread* (espalhável) para pães ou como recheio para produtos de confeitaria. Os exemplos incluem: manteiga de cacau, recheios para bombons, chocolates e tortas e ainda *spreads* baseados em nozes com chocolate para pães (produto tipo Nutella®).

A Associação Americana Dietética (ADA) atribui a epidemia da obesidade a um desequilíbrio de energia, principalmente por causa do aumento do consumo de alimentos com alto teor energético e/ou estilo de vida sedentária (ADA, 2005), dessa forma, aspectos como nutrição, segurança, sabor, cor e textura em produtos de confeitaria fazem parte das exigências dos consumidores (CAOBISCO, 2013). A indústria alimentícia têm respondido às diretivas das dietas de promoção da saúde desenvolvendo novos produtos alimentícios com teores reduzidos de gordura (STEWART-KNOX et al., 2003), alto teor de fibras e proteína (REZENDE, 2013).

Para atender a essas expectativas são utilizados vários ingredientes com funções tecnológicas distintas (CAOBISCO, 2013). Na indústria de chocolate, a maioria dos ingredientes, tais como: o cacau, açúcar, manteiga de cacau, gorduras, emulsificantes e aromas desempenham um papel importante na qualidade do produto (EL-KALYOUBI et al., 2011). De acordo com Afoakwa et al. (2007), as propriedades físicas e a percepção sensorial são influenciadas, em grande parte, pela composição dos ingredientes, que por sua vez podem ser manipulados de forma a melhorar os atributos do chocolate.

Nesse sentido, várias formulações de produtos contendo chocolate têm sido alvo de estudos visando a melhoria dos aspectos nutricionais, reológicos e sensoriais tais como: substituição de corantes e aromas por frutas (MIQUELIM et al., 2008; FAVA, 2010; MIQUELIM et al., 2011) substituição de açúcar e gordura em bombons (GOMES et al., 2007; RICHTER, LANNES, 2007); desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja, como substituto de gordura (BOFF et al., 2013); formulação de chocolate sem sacarose enriquecidos com fibras alimentares como a inulina, que possui propriedades prebióticas (REZENDE, 2013).

Destaca-se ainda a adição de quinoa e caseína em chocolate amargo em busca de produto com maior conteúdo proteico (SCHUMACHER, 2008); elaboração de recheios para produtos de confeitaria contendo quinoa, suco de laranja concentrado e colágeno hidrolisado com variação nas formulações utilizando sucralose, goma xantana e quitosana (SALAS, 2011); substituição da gordura hydrogenada por gordura de palma em sorvetes, além da aplicação de quitosana e

extrato aquoso de aveia (SILVA JUNIOR, 2008) e substituição parcial de gordura por gelatina em chocolate (SCHNEIDER, SOUZA, 2009).

Além de estudos com foco mais específico em *spreads* de chocolate, destacando-se: a utilização de óleo de soja e de coco na formulação (JEYARANI et al., 2015); incorporação de proteína do soro do leite, azeite de oliva e manteiga (KUMAR et al., 2014); *spread* de cacau contendo lecitinas de diferentes origens (LONCAREVIC et al., 2016); utilização de oleína de palma vermelha em substituição da manteiga (EL-HADAD et al., 2011); substituição do óleo de palma por oleína de palma e óleo de semente de algodão (EL-KALYOUTI et al., 2011) e aplicação de gel de maltodextrina como substituto de gordura (HADNADEV et al., 2014).

As gorduras desempenham diversas e importantes funções no organismo e na formulação dos alimentos. Elas contribuem para o sabor, cremosidade, aparência, aroma, odor e sensação de saciedade após as refeições, além de outros atributos sensoriais altamente desejáveis como maciez e suculência (PINHEIRO, PENNA, 2004; KOLAKOWSKA, SIKORSKI, 2011; WU et al., 2013).

A gordura possui forte influência sobre a estrutura dos alimentos, tais como: aeração e luminosidade, propriedades reológicas (fluidez, viscosidade, plasticidade, espalhabilidade e textura) e características sensoriais (cor, sabor, odor, crocância, cremosidade e ponto de fusão na boca) (ADA, 2005; SIKORSKI, 2006; RIOS et al., 2014).

A inclusão de alimentos com baixo teor de gordura na alimentação diária dos consumidores proporciona o potencial para reduzir a gordura da dieta total e há a necessidade de se explorar e inovar os substitutos de gordura "naturais" para melhorar a qualidade sensorial desses produtos com reduzido teor de gordura (HILL et al., 2002).

Existem várias possibilidades, na área de alimentos, de novos agentes que possam substituir a gordura do chocolate e proporcionar benefícios para a saúde (RIOS et al., 2014). Tal substituição não deve interferir nos aspectos sensoriais, ou seja, deve manter as características organolépticas e paralelamente atribuir benefícios à saúde (SCHNEIDER, SOUZA, 2009; MACHADO, 2012; BOFF et al., 2013).

Rios et al. (2014) destacaram que o desenvolvimento bem sucedido dos produtos com teor reduzido de gordura ainda é um desafio, devido a gordura desempenhar múltiplas funções na determinação dos atributos físico-químicos e

sensoriais desejáveis em um alimento, e em razão dos consumidores esperarem por produtos com características semelhantes às do produto original.

Segundo Pinheiro e Penna (2004), a substituição da gordura na formulação de um produto é um processo muito complexo, pois compromete importantes propriedades sensoriais dos alimentos. Porém, de acordo com Santos (2009) é possível substituir parcial ou totalmente a gordura dependendo do alimento, das características inerentes à gordura que se deseja substituir e do tipo de substituto escolhido.

Os substitutos de gordura representam uma ampla classe de compostos químicos com uma diversidade de propriedades físico-químicas, sensoriais e funcionais (SANTOS, 2009). Trata-se de compostos com propriedades semelhantes às das gorduras (DIAS, 2007), que podem ser oriundos de carboidratos, proteínas e lipídeos (SIVIERI, OLIVEIRA, 2002) e promovem uma redução significativa do teor de gordura e energia dos alimentos (SANTOS, 2009), podendo-se obter alimentos com designação light/diet.

Segundo a legislação, o termo "light" pode ser utilizado em alimentos com redução de no mínimo 25 % do valor calórico e/ou os seguintes nutrientes: açúcares, gordura saturada, gorduras totais, colesterol e sódio comparado com o produto tradicional ou similar de marcas diferentes (ANVISA, 1998a). Já o termo "diet" pode, opcionalmente, ser utilizado para os alimentos destinados às pessoas que necessitam de dietas com restrição de nutrientes, como: carboidratos, gorduras, proteínas e sódio, e com ingestão controlada de açúcares (ANVISA, 1998b).

1.1.4 Microestrutura de *spreads*

A textura e estabilidade de um *spread* são determinadas geralmente pela microestrutura da emulsão, que envolve aspectos como as propriedades mecânicas de ambas as fases contínuas e dispersas, a fração de volume e tamanho das gotículas da fase dispersa, e as propriedades de interface entre a fase contínua e dispersa (BOT et al., 2003).

Uma emulsão consiste em dois líquidos imiscíveis (geralmente óleo e água) com um dos líquidos sendo dispersos em pequenas gotas esféricas e o termo “estabilidade de uma emulsão” é amplamente utilizado para descrever a habilidade da mesma em resistir a alterações em suas propriedades com o tempo (MCCLEMENTS, 2016).

Para se alcançar a estabilidade de uma emulsão é necessário que a formulação contenha pelo menos três componentes, uma fase contínua, uma fase dispersa e um emulsificante. Para típicos *spreads*, resume-se em possuir uma fase lipídica, aquosa e uma interface (BOT et al., 2007).

No entanto, os alimentos emulsionados de acordo com Hasenhuetti (1997), são sistemas extraordinariamente complexos, tidos tipicamente como misturas de carboidratos, lipídios, proteínas, sais e ácidos considerando-se que, segundo Coupland (2007), os componentes óleo e água são insolúveis entre si, ainda que coexistam frequentemente em alimentos sob a forma de emulsões, sendo, portanto, uma das preocupações no desenvolvimento de produtos *low-fat* com acréscimo da fase aquosa.

A fase lipídica da emulsão é tipicamente composta por triacilgliceróis (TAGs), sendo que a constituição desses componentes é fundamental na determinação de diferenças entre os lipídios, como a quantidade de gordura sólida que está relacionada ao nível de ácidos graxos saturados na mistura específica de triacilgliceróis (BOT et al., 2007). As gorduras existem em diversas estruturas cristalinas que exibem propriedades físicas que influenciam seu comportamento de forma diferente (PEYRONEL et al., 2010).

Os triacilgliceróis manifestam um fenômeno conhecido como *polimorfismo* monotrópico, que é a capacidade de um material existir sob a forma de diversas estruturas cristalinas com diferentes empacotamentos moleculares, sendo os tipos mais comuns designados: α , β' e β (MCCLEMENTS, DECKER, 2010).

A estrutura cristalina normal das gorduras em margarinas e *spreads* é a forma β' , presente como uma rede de pequenas agulhas ou plaquetas, proporcionando uma boa consistência plástica (FAERGEMAND, KROG, 2006).

Segundo Peyronel et al. (2010), esta plasticidade resulta do fato de que o material cristalizado forma uma rede de cristais de gordura que aprisiona óleo líquido e as gorduras se comportam como sólidos rígidos até que uma determinada tensão de deformação exceda ao ponto que elas comecem a fluir como um líquido viscoso.

Como os *spreads* com reduzido teor de gordura contém em sua microestrutura elevada proporção de água, é necessária uma mistura de estabilizantes e emulsificantes para manter a faixa de plasticidade desses produtos (KOCHHAR, 1997).

Para a substituição da fase lipídica com incorporação da fase aquosa tem-se utilizado hidrocolóides que permitem obter produtos com características similares aos com gordura e com redução do teor calórico dos alimentos (MACHADO, 2012).

1.2. Hidrocolóides

Hidrocolóides são polímeros de cadeia longa, com alto peso molecular que podem ser extraídos de sementes, algas marinhas, por síntese microbiana, pela modificação de polissacarídeos naturais ou por colágeno animal (RIBEIRO, SERAVALLI, 2007; GAVA, 2008).

Entre as diversas fontes de hidrocolóides estão a carragena e o agar, que são provenientes de algas, goma guar e goma de alfarroba oriundas de sementes de plantas, pectina extraídas de frutas, goma xantana e goma gelana a partir de micro-organismos (FUNAMI, 2011).

Há ainda os extraídos de amido de cereais (grãos e tubérculos), de vegetais como a proteína de soja e de animais como a albumina, caseína e gelatina (PINHEIRO, PENNA, 2004).

Tais compostos têm um papel fundamental no sucesso dos novos produtos com substituição parcial ou total da gordura, pois são importantes componentes da textura dos alimentos devido às suas propriedades hidrofílicas (GARCIA-CRUZ, 2001), e são amplamente utilizados pela indústria alimentícia como agentes geleificantes permitindo a implementação das propriedades reológicas e beneficiamento das características dos produtos alimentícios formulados para fins especiais (GRANADA et al., 2005).

Os hidrocolóides exibem várias funcionalidades nos alimentos, tais como: espessante, gelificante, ligação com a água, dispersante, estabilizante, formação de película, formação de espuma e têm sido utilizados na modificação de textura da

maioria dos alimentos processados, incluindo maionese, molhos, geleias, sorvetes entre outros (FUNAMI, 2011).

Geralmente os hidrocolóides são utilizados em concentrações de no máximo 2 % (LINDSAY, 2010) e apesar de estarem frequentemente presentes em concentrações muito pequenas, os hidrocolóides podem ter uma influência significativa sobre a textura e propriedades organolépticas dos produtos alimentícios (WILLIAMS, PHILLIPS, 2000). Estes polímeros se dissolvem ou se dispersam em água para dar um espessamento ou efeito de aumento de viscosidade (PINHEIRO, PENNA, 2004).

Segundo Granada et al. (2005), isso ocorre devido a sua capacidade de reter grandes quantidades de água que propicia características de textura e baixos níveis de caloria. De acordo com Lindsay (2010), as proteínas em solução fornecem efeitos de espessamento, lubrificação e cobertura bucal, podendo ser úteis como ingredientes de substituição de gorduras em alimentos.

Para Sworn (2004), os hidrocolóides espessantes podem ser considerados como redes de emaranhamento e essa propriedade pode estar relacionada com o tamanho (peso molecular) e número de moléculas (concentração) na solução. Quando a concentração aumenta as moléculas entram em contato umas com as outras e o movimento das mesmas fica restrito no sistema, podendo ser visualizado como um mar de “espaguete emaranhado”.

Na Figura 1 podem ser verificados alguns exemplos de alimentos contendo hidrocolóides comercializados no mercado brasileiro.

Figura 1 – Exemplos de produtos contendo hidrocolóides. Fonte: Hellmann's (2013); Plus Vita (2013), Itambé (2013), Nestlé (2013).

A maionese Hellmann's® em sua versão light contém como espessantes as gomas guar e alfarroba (HELLMANN'S, 2013), responsáveis por proporcionar uma maior estabilidade à emulsão (MA, BOYE, 2013). O pão *light* sete grãos Plus Vita® também utiliza a goma guar (PLUS VITA, 2013), que segundo Sworn (2004) promove um melhor volume em pães.

O iogurte de frutas vermelhas Vitambé Itambé® contém uma combinação de goma xantana com goma guar, enquanto que o queijo tipo *petit suisse* morango Itambezinho® é composto por vários hidrocolóides com funções espessantes tais como: goma guar, goma xantana e goma alfarroba; e com funções estabilizantes: pectina e gelatina (ITAMBÉ, 2013). Já o sorvete picolé Mega Trufa Nestlé® apresenta em sua formulação as gomas jataí, guar e carragena como espessantes (NESTLÉ, 2013).

Um único hidrocolóide é incapaz de realizar todas as funções conhecidas ou desejadas, mas em comparação com outros hidrocolóides a gelatina é muito mais multifuncional. Isto significa que o usuário pode frequentemente aproveitar muitas outras funções complementares além da sua função principal (SCHRIEBER, GAREIS, 2007). De acordo com Williams e Phillips (2003) a gelatina é o segundo hidrocolóide mais utilizado, perdendo só para o amido.

1.3 Gelatina

A gelatina é praticamente insípida e inodora, sólida com aspecto vítreo e quebradiço e coloração levemente amarela. Contém 8-13 % de umidade e uma densidade relativa de 1,3 – 1,4 kg.L⁻¹ (GMIA, 2012). É derivada do colágeno (BRODSKY et al., 2003), sendo que a dissociação térmica ou química das cadeias polipeptídicas do colágeno dá origem à gelatina, onde o colágeno, insolúvel, é convertido em gelatina, solúvel (em temperaturas acima de 50 °C) (ARVANITOYANNIS, 2002). Tal como o produto da hidrólise parcial do colágeno contido em peles, ossos e tendões de animais (BANDEIRA, 2009).

O colágeno é um importante componente das estruturas de apoio nos vertebrados e invertebrados. Nos mamíferos é a proteína corporal mais abundante,

sendo a principal proteína constituinte da pele, tendões, cartilagem, ossos e dos tecidos em geral (SCHOTT, 2001; ARVANITOYANNIS, 2002; BANDEIRA, 2009).

Há cerca de vinte e sete diferentes tipos de colágeno identificados, sendo classificados como colágeno tipo I, que ocorre principalmente no tecido conjuntivo, tais como a pele, ossos e tendões. O colágeno tipo II ocorre quase exclusivamente em tecido de cartilagem, já o colágeno tipo III é fortemente dependente da idade. Peles muito jovens podem conter até 50 %, mas no decurso de tempo, esta é reduzida para 5 a 10 % de colágeno Tipo III. Os outros tipos de colágeno estão presentes apenas em quantidades muito baixas principalmente em órgãos específicos (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

As moléculas de colágeno consistem em três cadeias de polipeptídios dispostos em uma tripla hélice estabilizada por pontes de hidrogênio e ligações hidrofóbicas (WOLF, 2003) e toda a estrutura é estabilizada e reforçada por ligações cruzadas (*cross-links*) na forma de ligações covalentes (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

A massa molar do colágeno pode variar de 100 kDa a 1000 kDa, de acordo com o método de extração e fonte de matéria-prima (ARVANITOYANNIS, 2002). Segundo Eysturskard et al. (2009) as propriedades físicas das gelatinas são dependentes do conteúdo de aminoácidos e os componentes de elevado peso molecular podem promover a formação de gel.

As proporções relativas e as sequências dos aminoácidos que compõem o colágeno e a gelatina são substancialmente as mesmas (WILLIAMS, PHILLIPS, 2000), sendo que o colágeno é uma proteína sintetizada a partir de 20 aminoácidos comuns (BRODSKY et al, 2003.), entre eles a glicina que constitui aproximadamente 33 % da composição total de aminoácidos e a prolina juntamente com a hidroxiprolina compõem cerca de 22 % (SCHRIEBER, GAREIS, 2007),

1.3.1 Propriedades funcionais e aplicações da gelatina

Apesar de conter um elevado nível de aminoácidos prolina, hidroxiprolina e glicina (GMIA, 2012), o colágeno é uma proteína com baixo teor de triptofano, tirosina, cistina e metionina (BUENO, 2008), considerados aminoácidos essenciais

(PRESTES, 2013). No entanto, o valor nutricional da gelatina é estabelecido quando consumido em combinação com outra proteína ou misturas de proteínas, usados com a finalidade de suplemento proteico, aumentando assim seu valor nutritivo (ZIEGLER, 2006). Nesse sentido, de acordo com Harrison-Dunn (2015), a gelatina pode ser vista como um ingrediente funcional.

A concentração dos aminoácidos glicina e prolina presentes na gelatina é cerca de 10 a 20 vezes maior à encontrada em outras proteínas. A fim de se ingerir a mesma quantidade de glicina em 10 g de gelatina, seria necessário consumir cerca de 2,8 L de leite ou 160 g de carne, e no caso do aminoácido prolina os valores são equivalentes à 0,4 L e 110 g, respectivamente (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Harrison-Dunn (2015) destaca que a gelatina é mais do que um agente texturizante em alimentos, é uma proteína multifuncional. Segundo Rousselot (2011), a gelatina constitui uma fonte de proteínas que exercem efeito benéfico nos ossos e nas articulações o que confere aos alimentos que a contém em sua formulação um benefício adicional à saúde.

Com relação às propriedades terapêuticas, segundo Koyama et al. (2001), o consumo de gelatina proporciona um aumento no depósito mineral do fêmur. Oesser e Seifert (2003) relacionaram o colágeno com o fortalecimento da estrutura óssea para o tratamento da artrose e da osteoporose. Dessa forma, de acordo com Schrieber e Gareis (2007), o colágeno hidrolisado e a gelatina tornaram-se importantes aditivos alimentares, sendo ainda proteínas livres de glúten com conteúdo típico de energia em torno de 345 kcal/100 g e 10 g de dose diária recomendada.

Além dessas propriedades nutricionais interessantes, a importância comercial da gelatina é devido a sua ampla aplicação, considerada como especial e única em várias áreas industriais, tais como alimentos, materiais, farmácia, fotografia, bem como a produção de couro e as aplicações biomédicas (BRODSKY et al., 2003; KARIM, BHAT, 2008; HAO et al., 2009).

A gelatina é utilizada não só por suas propriedades funcionais e tecnológicas, mas também para aumentar o teor de proteína. Ela pode melhorar a elasticidade, a consistência e a estabilidade dos produtos alimentares, e é também utilizada como uma película exterior para proteger o alimento contra a secagem, luz e oxigênio (MONTERO, GOMEZ-GUILLÉN, 2000).

As propriedades tecnológicas da gelatina podem ser divididas em dois grupos. O primeiro tem propriedades que estão associadas com a gelificação, como a resistência do gel, o tempo de gelificação, temperatura de fusão e viscosidade. O segundo grupo, refere-se ao comportamento de superfície da gelatina, tais como a formação e estabilização de espumas e emulsões, propriedades adesivas, além de seu comportamento de dissolução (SCHRIEBER, GAREIS, 2007; MIQUELIM et al., 2011).

Segundo Andreuccetti (2010), o inchamento da gelatina representa seu intumescimento quando colocada em água fria. Achet e He (1995) descreveram que quando a gelatina hidratada é aquecida sob temperaturas acima do ponto de fusão ela se dissolve e forma gel quando esfriada.

Esse processo de gelificação envolve a renaturação parcial do colágeno, de estruturas no estado desordenado da gelatina, para estruturas tripla hélice (estrutura original do colágeno), isto é, as partes do colágeno ricas em prolina e hidroxiprolina recuperam algumas de suas estruturas e quando muitas moléculas estão envolvidas, forma-se uma estrutura tridimensional responsável pelo gel a baixas temperaturas (ACHET, HE, 1995; MANAY, SHADAKSHARASWAMY, 2001).

A gelatina oferece muitas propriedades especiais dificilmente imitadas por outros hidrocolóides (KARIM, BHAT, 2008), é a única capaz de formar géis termorreversíveis com ponto de fusão próximo da temperatura corporal, característica particularmente significativa em aplicações alimentícias e farmacêuticas (ACHET, HE, 1995).

Os géis de gelatina fundem a temperaturas baixas e possuem uma configuração lenta (quando resfriados, geralmente não gelificam a temperaturas superiores a 15 °C). Essas características fazem da gelatina o agente gelificante preferencial em produtos como iogurtes, mousses lácteos, *spreads* com baixo teor de gordura e produtos de confeitaria como *marshmallows* (VRIES, 2004; MIQUELIM et al., 2011).

A propriedade de fusão na temperatura corporal ao ser consumida é uma das características mais importantes da gelatina quando aplicada em alimentos, principalmente em sobremesas de gel e água. Certamente, outros hidrocolóides também possuem características termorreversíveis, mas a temperatura de fusão destes géis é maior que a temperatura do corpo humano (ZHOU, REGENSTEIN, 2007). Esta característica da gelatina, como a de derretimento próximo da

temperatura fisiológica do ser humano, propicia ao polímero a especial percepção de “derretimento na boca” levando a liberação de intenso sabor e aroma (HAUG et al., 2004; KARIM, BHAT, 2008).

As emulsões são formadas por meio do processo de homogeneização, mas devido à diferença de densidade das substâncias envolvidas, estão propícias à separação de fases, sendo classificadas como sistemas termodinamicamente instáveis (MCCLEMENTS, 2016). Para alcançar a estabilidade durante o armazenamento são utilizados ingredientes conhecidos como estabilizantes (MCCLEMENTS, 2004).

Sabe-se que os hidrocolóides têm a capacidade de formar e estabilizar emulsões (Figura 2), evitar a recristalização, estabilizar suspensões, clarificar bebidas e formar espumas e filmes. Além disso, podem ser utilizados para diminuir o valor calórico de alimentos, aumentando o teor de água ou substituindo parcialmente a gordura normalmente utilizada (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Figura 2 – Emulsão estável com gelatina (esquerda) e emulsão "quebrada" sem gelatina (direita). Fonte: Schrieber e Gareis (2007).

Para o desenvolvimento de produtos com teor reduzido de gordura e maior fase aquosa, a gelatina demonstra uma atuação eficiente. Conforme Kaplan (1998), a capacidade de retenção de água é definida como a quantidade de água retida na matriz proteica, sendo que esta habilidade de retenção aumenta com a concentração de proteína na amostra. Schrieber e Gareis (2007) destacam que a gelatina possui a capacidade de absorver até 10 vezes seu próprio peso em água,

agindo como um eficiente agente de ligação de água e nenhum dos hidrocolóides atualmente existentes no mercado é capaz de abranger todas essas propriedades em todas as aplicações, já a gelatina é o hidrocolóide que fornece o maior número de possibilidades para o desenvolvimento de produtos.

O comportamento de superfície é consequência do desdobramento da proteína de gelatina, um evento importante para a formação de uma camada interfacial em torno das gotículas de gordura. As moléculas já adsorvidas na interface são expostas a alterações na conformação, rearranjo e expansão e tendem a estabelecer um novo equilíbrio termodinâmico, observando-se um aumento do número de contatos por moléculas tornando a estrutura mais resistente à dessorção (ZAYAS, 1997).

Comparando-se a gelatina e a goma guar como espessante/estabilizante em produtos lácteos fermentados, Costa et al. (2013) verificaram que o produto elaborado com adição de gelatina destacou-se pela maior viscosidade/consistência, ausência de sinérese e melhor índice de aceitação sensorial.

Vários outros estudos atestam a gelatina como ingrediente com funcionalidades positivas no desenvolvimento de novos produtos alimentícios (TONELLI et al., 2005; MANZANO, 2007; SCHNEIDER, SOUZA, 2009; WALTER et al., 2010; CARVALHO et al., 2011; ALMEIDA et al., 2012a; COSTA et al., 2013) e de acordo com Roller e Jones (1996) há algum tempo tem sido utilizada na formulação de produtos tipo *spread* (*low-fat spreads*) como manteiga e margarina, diminuindo o conteúdo de gordura de 80 % para 40 % nesses produtos.

Segundo Akoh e Min (2008), *spreads* com reduzidos níveis de gordura (40 % ou menos) são populares com os consumidores e contêm mais água que os *spreads* convencionais e por isso requerem a utilização de emulsificantes e espessantes, tais como a gelatina para a fase aquosa. De acordo com Lindsay (2010), em margarinas a gelatina fornece gelatinização com reversibilidade térmica durante a manufatura e, subsequentemente, fornece espessamento à massa.

Boutin (2000) destacou a utilização de gelatina na formulação de tradicionais ursinhos de goma ou *gummy bear* em concentração de 7,8 %, assim como em geleias de gelatina e gorduras mastigáveis com aromas ou *fat chew*. Almeida et al. (2012a) formularam gelatina, extraída de pés de frango, tipo sobremesa de sabor abacaxi, apresentando boa aceitabilidade sensorial.

Vários autores apontaram a utilização de gelatina em *marshmallows*, caramelos, *nougats*, sobremesas, margarinas e chocolates (BOURGEOIS, ROUX, 1982; CHARLEY, WEAVER, 1998; BOUTIN, 2000; SCHRIEBER, GAREIS, 2007; SCHNEIDER, SOUZA, 2009; LINDSAY, 2010). Recentemente, Harrison-dunn (2015) ressaltou a apresentação no evento industrial, Feira de Ingredientes Alimentícios da Europa (FiE), de café enriquecido com colágeno, bem como barras de cereais e gomas. O Quadro 1 apresenta as aplicações de gelatina em alguns produtos alimentícios e suas funcionalidades.

Quadro 1 – A multifuncionalidade da gelatina na produção de alguns alimentos.

Aplicação	Força do Gel	Concentração	Função principal	Função secundária
Sobremesas	200 – 260 <i>Bloom</i>	1,5 – 3,0 %	Formação de gel	Textura, transparência, brilho
Gomas de fruta	200 – 280 <i>Bloom</i>	6,0 – 10,0 %	Formação de gel	Textura, elasticidade, transparência, brilho
Marshmallows	160 – 260 <i>Bloom</i>	1,0 – 3,0 %	Formação de espuma	Estabilização de espuma, formação de gel
Caramelos	140 – 200 <i>Bloom</i>	0,5 – 2,5 %	Emulsificante e estabilização de espuma	Mastigabilidade
Iogurte	220 – 260 <i>Bloom</i>	0,2 – 1,0 %	Estabilização da sinérese	Textura e cremosidade
<i>Spreads</i> para sanduíches	240 – 280 <i>Bloom</i>	0,3 – 1,5 %	Estabilização de emulsão	

Fonte: Schrieber e Gareis (2007).

A gelatina pode ser utilizada isolada ou em combinações com outros hidrocolóides (AGUILLERA, STANLEY, 1999), como formulações de recheios para confeitaria contendo colágeno hidrolisado e goma xantana (SALAS, 2011), de espumas tipo *marshmallow* com gelatina e goma guar ou goma carragena (MIQUELIM, 2010) e de sorvetes com diferentes combinações entre goma guar, goma locusta e gelatina (MILLIATI, 2013).

De acordo com Charley e Weaver (1998), a quantidade de gelatina necessária para gelificar um líquido varia de 1 a 2 %. Já no Quadro 1, verificam-se concentrações de 0,2 – 3 %, porém, os autores complementam indicando que a concentração de gelatina deve ser suficiente de modo que os géis resistam ao derretimento em temperaturas normais as quais são servidos, como por exemplo, é necessária maiores concentrações se servidos em dias quentes ou em locais quentes. A Figura 3 apresenta alguns produtos formulados com adição de gelatina.

Figura 3 – Exemplos de produtos do mercado brasileiro contendo gelatina. Fonte: Frimesa (2013); Itambé (2013); Nestlé (2013); Sorvete Itália (2013); Trio (2013); Vigor (2013).

A gelatina faz parte da formulação de vários alimentos comercializados no mercado brasileiro por grandes empresas como a Nestlé®, Frimesa® e Itambé® que atuam no setor lácteo, a empresa Trio® em barras de cereais e a Sorvete Itália® no ramo de gelados comestíveis diferenciados.

Conforme a Figura 3, alguns exemplos de produtos comercializados por essas empresas contendo gelatina são: pós para preparos de sobremesas, como os recheios para torta holandesa e para preparo de mousse de chocolate branco Nestlé®, que possuem gelatina em sua composição como agente gelificante (NESTLE, 2013); Barras de cereais como o pavê de chocolate da marca comercial Trio® (TRIO, 2013); iogurtes como o desnatado Frimesa® (FRIMESA, 2013) e a linha grego da Vigor® (VIGOR, 2013); coalhadas Itambé® (ITAMBÉ, 2013), além de picolés como é o caso da marca Sorvete Itália® (SORVETE ITÁLIA, 2013). De

acordo com Schrieber e Gareis (2007) a gelatina é utilizada na produção de sobremesas à base de leite que formam espumas, tais como: o iogurte, a coalhada, o sorvete e a mousse, devido sua capacidade de gerar e estabilizar espumas.

A força do gel ou força *Bloom*, verificada no Quadro 1, é essencialmente a rigidez de um gel de gelatina formado sob condições padronizadas e o valor comercial aumenta com o aumento do *Bloom* (WILLIAMS, PHILLIPS, 2000).

Tal força depende principalmente das propriedades e concentração da gelatina (ZHOU, REGENSTEIN, 2007) e é determinada utilizando o teste de *Bloom*, sendo que o valor padrão da força de gel das gelatinas pode variar de 50 a 300 g. O intervalo de 200 a 300 g é designado como elevado índice de *Bloom*, o de 100 a 200 g como médio *Bloom* e o intervalo de 50 a 100 g como baixo *Bloom* (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Os principais atributos que melhor definem a qualidade comercial global da gelatina são a força de gel e a estabilidade térmica, além das propriedades físico-químicas tais como os parâmetros de composição, solubilidade, transparência, cor, odor e sabor (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011). No entanto, de acordo com Badii e Howell (2006), as propriedades físicas mais importantes da gelatina são a força de gel e a viscosidade, sendo todas inter-relacionadas.

As propriedades físicas são cruciais para a aplicação de gelatina, uma vez que são determinadas pela sua estrutura (YANG, WANG, 2009), que por sua vez pode ser influenciada pela metodologia utilizada no processo de extração. Segundo Cheow et al. (2007), a qualidade da gelatina depende das suas propriedades físico-químicas, as quais são influenciadas pela espécie e tipo de tecido do qual foi extraída e também pela severidade do método de extração.

1.3.2 Preparação industrial da gelatina

A partir do colágeno nativo podem ser obtidos a fibra de colágeno, o colágeno parcialmente hidrolisado e o colágeno hidrolisado. Cada um destes derivados apresenta características próprias que são dependentes da matéria-prima, processo de extração (químico ou enzimático) e do tempo e temperatura de obtenção (PRESTES, 2013).

A preparação industrial da gelatina envolve a hidrólise controlada da estrutura organizada do colágeno para gelatina solúvel por pré-tratamento ácido ou alcalino da matéria-prima (BORDIGNON, 2010). Segundo Schrieber e Gareis (2007), esse pré-tratamento com ácidos ou álcalis diluídos proporciona uma clivagem química suave, produzindo uma gelatina de melhor qualidade, caso contrário seria necessário a exposição do material a longos períodos de tempo em temperaturas elevadas o que influenciaria negativamente na qualidade.

Mais especificamente, o tratamento da matéria-prima com ácido ou álcali diluído resulta na clivagem parcial das ligações cruzadas, como as pontes de hidrogênio, que estabilizam a configuração da tripla hélice e convertem a sua conformação helicoidal em conformação espiralada, que por sua vez, separa as três hélices, resultando na solubilidade do colágeno em água quente, e assim, a gelatina é formada (DJABOUROV et al., 1993; SCHRIEBER, GAREIS, 2007; BORDIGNON, 2010). Nesse sentido, segundo Montero e Gómez-Guillén (2000), o colágeno e a gelatina são diferentes formas da mesma macromolécula, sendo possível descrevê-la como colágeno parcialmente hidrolisado.

Para matérias-primas com elevado teor de gordura, como é o caso da pele de suíno e a pele de frango, segundo Schrieber e Gareis (2007), é mais adequada a utilização de tratamento ácido para evitar a saponificação que normalmente ocorreria com tratamento álcali.

Na etapa de extração adotada pelo grupo Gelita®, o material (pele suína e couro bovino) pré-tratado recebe água quente e passa por um processo de extração de múltiplos estágios, obtendo-se uma solução de aproximadamente 6 % de gelatina. Posteriormente, essa solução segue para as etapas de purificação, concentração, secagem, moagem e mistura (GELITA, 2013).

Em geral, todos os processos de fabricação de gelatina consistem em quatro etapas principais: pré-tratamento da matéria-prima, extração da gelatina, purificação e secagem (WOLF, 2003), sendo que a qualidade do produto final depende dos parâmetros de processo (temperatura, tempo e pH), da fonte e da quantidade de colágeno na matéria-prima (SILVA et al., 2011).

Extraindo-se a gelatina normalmente por aquecimento em água a temperaturas maiores que 45 °C, dois tipos de gelatinas são obtidos dependendo do procedimento do pré-tratamento, as mais conhecidas comercialmente são as do tipo

A e tipo B, obtidas por pré-tratamento ácido e alcalino, respectivamente (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011).

A maioria dos tipos de gelatinas possuem composições similares, ou seja, água, pequena quantidade de sais minerais e proteína de tecido conjuntivo. No entanto, dependendo da fonte de matéria-prima utilizada, do processo de pré-tratamento empregado e da intensidade da hidrólise, gelatinas com propriedades diferentes podem ser obtidas (SCHOTT, 2001).

A maioria das gelatinas disponíveis comercialmente é produzida a partir de recursos de mamíferos: pele suína, couro e ossos de bovinos (ALFARO, 2008; GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002). Trata-se de uma proteína de origem animal, solúvel em água (em temperaturas entre 38-40°C), resultante da hidrólise parcial do colágeno (CARVALHO, 2002; KASANKALA et al., 2007; PALAZZO, 2008).

Porém, há um crescente interesse em desenvolver fontes alternativas de matérias-primas como o uso de pés de frango e subprodutos de pescado. De acordo com os autores Cho et al. (2005), DHARA et al. (2013) e Harrison-Dunn (2015), esse interesse em novas fontes de matérias-primas é devido a grande preocupação com a ocorrência frequente de doenças como a *Encefalopatia Espongiforme Bovina* (BSE), que acarreta problemas para a saúde humana e ainda questões socioculturais que acabam limitando o uso de produtos derivados de mamíferos para o processamento de alimentos.

Segundo Howell e Badii (2004), a produção de gelatina oriunda de pele suína não é aceitável para o Judaísmo e Islamismo e a gelatina de bovinos é aceitável somente se for preparada de acordo com os requerimentos religiosos.

Isso é confirmado por Williams e Phillips (2000), ao ressaltar que apesar da gelatina ser o agente de gelificação mais amplamente utilizado, a demanda por produtos que não envolvam animais, em particular devido aos surtos de BSE já citados, causaram a elevação dos preços e com isso surgiram atividades para o desenvolvimento de substitutos para a gelatina.

De acordo com Gómez-Guillén et al. (2011), nos últimos 10 a 15 anos houve um aumento na pesquisa científica sobre diferentes fontes alternativas e novas funcionalidades de colágeno e gelatina, em parte devido ao crescente interesse na valorização econômica de subprodutos industriais, a gestão de resíduos industriais “ecologicamente correta” e a busca para inovar as condições de processo, bem como novas potenciais aplicações.

De uma maneira geral, a maioria dos estudos em busca por fontes de matérias-primas alternativas à de mamíferos, desde as mais atuais às mais antigas, são sobre gelatina de pescado abordado por vários autores (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; JAMILAH, HARVINDER, 2002; HAUG et al., 2004; BADII, HOWELL, 2006; CHO et al., 2006; ANERSEN, GILBERG, 2007; YANG et al., 2007; KASANKALA et al., 2007; ZHOU, REGENSTEIN, 2007; KARIM, BHAT, 2008; AEWSIRI et al., 2009; GÓMEZ-ESTACA et al., 2009; NORZIAH et al., 2009; KIEW, DON, 2012; GUDIPATI, 2013; RAWDKUEN et al., 2013) que verificaram os efeitos das diferentes condições de extração de gelatina de inúmeras espécies de peixes sobre a produção e as propriedades das gelatinas. Quanto à produção de gelatina utilizando subprodutos avícolas, ainda é um assunto pouco explorado.

1.4 Panorama nacional da carne de frango

A produção de carne de frango chegou a 12,69 milhões de toneladas em 2014, em um crescimento de 3,17 % em relação a 2013 (Figura 4). Com este desempenho o Brasil se aproxima da China, atualmente o segundo maior produtor mundial, abaixo apenas dos Estados Unidos (ABPA, 2015). De acordo com Martins et al. (2006) a avicultura brasileira tem alcançado níveis de produtividade comparáveis aos obtidos nos principais países concorrentes.

O crescimento populacional, a urbanização, as mudanças tecnológicas e organizacionais e mudanças nos hábitos alimentares impulsionaram o avanço da produção da carne de frango (VASCONCELOS et al., 2015). Estima-se que há um potencial de produção próximo de 13,4 milhões de toneladas em 2015, um volume cerca de 5,5 % acima da produção de 2014 (AVISITE, 2015).

Já o abate de frango nacional tem se destacado nos estados do Paraná (32,26 %), Santa Catarina (16,96 %), Rio Grande do Sul (14,24 %) seguido por São Paulo (10,61 %) representando 74 % do total de abates no Brasil.

Com relação à exportação, o Brasil é o maior exportador mundial de carne de frango, em 2010 somaram-se 3,94 milhões de toneladas, conhecido como um recorde histórico para a carne de frango, enquanto que em 2014 alcançou 4,09

milhões de toneladas, seguido pelos Estados Unidos e União Europeia (ABPA, 2015; UBABEF, 2013).

Figura 4 – Produção brasileira de carne de frango. Fonte: ABPA (2015)

Da produção nacional de frango, cerca de 67,7 % são destinadas ao mercado interno, enquanto que 32,3 % são para exportação, sendo o Oriente Médio e Ásia os principais destinos da carne de frango produzida no Brasil (UBABEF, 2013; ABPA, 2015).

O setor avícola tem se desenvolvido nos últimos anos e isso se deve ao desenvolvimento tecnológico, passando a incorporar melhoramentos genéticos e nutricionais, novos processos, novas tecnologias voltadas à produção, instalações e equipamentos, sanidade animal, novos métodos organizacionais e divulgação, sempre buscando atender a demanda (VASCONCELOS et al., 2015).

A carne de frango, no decorrer dos anos, deixou de ser uma carne nobre destinada exclusivamente às classes superiores e atualmente está difundida por todas as classes sociais, sendo que a produção nacional atende ao mundo com grande dinamismo e qualidade (VIEIRA JÚNIOR et al., 2006).

Houve uma melhoria significativa do consumo interno de carne de frango, como pode ser verificado na Figura 5, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA).

Figura 5 – Consumo *per capita* de carne de frango no Brasil. Fonte: ABPA (2015)

O consumo *per capita* nacional de carne de frango aumentou significativamente nos últimos anos passando de 29,91 kg no ano de 2000 para 47,38 kg por habitante em 2011. Nota-se na Figura 5, que a partir de 2012 houve uma pequena queda no consumo com leve retomada de crescimento em 2014. De acordo com o Presidente executivo da União Brasileira da Avicultura (UBABEF), tal queda deu-se pelo ambiente inflacionário adverso e por um alto endividamento das famílias.

Com os grandes números de produção e abate de aves nacionais o aproveitamento dos resíduos e subprodutos agropecuários torna-se uma preocupação constante (PALHARES, 2005), estes, por sua vez, precisam ter um destino adequado que não polua o meio ambiente (PADILHA et al., 2006).

Segundo Mendonça et al. (2003), a matéria-prima pode ser considerada um resíduo em determinadas regiões e em outras pode ser a base de subprodutos tradicionais com potencial agregação de valor.

Um exemplo seria os pés de frango, que no Brasil trata-se de um dos cortes de aves que os consumidores menos se interessam e já em alguns países asiáticos são considerados uma verdadeira iguaria (ALMEIDA, 2012).

O aproveitamento dos pés de frango de forma mais lucrativa é fundamental, pois representam uma porção importante no peso final do frango e possuem baixo valor comercial, sendo considerados principalmente como subproduto e destinados à fabricação de rações animais. Apenas uma pequena parte é comercializada no mercado interno para a produção de frango inteiro, em saco plástico no interior das carcaças (SANTOS, 2010).

1.4.1 Aproveitamento dos pés de frango

De acordo com a Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE, 2006) os pés de frango são processados, após removidos da perna na articulação entre o metatarso e a tíbia, sendo removidas as unhas e a fina cutícula amarela que cobre os pés.

Assim, os pés processados consistem no metatarso e quatro dedos com a carne e pele associados. Para produzir a pata, o corte é feito no metatarso aproximadamente na altura do esporão e a diferença entre pé e pata consiste na altura do corte no momento da separação da carcaça (Figura 6).

Figura 6 – Pés (a) e patas (b) de frango. Fonte: UNECE (2006)

Padilha et al. (2006), verificaram a obtenção, no processo de abate de aves, de 1500 kg de pés de frango diariamente em um frigorífico, que por sua vez não são aproveitados comercialmente, sendo considerados resíduos sólidos. Segundo Almeida (2012), tais resíduos possuem grandes quantidades de colágeno podendo ser aproveitados na fabricação de gelatina.

De acordo com Almeida et al. (2012b), a produção de gelatina pode ser uma nova perspectiva para a cadeia produtiva de frango e a proposta de novo destino aos pés de frango, considerados resíduos nos frigoríficos, vislumbra uma vantagem competitiva tanto para o frigorífico, propiciando fonte alternativa de lucro, como para a indústria de gelatina onde a inovação em tipo de matéria-prima e novos processos industriais determinam adaptabilidade, flexibilidade no processamento e competitividade no mercado. A Figura 7 destaca os principais destinos dos pés de frango no mercado brasileiro.

Figura 7 – A indústria de gelatina como destino alternativo aos pés de frango Fonte: Almeida et al. (2012b)

Como pode ser verificado na Figura 7, um dos destinos dos pés de frango é a graxaria, setor que são encaminhados todos os descartes dos animais para a produção de farinha. Pouca quantidade é encaminhada para o mercado externo e

interno, sendo que a indústria de gelatina é um possível destino alternativo (ALMEIDA, 2012).

Além da indústria de alimentos, a gelatina pode ser destinada à elaboração de produtos fotográficos e farmacêuticos. A gelatina técnica é produzida de acordo com os requisitos necessários de sua aplicação e podem ser utilizadas em: microencapsulação, restauração de livros como adesivo natural, finalização de cartas de baralho entre outras (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Segundo Moreira (2008), a gelatina fotográfica é utilizada como um agente fixador em produtos sensíveis à luz, devido suas propriedades fixadoras de gel e formação de películas ideais para a produção de revestimentos brilhantes, uniformes e duradouros. Na indústria farmacêutica pode ser utilizada em meios de cultura e no desenvolvimento de cosméticos, além de também ser utilizada na produção de embalagens.

Harrison-Dunn (2015) destaca que atualmente cerca de 59 % da gelatina é utilizada com fins alimentícios na Europa, enquanto que 31 % para produtos farmacêuticos.

Alguns autores abordaram o aproveitamento secundário dos pés de frango por meio da utilização do colágeno e destacaram a elevada quantidade de proteína na composição dos pés de frango variando de 17 a 20 % de proteína bruta e desses valores cerca de 9,0 a 15,4 % trata-se especificamente de colágeno (LIU et al., 2001; ALVES, PRUDÊNCIO-FERREIRA, 2002; ALMEIDA, 2012; FERREIRA, 2013).

No entanto, para que uma gelatina de fonte alternativa possa ser aplicada nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, esta deve apresentar grande quantidade de matéria-prima para a extração, pois se trata de questão econômica essencial para ser continuamente produzida na indústria, e ainda, deve apresentar propriedades físico-químicas ao nível da gelatina extraída de mamíferos (CHO et al., 2005). Tendo em vista os números já citados de produção avícola, há, portanto, grande quantidade de subprodutos para a extração de gelatina (ALMEIDA, 2012), sendo necessário, portanto, o estudo mais efetivo das suas propriedades físico-químicas.

Com relação às propriedades funcionais, o colágeno extraído de pés de frango tem apresentado efeitos benéficos para a saúde, sendo demonstrado no estudo de Saiga et al. (2008), uma redução significativa da pressão arterial de ratos hipertensos após a administração de uma fração de colágeno hidrolisado de frango,

concluindo que ao incorporar esse produto nas refeições é possível normalizar a pressão arterial sem comprometer a qualidade de vida do indivíduo.

Esses benefícios à saúde também foram verificados por Iwai et al. (2009), onde notaram que alimentos derivados de peptídeos de colágeno hidrolisado de frango estão relacionados com efeitos anti-hipertensivos em voluntários saudáveis. Além disso, segundo Zhang et al. (2010), há também relatos de que o colágeno hidrolisado de frango apresenta um efeito protetor sobre os vasos sanguíneos, prevenindo doenças cardiovasculares, sendo, portanto, útil como um alimento medicinal para pacientes com esta enfermidade.

1.5 Propriedades físicas em testes experimentais de alimentos

O estudo das propriedades físicas dos alimentos destina-se a revelar a determinação dos princípios físicos, mecânicos e microestruturais envolvidos na deformação e fraturabilidade dos alimentos e suas implicações na percepção sensorial e gustativa (CHEN, 2015).

Os atributos físicos dos materiais alimentícios consistem em tamanho, forma, volume, densidade, porosidade, propriedades reológicas, atividade de água entre outros (SAHIN, SUMNU, 2006), e essas propriedades afetam intensamente a qualidade dos alimentos, podendo ser utilizadas para identificá-los e classificá-los. Além disso, no mercado globalizado, os alimentos devem ser diferenciados para melhor competir, sendo que essa diferenciação se baseia em suas propriedades físicas (ARANA, 2012).

1.5.1 Textura de alimentos

A textura de alimentos é um aspecto sensorial chave usado como um indicador de qualidade pelos consumidores (CHEN, ROSENTHAL, 2015; MCKENNA, 2003). Os alimentos possuem diferentes propriedades de textura inerentes a diferenças na variedade, maturidade e causadas por métodos de processamentos (SAHIN, SUMNU, 2006). A textura de um material comestível é definida como o atributo de uma substância resultante de uma combinação de

propriedade física percebida pelos sentidos de tato (incluindo sensação na boca), visão e audição (ARANA, 2012).

O estudo da textura de alimentos tem sido uma área científica muito ativa da ciência e tecnologia de alimentos e uma ampla variedade de equipamentos e técnicas instrumentais experimentais têm sido desenvolvidos para caracterização da textura relacionada com as propriedades físicas e mecânicas de alimentos. Vários instrumentos reproduzem o processamento oral gustativo e proporcionam fácil quantificação das propriedades de textura e previsão das percepções dos consumidores (CHEN, ROSENTHAL, 2015). Destacam-se a análise de perfil de textura, de compressão-extrusão (*back-extrusion*) e consistência.

1.5.1.1 Perfil de textura instrumental (TPA)

Um dos métodos instrumentais mais comumente utilizados é o de compressão de TPA (*Texture Profile Analysis*), que simula as condições do processo de mastigação. Este método consiste em comprimir o material teste duas vezes e quantificar os parâmetros mecânicos usando curvas de força-deformação (Figura 8) (SANTOS, ROSEIRO, 2012).

Figura 8 – Curva típica de análise de perfil de textura (TPA). Dureza: $F1$; Coesividade: $A2/A1$; Adesividade: $A3$; Gomosidade: $F1 \times (A2/A1)$; Elasticidade: $L2/L1$; Mastigabilidade: Gomosidade $\times$ Elasticidade; Resiliência: $A5/A4$. Fonte: Modificado de Bourne (2002).

Baseia-se em um instrumento que deforma o alimento por meio de um movimento articulado que se assemelha a mandíbula humana (ROSENTHAL, 1999). O princípio do teste é: uma amostra de alimento de forma e tamanho padronizados é colocada sobre uma placa base sofrendo dupla compressão por um probe anexado a um sistema de acionamento (BOURNE, 2002).

A curva de força gerada como uma função do tempo é conhecida como perfil de textura. O pico de força e as áreas sob as curvas são usadas para determinar várias propriedades dos alimentos como: fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (SAHIN, SUMNU, 2006).

1.5.1.3 Teste de penetração

É também chamado de um tipo de teste de compressão (ROSENTHAL, 1999), simples e relativamente barato (ROSENTHAL, 1999; SAHIN, SUMNU, 2006).

Materiais como manteiga, pasta de amendoim e margarina são frequentemente avaliados pela “espalhabilidade” usando dados do cone de penetração (Figura 9) (STEFFE, 1996). Ele é amplamente utilizado para realizar medições de firmeza ou *yield point* desses produtos e outras gorduras sólidas (BOURNE, 2002).

Figura 9 – Ilustração esquemática de um cone utilizado em teste de penetração. Fonte: Rosenthal (1999).

Este instrumento consiste de um cone posicionado sobre a superfície plana da amostra teste. Em testes padronizados, o cone é liberado dentro da amostra e a

profundidade de penetração é mensurada depois de um período de tempo fixado (STEFFE, 1996).

1.5.1.2 Análise de compressão-extrusão (*Back extrusion*)

Uma variação do método de penetração é a técnica de *back extrusion* (DEMAN, 1999), utilizada para avaliação das propriedades de fluxo de um fluido sendo particularmente útil para materiais que tem uma consistência pastosa ou suspensões que possuem grandes partículas suspensas (TOLEDO, 2007).

A amostra é contida em um cilindro (DEMAN, 1999) e a compressão da amostra causa o fluxo da mesma através do espaço anular formado entre o pistão e o copo teste/célula de extrusão (STEFFE, 1996), originando o nome da análise, que é chamada de “teste de *back extrusion*” devido ao alimento se mover na direção oposta do pistão, conforme a Figura 10 (BOURNE, 2002).

Figura 10 – Esquema representativo da análise de *back extrusion*. Fonte: Bourne (2002)

Durante a compressão-extrusão é gerada uma curva de força em função do tempo (Figura 11). Em geral, o teste de *back extrusion* pode ser aplicado para avaliar características como: fluxo, pseudoplasticidade e dilatância, consistência, viscosidade, adesividade, firmeza e coesividade. Os dados de força deste teste podem ser usados para a projeção de equipamentos e seleção de bombas na indústria de processamento (GARCÍA-SEGOVIA et al., 2014).

Inúmeros estudos tem utilizado o método de compressão-extrusão para caracterizar uma ampla variedade de alimentos tais como: chocolate derretido (AFOAKWA, 2010), na avaliação das propriedades reológicas de componentes de

ovos (RAMASWAMY et al., 2015), na formulação e compactação de achocolatado em pó (EDUARDO, LANNES, 2007; MEDEIROS, LANNES, 2009), na formulação de maionese *low-fat* (LIU et al., 2007; NIKZADE et al., 2012), nas propriedades físicas e estabilidade de chantilly (SAJEDI et al., 2014), em *spread low-fat* com gelatina de peixe e pectina (CHENG et al., 2008), na formulação de *fondue* de chocolate (GONÇALVES, 2011), nas propriedades estruturais de massas de bolos (RIOS, 2014), entre outros.

Figura 11 – Curva típica de *back extrusion*. Fonte: García-Segovia et al. (2014).

1.5.2 Cor

Cor é uma propriedade intrínseca do alimento que caracteriza sua identidade e qualidade e os consumidores podem ser atraídos ou repugnados em decorrência desta. Para avaliar a cor de um alimento deve se levar em consideração que se trata de uma questão física originada em consequência da interação física de luz com a matéria (DIEHL, SOCACIU, 2008). A cor dos alimentos pode ser definida como a interação de uma luz, um objeto, um observador e o ambiente do alimento (PÉREZ-ALVAREZ et al., 2006).

Este atributo pode ser determinado por meio sensorial ou por instrumentos, no entanto, segundo Bamfield e Hutchings (2010), a utilização de palavras ou avaliação visual para descrever a cor é muito subjetiva. Entre os instrumentos de

detecção de cor geralmente utilizados, destacam-se os colorímetros e espectrofotômetros.

De acordo com Su (2012), os colorímetros avaliam a cor utilizando três ou quatro filtros que correspondem aos receptores de cor do olho humano, tal método visa a tradução numérica da percepção visual humana da cor no sentido de tratar a informação obtida em espectrofotômetros de forma a produzir interpretação em valores matemáticos.

A cor pode ser medida por métodos objetivos como o espaço CIELAB, um dos mais amplamente utilizados devido ao seu grau de aceitação internacional e por facilitar o controle de qualidade de alimentos por meio de medidas de caracterização e diferenças de cor (PÉREZ-ALVAREZ et al., 2006).

O espaço CIELAB é uma transformação matemática do primeiro sistema colorimétrico publicado pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1931 (PÉREZ-ALVAREZ et al., 2006; DIEHL, SOCACIU, 2008). Neste sistema, o espaço de cor é definido por L^* , a^* e b^* (JOSHI, BRIMELOW, 2002). A Figura 12 representa o espaço de cor CIELAB.

Figura 12 – Modelo tridimensional de cor CIE L^* a^* b^* (a) e diagrama de chromaticidade no espaço de cor CIE L^* C^* h (b). Fonte: (a) Bamfield e Hutchings (2010), (b) Konica Minolta (2007).

O sistema HunterLab foi o primeiro a utilizar a teoria da oposição de cores, determinando no espaço tridimensional (Figura 12) que: L^* é uma medida de luminosidade variando dos pontos extremos preto (zero) ao branco (100); a^* correlaciona com vermelho ($+a^*$) e verde ($-a^*$); e b^* com amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$) (BAMFIELD E HUTCHINGS, 2010). As cores no CIELAB podem também ser

localizadas e descritas utilizando um método alternativo que especificam os valores de L^* , C^* e h^* , onde L^* é o mesmo parâmetro já citado, enquanto o C^* (chroma) e h (hue) são calculados através das coordenadas a^* e b^* (PÉREZ-ALVAREZ et al., 2006).

A representação em esfera do espaço CIELAB (Figura 12) expõe no eixo Y a coordenada L^* , no eixo X representa a coordenada b^* e no eixo Z destaca-se a coordenada a^* , sendo que a combinação destas coordenadas gera uma posição espacial que expressa a cor do produto teste (SU, 2012).

O diagrama CIEL $^*C^*h$ (Figura 12b) é semelhante ao CIEL $^*a^*b^*$, mas utiliza coordenadas cilíndricas ao invés de retangulares. Neste espaço de cor, h é o ângulo *hue* (h°) e o valor de C^* (chroma) representa a distância do eixo de luminosidade (L^*) iniciada em 0 no centro. Quanto maior o valor de C^* , maior a intensidade da cor. O ângulo *hue* inicia no eixo $+a^*$ e é expresso em graus (por exemplo: 0° é $+a^*$ ou vermelho e 90° é $+b^*$ ou amarelo) (KONICA MINOLTA, 2007).

1.6 Delineamento experimental e metodologia de superfície de resposta

O planejamento de experimentos consiste em uma série de técnicas utilizadas para explorar várias condições operacionais de um processo com o objetivo de: reduzir os custos de matéria-prima, processo e produto; melhorar o desempenho do produto; diminuir a variabilidade do produto e aumentar a capacidade de produção para atender a crescente demanda (HUBBARD, 2003).

Com a utilização de planejamentos experimentais baseados em princípios estatísticos, os pesquisadores podem extrair do sistema em estudo o máximo de informação útil, fazendo um número mínimo de experimentos (BARROS NETO et al., 2010).

O planejamento estatístico experimental é amplamente aplicado em processos e formulações de produtos alimentícios, destacando-se a substituição de ingredientes como açúcar e gordura, farinha de trigo por ingredientes com apelo funcional (ESTELLER, 2004; RECHSTEINER, 2009; SANTANA et al., 2011; KUMAR, 2014; COELHO et al., 2015; LADJEVARDI et al., 2015; REZENDE et al.,

2015; YASIN et al., 2016). Segundo Hasenhuetti (1997), as técnicas de planejamento fatorial e metodologia de superfície de resposta são muito utilizadas devido a redução do número de experimentos necessários para se obter as concentrações ótimas no desenvolvimento de produto.

Os fatores tratam-se das variáveis independentes que serão testadas na pesquisa e os parâmetros investigados correspondem as variáveis dependentes ou respostas e o método mais utilizado para se avaliar numericamente a qualidade de um modelo é a Análise de Variância, com resultados baseados na fonte de variações quadráticas e médias que possibilitam o cálculo do coeficiente de determinação e testes F (BARROS NETO et al., 2010).

O coeficiente de determinação R^2 (Equação 1.1) fornece uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão em relação à variação total das respostas, em geral expresso em porcentagem (RODRIGUES, IEMMA, 2009). Quanto mais perto de 1 estiver o valor de R^2 , melhor terá sido o ajuste do modelo às respostas observadas (BARROS NETO et al., 2010).

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} = \frac{\sum \left(\hat{y} - \bar{y} \right)^2}{\sum \left(y_i - \bar{y} \right)^2} \quad (1.1)$$

O R^2 é obtido a partir das somas quadráticas (SQ), assim chamadas por serem as somas dos quadrados de desvios. As somas quadráticas dos desvios podem ser relacionadas de acordo com a Equação 1.2:

$$SQ_T = SQ_R + SQ_r \quad (1.2)$$

A Soma quadrática residual (SQ_r) representa a parte da variação das repostas em torno da média que o modelo não consegue reproduzir (BARROS NETO et al., 2010). O erro puro é definido através da variabilidade verificada dentro de cada grupo que compõe a amostra, ou seja, é determinado com base apenas nas diferenças entre as respostas obtidas em cada grupo e sua respectiva média, isso significa que o mesmo só pode ser calculado se houver repetições (RODRIGUES, IEMMA, 2009).

A estimativa do erro experimental é fundamental para avaliar a significância estatística dos efeitos. Para isso, é necessário que seja feita a repetição de todas as etapas do ensaio que deve refletir a variabilidade do processo na faixa de estudo (BARROS NETO et al., 2010), nesse sentido, a adição de pontos centrais ao experimento é uma forma de evidenciar a qualidade da repetibilidade do processo e fornece informações úteis do comportamento das respostas na composição do erro puro.

Outra forma de avaliar a significância estatística do modelo é a utilização da razão entre as médias quadráticas que fornecem os valores de F calculado. Quanto maior for o valor de F calculado em relação ao tabelado, melhor será o ajuste do modelo significando que a equação é altamente significativa (BARROS NETO et al., 2010).

De acordo com Rodrigues e Iemma (2009), a adição de pontos axiais no planejamento gera um delineamento útil que ajusta as respostas experimentais a um modelo de segunda ordem (Equação 1.3), denomina-se, portanto, Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR). Um planejamento composto central é formado de três partes: uma parte fatorial, uma parte axial e ensaios realizados no ponto central (BARROS NETO et al., 2010).

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + e \quad (1.3)$$

O efeito de um fator pode ser entendido como a variação causada na resposta quando se percorre todos os níveis estudados independente dos demais fatores. O valor de t calculado é a razão entre o efeito e o erro padrão de cada efeito e deve ser comparado com o valor de t tabelado, que por sua vez leva em consideração os graus de liberdade do resíduo. Os valores que estiverem fora da região estabelecida pelo valor de t tabelado são considerados significativos (RODRIGUES, IEMMA, 2009).

Após a condução do planejamento experimental para determinar quais os fatores são de importância, é interessante explorar a interrelação desses fatores pela utilização do método de superfície de resposta com o objetivo de encontrar a melhor combinação das variáveis (HUBBARD, 2003).

A metodologia de análise de superfície de resposta (MSR) é um conjunto de técnicas matemáticas e estatísticas utilizadas para o desenvolvimento,

aprimoramento e otimização de produtos e processos, trata-se de uma técnica importante no desenvolvimento e formulação de novos produtos (MYERS et al., 2009). É baseada em planejamentos fatoriais cujo objetivo é atingir uma região ótima da superfície investigada (BARROS NETO et al., 2010), trata-se de uma descrição gráfica do modelo ajustado com projeção de curvas de contorno que podem simplificar a interpretação dos resultados (RODRIGUES, IEMMA, 2009).

1.7 CONCLUSÕES

Apesar de várias pesquisas terem sido realizadas sobre a obtenção de gelatina de fontes alternativas à de mamíferos, a gelatina extraída de subproduto avícola ainda é pouco explorada e o conhecimento sobre a aplicação em produtos alimentícios, principalmente em sistemas complexos como as emulsões, não tem sido bem estabelecido.

A utilização da gelatina como ingrediente alimentício está além de suas propriedades tecnológicas por ser considerada uma proteína multifuncional. Diante da qualidade nutricional e funcional da gelatina, do chocolate e seus derivados, bem como da ampla aceitabilidade deste mediante ao público, a incorporação desses dois compostos no desenvolvimento de um novo produto configura um estudo promissor.

O estudo das tendências de produtos de chocolate foi marcado pela crescente demanda de produtos funcionais com reduzido teor de gordura e ainda pela presença de *spread* de chocolate em expansão no mercado com marca líder instalada, no entanto, trata-se de produto com adição de avelã e sem o apelo agregado do chocolate amargo e gelatina.

Para a elaboração de um alimento com reduzido teor de gordura deve-se levar em consideração a complexidade do sistema envolvido como a microestrutura de emulsões tipo *spread*, nesse sentido, a incorporação da gelatina em solução aquosa é uma tarefa desafiadora, já que as propriedades físicas, o comportamento reológico e a percepção sensorial podem ser fortemente influenciados.

Dessa forma, a extração e aplicação da gelatina de subproduto de frango apresenta elevado potencial de estudo que pode proporcionar importantes informações sobre sua qualidade e comportamento em sistemas alimentícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHET, D.; HE, X. W. Determination of the renaturation level in gelatins films. **Polymer**, v.36, p.787-791, 1995.

AEWSIRI, T.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Functional properties of gelatin from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin as affected by bleaching using hydrogen peroxide. **Food Chemistry**, v.115, p.243–249, 2009.

AFOAKWA, E.O. **Chocolate Science and Technology**. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing, 2010. 275p.

AFOAKWA, E.O.; PATERSON, A.; FOWLER, M. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, p.290-298, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução de diretoria colegiada – RDC n.264, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para chocolate e produtos de cacau. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/5e63cd804745929d9afede3fbc4c6735/RDC_264_2005.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 12 out. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria n.27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF, 1998a. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9180ca00474581008d31dd3fbc4c6735/PORTARIA_27_1998.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 06 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria n.29, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. Brasília, DF, 1998b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9180ca00474581008d31dd3fbc4c6735/PORTARIA_27_1998.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 06 jan. 2013.

AGUILLERA, J.M.; STANLEY, D.W. **Microstructural principles of food processing and engineering**. 2.ed. Gaithersburg: Aspen Publication, 1999. 432p.

AKOH, C.C.; MIN, D.B. **Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology**. 3.ed. New York: CRC Press, 2008. 865p.

ALFARO, A.T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. Pelotas, 2008. 134p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pelotas.

ALMEIDA, P.F. **Análise da qualidade de gelatina obtida de tarsos de frango e aspectos envolvidos no processo produtivo**. São Paulo, 2012. 121p. Dissertação de Mestrado – Universidade Nove de Julho.

ALMEIDA, P.F.; ARAÚJO, M.G.O.; SANTANDA, J.C.C. Collagen extraction from chicken feet for jelly production. **Acta Scientiarum Technology**, v.34, n.3, p.345-351, 2012a.

ALMEIDA, P.F.; VANALLE, R.M.; SANTANA, J.C.C. produção de gelatina: uma perspectiva competitiva para a cadeia produtiva de frango de corte. **Produto & Produção**, v.13, n.2, p.22-39, 2012b.

ALVES, S.G.T.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S.H.P. Propriedades funcionais de material colagenoso de pés de frango. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.52, n.3, p.289-293, 2002.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (ADA). Position of the American Dietetic Association: fat replacers. **Journal of the American Dietetic Association**, v.105, n.2, p.266-275, 2005.

ANDREUCCETTI, C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis a base de gelatina, plastificantes hidrofóbicos e surfactantes naturais**. Campinas, 2010. 103p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

ANERSEN, J.A. GILDBERG, A. Extraction and characterisation of gelatin from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. **Bioresource Technology**, n.98, p.53–57, 2007.

ARANA, C. **Physical properties of foods**: novel measurement techniques and applications. New York: CRC Press, 2012. 399p.

ARVANITOYANNIS, I. Formation and properties of collagen and gelatin films and coatings. In: GENNADIOS, A. **Protein-based films and coatings**. Boca Raton: New York: CRC Press, p.275–304, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, CACAU, AMENDOIM, BALAS E DERIVADOS (ABICAB). **Notícias**: Setor de brasileiro de chocolate mostra força com crescimento em 2012. Disponível em: <http://www.abicab.org.br/associado-chocolate-e-cacau/setor-brasileiro-de-chocolate-mostra-forca-com-crescimento-em-2012-2/>. Acesso em: 12 out. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, CACAU, AMENDOIM, BALAS E DERIVADOS (ABICAB). **Pesquisas e estatística**. Disponível em: <http://www.abicab.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 13 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório anual ABPA 2015**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ASSOCIATION OF THE CHOCOLATE, BISCUIT AND CONFECTIONERY INDUSTRIES OF THE E.U (CAOBISCO). **Annual Report 2012**. Disponível em: http://caobisco.eu/public/images/page/caobisco-25062013115711caobisco_annual_report_2012.pdf. Acesso em: 13 out. 2013.

AVISITE. Estatísticas e preços: **Carne de frango: potencial 5% maior que o do ano passado.** Disponível em: <http://www.avisite.com.br/economia/index.php?acao=carnefrango>. Acesso em: 21 nov. 2015.

BABA, S.; NATSUME, M.; YASUDA, A.; NAKAMURA, Y.; TAMURA, T.; OSAKABE, N.; KANEGAE, M.; KONDO, K. Plasma LDL and HDL cholesterol and oxidized LDL concentrations are altered in normoand hypercholesterolemic humans after intake of different levels of cocoa powder. **Journal of Nutrition**, v.137, n.6, p.1436–1441, 2007.

BADII, F.; HOWELL, N.K. Fish gelatin: structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. **Food Hydrocolloids**, v.20, n.5, p.630–640, 2006.

BAMFIELD, P.; HUTCHINGS, M. **Chromic phenomena**: thecnological applications of colour chemistry. Cambridge: RSC Publishing, p.144, 2010.

BANDEIRA, S.F. **Extração e caracterização da gelatina obtida de cabeças de carpa (*Aristichthys mobilis*)**. Rio Grande, 2009. 60p. Dissertação de Mestrado – Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 407p.

BECKETT, S.T. **The science of chocolate**. 2.ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2008. 240p.

BECKETT, S.T. Traditional chocolate making. In: BECKETT, S.T., eds. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4.ed. Chichester: Blackwell Publishing, p.2, 2009.

BELSCAK, A.; KOMES, D.; HORZIC, D.; GANIC, D.; KARLOVIC, D. Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition. **Food Research International**, v.42, p.707-716, 2009.

BOFF, C.C.; CRIZEL, T.M.; ARAÚJO, R.R.; RIOS, A.O.; FLÔRES, S.H. Desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1892-1897, 2013.

BORDIGNON, A.C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Maringá, 2010. 114p. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Maringá.

BOT, A.; FLOTER, E.; PELAN, L.; PELAN, E. Controlling the texture of *spreads*. In: MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food**: semi-solid foods. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. p.350-370. (Woodhead Publishing in food science and technology).

BOT, A.; FLOTER, E.; LAMMERS, J.G.; PELAN, E.G. The texture and microstructure of *spreads*. In: McCLENTS, D.J., eds. **Understanding and controlling the microstructure of complex foods**. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. p.575-595. (Woodhead Publishing in food science, technology and nutrition).

BOURGEOIS, C.M.; ROUX, P.L. **Protéines animales**: extraits, concentrés et isolats en alimentation humaine. Paris: Technique & Doc, 1982, 386p.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. 2.ed. New York: Academic Press, 2002. 427p.

BOUTIN, R.F. Confectionery. In: NAKAY, S.; MODLER, H.W. **Food proteins**: processing applications. New York: Wiley-VCH, 2000. p.343–384

BRODSKY, B.; WERKMEISTER, J.A.; RAMSHAW, J.A.M. Collagens and gelatins. In: FAHNESTOCK, S.R.; STEINBÜCHEL, A. **Biopolymers, polyamide and complex proteinaceous materials**. EUA: Verlag GmbH, Wiley-VCH, 2003. p.119–128.

BUENO, C.M.M. **Extração e caracterização de gelatina de pele de tilápia e aplicação como agente encapsulante de óleo de salmão em micropartículas obtidas por coacervação complexa**. Campinas, 2008. 133p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

CARVALHO, A.V.; MATTIETTO, R.A.; ASSIS, G.T.; LOURENÇO, L.F.H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de “mix” de polpa de cajá e mamão, por meio da metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazônica**, v.41, n.2, p.267–274, 2011.

CARVALHO, R.A. **Elaboração e caracterização de filmes protéicos a base de gelatina modificada enzimaticamente e quimicamente**. Campinas, 2002. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas.

CARRILLO, L.C.; LONDOÑO-LONDOÑO, J.; GIL, A. Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. **Food Research International**, v.60, p.273-280, 2013.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Standard for fat spreads and blended spreads**. CODEX STAN 256, 2007, p.1-5. Disponível em: www.codexalimentarius.org/input/download/standards/10742/CXS_256e.pdf. Acesso em: 28 abr. 2014.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex General Standard for Food Additives**. CODEX STAN 192, 1995, p.28. Disponível em: www.codexalimentarius.org/input/download/standards/4/CXS_192e.pdf. Acesso em: 28 abr. 2014.

COELHO, M.S.; SALAS-MELLADO, M.M. Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. **LWT – Food Science and Technology**, v.60, n.2, p.729-736, 2015.

COSTA, A.V.S.; NICOLAU, E.S.; TORRES, M.C.L.; FERNANDES, P.R.; ROSA, S.I.R.; NASCIMENTO, R.C. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Ciências Agrárias**, v.34, n.1, p.209-226, 2013.

COUPLAND, J.N. Emulsions. In: BELTON, P. **The chemical physics of food**. Cambridge: Blackwell Publishing, 2007. p.1-18.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. **Foods: a scientific approach**. 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 582p.

CHEN, J.; ROSENTHAL, A. Modifying food texture: novel ingredients and processing techniques. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. v.1, 257p.

CHEN, L. Emulsifiers as food texture modifiers. In: CHEN, J.; ROSENTHAL, A. **Modifying food texture: novel ingredients and processing techniques**. Reino Unido: Woodhead Publishing, 2015. v.1, p.25-47.

CHENG, L.H.; LIM, B.L.; CHOW, K.H.; CHONG, S.M.; CHANG, Y.C. Using fish gelatin and pectin to make a low-fat spread. **Food Hydrocolloids**, v.22, p.1637–1640, 2008.

CHEOW, C.S.; NORIZAH, M.S.; KYAW, Z.Y.; HOWELL, N.K. Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sin croaker (*Johnius dussumieri*) and shortfin scad (*Decapterus macrosoma*). **Food Chemistry**, v.101, p.386–391, 2007.

CHO, S-H.; JAHNCKE, M.L.; CHIN, K-B.; EUN, J-B. The effect of processing conditions on the properties of gelatin from skate (*Raja Kenojei*) skins. **Food Hydrocolloids**, v.20, p.810–816, 2006.

CHO, S.M.; GU, Y.S.; KIM, S.B. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.221–229, 2005.

DEMAN, J.M. **Principles of food chemistry**. 3.ed. Maryland: Aspen Publishers, 1999. 595p.

D'EL-REI, J.; MEDEIROS, F. Chocolate e os benefícios cardiovasculares. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v.10, n.1, p.54-59, 2011.

DIAS, A.A. **Substitutos de gorduras aplicados a alimentos para fins especiais**. 2007. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. [Trabalho de Conclusão de Curso].

DHARA, S.; DATTA, P.; PAL, P.; SARKAR, S.D. Processing and industrial aspects of fish-scale collagen: a biomaterials perspective. In: KIM, S-K. **Marine proteins and peptides: biological activities and applications**. Chichester: Wiley Blackwell, 2013. 591p.

DIEHL, H.A.; SOCACIU, C. Instruments to analyze food colors. In: OTLES, S. **Handbook of food analysis instruments**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p.229-244.

DJABOUROV, M.; LECHAIRE, L.; GAILL, F. Structure and rheology of gelatina and collagen gels. **Biorheology**, v.30, 191-205, 1993.

EDUARDO, M.F.; LANNES, S.C.S. Use of texture analysis to determine compaction force of powders. **Journal of Food Engineering**, v.80, p.568-572, 2007.

EL-HADAD, N.N.M.; YOUSSEF, M.M.; ABD EL-AAL, M.H.; ABOU-GHARBIA, H.H. Utilisation of red palm olein in formulating functional chocolate *spread*. **Food Chemistry**, v.124, p.285–290, 2011.

EFRAIM, P.; ALVES, A.B.; JARDIM, D.C.P. Revisão: Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variação e efeitos na saúde. **Braz. J. Food Technol.**, v.14, n.3, p.181-201, 2011.

EL-KALYOUBI, M.; KHALLAF, M.F.; ABDELRAHID, A.; MOSTAFA, E.M. Quality characteristics of chocolate: containing some fat replacer. **Annals of Agricultural Sciences**, v.56, p.89-96, 2011.

EYSTURSKARD, J.; HAUG, I.J.; ULSET, A-S.; DRAGET, K.I. Mechanical properties of mammalian and fish gelatins based on their weight average molecular weight and molecular weight distribution. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.2315-2321, 2009.

ESTELLER, M.S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. São Paulo, 2004. 248p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

FAERGEMAND, M.; KROG, N. Interactions of emulsifiers with other components in foods. In: GAONKAR, A.G.; McPHERSON, A. **Interactions: effects on food quality**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. p.390-419.

FAVA, N.K. **Influência do aroma e do corante na reologia do recheio artificial de morango na indústria de chocolates**. Porto Alegre: Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. 46p. [Trabalho de Conclusão de Curso].

FERNÁNDEZ-MURGA, L.; TARÍN, J.J.; GARCÍA-PÉREZ, M.A.; CANO, A. The impact of chocolate on cardiovascular health. **Maturitas**, v.69, p.312-321, 2011.

FERREIRA, M.F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango: pés**. Campo Mourão: Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. 48p. [Trabalho de Conclusão de Curso].

FRIMESA. **Nossos produtos**: lácteos, iogurte copo light. Disponível em: http://www.frimesa.com.br/br/produtos_linha.php?idproduto_linha=2. Acesso em: 22 out. 2013.

FUNAMI, T. Next target for food hydrocolloid studies: texture design of foods using hydrocolloid technology. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1904-1914, 2011.

GARCIA-CRUZ, C.H. Uso de hidrocolóides em alimentos: revisão. **Higiene Alimentar**, v.15, n.87, p.19-28, 2001.

GARCÍA-SEGOVIA, P.; MORENO, M.J.P.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Texturer in meat and fish products. In: CRUZ, R.M.S.; KHMELINSKII, I.; VIEIRA, M.C. **Methods in food analysis**. New York: CRC Press, 2014. p.91-92.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2008. 512p.

GELITA. **Gelatina**: fabricação. Disponível em: <http://www.gelita.com/pt/solu-es-e-produtos/fabrica-o-da-gelatina-em-seis-etapas>. Acesso em: 11 mar. 2013.

GELATIN MANUFACTURERS INSTITUTE OF AMERICA (GMIA). **Gelatin handbook**. New York: Gelatin Manufacturers Institute of America, 2012. 25p.

GOMES, C.R.; VISSOTO, F.Z.; FADINI, A.L.; FARIA, E.V.; LUIZ, A.M. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.614-623, 2007.

GÓMEZ-ESTACA, J.; MONTERO, P.; FERNÁNDEZ-MANTÍN, F.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Physico-chemical and film-forming properties of bovine-hide and tuna-skin gelatin: a comparative study. **Journal of Food Engineering**, v.90, n.4, p.480-486, 2009.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; TURNAY, J.; FERNANDEZ-DIAZ, M.D.; ULMO, N.; LIZARBE, M.A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v.16, n.1, p.25-34, 2002.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M.E.; MONTERO, M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1813-1827, 2011.

GONÇALVES, E.V. **Desenvolvimento e caracterização reológica de formulações especiais de fondue de chocolate**. São Paulo, 2011. 90p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

GRANADA, G.G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C.R.B.; SILVA, E. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de Geléias *light* de abacaxi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.629-635, 2005.

GUDIPATI, V. Fish gelatin: a versatile ingredient for the food and pharmaceutical industries. In: KIM, S.-K. **Marine proteins and peptides**: biological activities and applications. Chichester: Wiley Blackwell, 2013. p.271–288.

HADNADEV, M.; HADNADEV, D.T.; DOKIC, L.; PAJIN, B.; TORBICA, A.; SARIC, L.; IKONIC, P. Physical and sensory aspects of maltodextrin gel addition used as fat replacers in confectionery filling systems. **LWT - Food Science and Technology**, v.59, n.1, p.495-503, 2014.

HAO, S.; LI, L.; YANG, X.; CEN, J.; SHI, H.; BO, Q.; HE, J. The characteristics of gelatin extracted from sturgeon (*Acipenser baeri*) skin using various pretreatments. **Food Chemistry**, v.115, p.124–128, 2009.

HARRISON-DUNN, A. **Gelatin is more than just a texturiser**: Rousselot. [S.l.]: William Reed Business Media SAS, 2015. Disponível em: <http://www.nutraingredients.com/content/view/print/1188821>. Acesso em: 30 nov. 2015.

HASENHUETTI, G.L. Overview of food emulsifiers. In: HASENHUETTI, G.L.; HARTEL, R.W. **Food emulsifiers and their applications**. New York; London: Chapman & Hall, 1997. p.1-9.

HAUG, I.J.; DRAGET, K.I.; SMIDSROD, O. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. **Food Hydrocolloids**, v.8, p.203–213, 2004.

HELLMANN'S. **Produto:** maionese. Disponível em: <http://www.hellmanns.com.br/#!/produtos/maionese>. Acesso em: 22 out. 2013.

HILL, D.S.; KNOX, B.; HAMILTON, J.; PARR, H.; STRINGER, M. Reduced-fat foods: the shopper's viewpoint. **International Journal of Consumer Studies**, v.26, n.1, p.44-57, 2002.

HOWELL, N.K.; BADII, F. Fish gelatin: structure, gelling properties and interaction with other proteins. In: WILLIAMS, P.; PHILLIPS, G. **Gums and Stabilisers for the food industry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. p.167–178.

HUBBARD, M.R. **Statistical quality control for the food industry**. 3.ed. New York: Kluwer Academic; Plenum Publishers, 2003. 339p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE OPINIÃO PÚBLICA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional Fiesp / Ibope sobre o perfil do consumo de alimentos no Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.ibope.com.br/pt-br/conhecimento/relatoriospesquisas/Lists/RelatoriosPesquisaEleitoral/JOB%20100308%20-%20Fiesp%20Food%20Trends.pdf>. Acesso em: 13 out. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE OPINIÃO PÚBLICA E ESTATÍSTICA. **Notícias**: 75% dos brasileiros consomem chocolate. 2013. Disponível em: <http://www.ibope.com.br>. Acesso em: 06 jan. 2014.

INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION. **Statistics**: the world cocoa economy: past and presente. 2012. Disponível em: http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/45-statistics-other-statistics.html. Acesso em: 13 out. 2013.

ITAMBÉ. **Nossos produtos**: ingredientes. 2013. Disponível em: <http://www.itambe.com.br/Pagina/70/nossos-produtos---itambezinho-petit-suisse-morango.aspx>. Acesso em: 21 out. 2013.

IWAI, K.; YOUZUO, Z.; KOUGUCHI, T.; SAIGA-EGUSA, A.; SHIMIZU, M.; OHMORI, T.; TAKAHATA, Y.; MORIMATSU, F. Remove from marked records blood concentration of food-derived peptides following oral intake of chicken collagen hydrolysate and its angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in healthy volunteers. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, v.56, n.6, p.326-330, 2009.

JALIL, A.M.M.; ISMAIL, A. Polyphenols in cocoa and cocoa products: is there a link between antioxidant properties and health? **Molecules**, v.13, p.2190-2219, 2008.

JAMILAH, B.; HARVINDER, K.G. Properties of gelatins from skins of fish—black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). **Food Chemistry**, v.77, p.81–84, 2002.

JEYARANI, T.; BANARJEE, T.; RAVI, R.; GOPALA KRISHNA, A.G. Omega-3 fatty acids enriched chocolate *spreads* using soybean and coconut oils. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.2, p.1082-1088, 2015.

JOSHI, P.; BRIMELOW, C.J.B. Colour measurement of foods by colour reflectance. In: MACDOUGALL, D.B. **Colour in food**: improving quality. Boca Raton; Cambridge: Woodhead Publishing, 2002. p.80-109.

KAPLAN, D.L. **Biopolymers from renewable resources**. New York: Springer, 1998. 413p.

KARIM, A.A.; BHAT, R. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. **Trends in Food Science & Technology**, v.19, n.12, p.644-656, 2008.

KASANKALA, L.M.; XUE, Y.; WEILONG, Y.; HONG, S.D.E.; HE, Q. Optimization of gelatin extraction from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fish skin by response surface methodology, **Bioresource Technology**, v.98, n.17, p.3338-3343, 2007.

KATZ, D.L.; DOUGHTY, K.; ALI, A. Cocoa and chocolate in human health and disease (Review). **Antioxidants & Redox Signaling**, v.15, p.2779–2811, 2011.

KIEW, P.L.; DON, M.M. Screening and empirical kinetic models of collagen extraction from selected malaysian freshwater fish. **Journal of Food Process Engineering**, v.36, n.4, p.428-438, 2012.

KOCHHAR, S.P. Fats and fatty foods. In: RANKEN, M.D.; KILL, R.C.; BAKER, C. **Food industries manual**. 24.ed. London: Chapman & Hall, 1997. p.272-315.

KOYAMA, Y.; HIROTA, A.; MORI, H.; TAKAHARA, H.; KUWABA, K.; KUSUBATA, M.; MATSUBARA, Y.; KASUGAI, S.; ITOH, M.; IRIE, S. Ingestion of gelatin has differential effect on bone mineral density and body weight in protein undernutrition. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v.47, n.1, p.84-86, 2001.

KOLAKOWSKA, A.; SIKORSKI, Z.E. Lipids and food quality. In: SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical, biological, and functional aspects of food lipids**. New York: CRC Press, 2011. p.71-80.

KUMAR, P. Process optimization for the preparation of chocolate *spread* incorporating whey protein concentrate, cocoa powder, olive oil and butterfat using response surface methodology. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.6, p.745-757, 2014.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. S.l.: Konica Minolta Sensing, 2007. 62p. Disponível em: http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf. Acesso em: 16 jan. 2013.

LADJEVARDI, Z.S.; GHARIBZAHEDI, S.M.T.; MOUSAVI, M. Development of a stable low-fat yogurt gel using functionality of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) husk gum. **Carbohydrates Polymers**, v.125, p.272-280, 2015.

LAMBERT, J.P. Nutrition and health aspects of chocolate. In: BECKETT, S.T., eds. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4.ed. Chichester: Blackwell Publishing, 2009. p.623-635.

LINDSAY, R.C. Aditivos alimentares. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.537-584.

LIU, D.C.; LIN, Y.K.; CHEN, M.T. Optimum condition of extracting collagen from chicken feet and its characteristics. **Journal of Animal Science**, v.14, n.11, p.1638–1644, 2001.

LIU, H.; XU, X.M.; GUO, S.D. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. **LWT – Food Science and Technology**, n.40, p.946-954, 2007.

LONCAREVIC, I.; PAJIN, B.; PETROVIC, J.; ZARIC, D.; TORBICA, A.; LLOYD, D.M.; OMORJAN, R. The impact of sunflower and rapeseed lecithin on the rheological properties of *spreadable* cocoa cream. **Journal of Food Engineering**, v.171, p.67-77, 2016.

MA, Z.; BOYE, J.I. Advances in the design and production of reduced-fat and reduced-cholesterol salad and mayonnaise: a review. **Food Bioprocess Technology**, v.6, n.3, p.648-670, 2013.

MACHADO, M.M. **Desenvolvimento de formulações de bolos de chocolate *light* utilizando farinha do mesocarpo de maracujá e hidrocolóides**. Aracajú, 2012. 98p. Dissertação de Mestrado – Universidade Tiradentes.

MANAY, N.S.; SHADAKSHARASWAMY, M. **Foods: facts and principles**. 2.ed. Nova Delhi: New Age International Publishers, 2001. p.392-393.

MANZANO, G.P.P. **Aspectos sensoriais e físico-químicos de “iogurtes” de soja com espessantes/estabilizantes à base de fécula de inhame (*dioscorea alata*), amido modificado e gelatina**. Araraquara, 2007. 85p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”.

MARTINS, F.M.M.; TALAMINI, D.J.D.; NOVAES, M. Avicultura: situação e perspectivas brasileira e mundial. **Ave World**, v.4, n.20, p.21-30, 2006.

MCCLEMENTS, D.J. **Food emulsions**: principles, practices and techniques. 3.ed. New York: CRC Press, 2016. p.1-26.

MCCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. Lipídeos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.131-178.

MCCLEMENTS, D.J. Role of hydrocolloids as emulsifiers in foods. In: WILLIAMS, P.A.; PHILLIPS, G.O. **Gums and stabilisers for the food industry 12**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. p.381-393. (Special publication, n.294).

MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food**: semi-solid foods. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. 422p. (Woodhead Publishing in food science and technology).

MEDEIROS, M.L.; LANNES, S.C.S. Chemical evaluation of cocoa substitutes and study of formulated chocolate drink powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.247-253, 2009.

MILLIATTI, M.C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. São Paulo, 2013. 109p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

MIQUELIM, J.N.; BEHRENS, J.H.; LANNES, S.C.S. Analysis of Brazilian consumer preference of filled chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.493-497, 2008.

MIQUELIM, J.N.; ALCÂNTARA, M.R.; LANNES, S.C.S. Stability of fruit bases and chocolate fillings. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.1, p.270-276, 2011.

MIQUELIM, J.N. **Avaliação reológica e microscópica de espumas tipo *Marshmallow***. São Paulo, 2010. 135p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

MYERS, R.H.; MONTGOMERY, D.C.; ANDERSON-COOK, C.M. **Response surface methodology**: process and product optimization using designed experiments. 3.ed. New Jersey: John Wiley, 2009. 705p.

MENDONÇA, F.H.O.; VITORINO, K.M.N.; CARVALHO, J.M.S.; ESPÍRITO SANTO, F.S. Resíduos sólidos gerados em agroindústrias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, Joinville, 2003. **Anais**. Joinville: ABES, 2003. p.1-13.

MONAHAN, K.D. Effect of cocoa/chocolate ingestion on brachial artery flow-mediated dilation and its relevance to cardiovascular health and disease in humans. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.527, n.2, p.90–94, 2012.

MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Extracting conditions for Megrim (*Lepidorrhombus boscii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. **Journal of Food Science**, v.65, n.3, p.434-438, 2000.

MOREIRA, S.C.P.A. **Estudo da obtenção de gelatina a partir de raspa Wet-Blue da indústria de curtumes**. Porto, 2008. 89p. Dissertação de Mestrado – Instituto Superior de Engenharia do Porto.

MOROS, J.; IÑÓN, F.A.; GARRIGUES, S. Near-infrared diffuse reflectance spectroscopy and neural networks for measuring nutritional parameters in chocolate samples. **Analytica Chimica Acta**, v.584, n.1, p.215–222, 2007.

NESTLÉ. **Marcas:** mega, ingredientes. 2013. Disponível em: [http://www.nestle.com.br/site/marcas/mega/Picoles Nestle Mega/mega trufa branca.aspx](http://www.nestle.com.br/site/marcas/mega/Picoles%20Nestle%20Mega/mega%20trufa%20branca.aspx). Acesso em: 21 out. 2013.

NIKZADE, V.; TEHRANI, M.M.; SAADATMAND-TARZJAN, M. Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. **Food Hydrocolloids**, v.28, p.344-352, 2012.

NORZIAH, M.H.; AL-HASSAN, A.; KHAIRULNIZAM, A.B.; MORDI, M.N.; NORITA, M. Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**, v.23, n.6, p.1610–1616, 2009.

NUSSINOVITCH, A. **Hydrocolloid applications:** gum technology in the food and other industries. London: Blackie Academic and Professional, 1997. 361p.

OESSER, S.; SEIFERT, J. Stimulation of type II collagen biosyntheses and secretion in bovine chondrocytes cultured with degraded collagen. **Cell and Tissue Research**, v.311, n.3, p.393-399, 2003.

PADILHA, A.C.M.; SILVA, T.N.; SAMPAIO, A. Desafios de adequação à questão ambiental no abate de frangos: o caso da Perdigão Agroindustrial – Unidade Industrial de Serafina Corrêa – RS. **Teoria e Evidência Econômica**, v.14, ed.esp., p.109-125, 2006.

PALAZZO, A.B. **Análise tempo-intensidade, perfil descritivo e estudo de consumidor de gelatinas tradicionais e diet sabor framboesa**. Campinas, 2008. 117p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

PALHARES, J.C.P. Novo desafio para avicultura: a inserção das questões ambientais nos modelos produtivos. **Avicultura Industrial**, v.96, ed.1138, p.14-20, 2005.

PEYRONEL, M.F.; ACEVEDO, N.C.; MARANGONI, A.G. Structural and mechanical properties of fats and their implications for food quality. In: SKIBSTED, L.H.; RISBO, J.; ANDERSEN, M.L., eds. **Chemical deterioration and physical instability of food and beverages**. Oxford: Woodhead Publishing, 2010. p.216-254. (Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition, n.186).

PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.; ROSMINI, M.R. Chemical and physical aspects of colour in frozen muscle-based foods. In: HUI, Y.H. **Handbook of food science, technology, and engineering**. New York: CRC Press, 2006. p.62.

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

PLUS VITA. **Produtos:** pães light e especiais. Disponível em: <http://www.mundoplusvita.com.br/#/produtos>. Acesso em: 22 out. 2013.

PRESTES, R.C. Colágeno e seus derivados: características e aplicações em produtos cárneos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v.1, n.15, p.65-74, 2013.

QUAST, L.B.; LUCCAS, V.; DEMIATE, I.M.; SANTOS, R.D.; QUAST, E.; KIECKBUSCH, T.G. Avaliação de propriedades térmicas de manteiga de cacau e gorduras alternativas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, p.387–397, 2011.

RAFIEIAN, F.; KERAMAT, J.; KADIVAR, M. Optimization of gelatin extraction from chicken deboner residue using RSM method. **Journal of Food Science and Technology**, v.50, n.2, p.374-380, 2013.

RAMASWAMY, H.S.; SINGH, A.; SHARMA, M. Back extrusion rheology for evaluating the transitional effects of high pressure processing of egg componentes. **Journal of Texture Studies**, v.46, p.34-45, 2015.

RAWDKUEN, S.; THITIPRAMOTE, N.; BENJAKUL, S. Preparation and functional characterisation of fish skin gelatin and comparison with commercial gelatin. **International Journal of Food Science & Technology**, v.48, n.5, p.1093–1102, 2013.

RECHSTEINER, M.S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata doce e mandioca e aplicação como substitutos de gordura em sorvetes**. Botucatu, 2009. 152p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual de São Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

REZENDE, N.V. **Balanceamento nutricional de chocolate a partir de modelagem de misturas de ingredientes associada a propriedades reológicas e sensoriais**. Londrina, 2013. 99p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Londrina.

REZENDE, N.V.; BENASSI, M.T.; VISSOTO, F.Z.; AUGUSTO, P.P.C.; GROSSMANN, M.V.E. Effects of fat replacement and fibre addition on the texture, sensory acceptance and structure of sucrose-free chocolate. **International Journal of Food Science and Technology**, v.50, p.1413-1420, 2015.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 184p.

RICHTER, M.; LANNES, S.C.S. Bombom para dietas especiais: avaliação química e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.193-200, 2007.

RIOS, R.V. **Efeitos da substituição da gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos**. São Paulo, 2014. 131p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

RIOS, R.V.; PESSANHA, M.D.F.; AMLEIDA, P.F.; VIANA, C.L.; LANNES, S.C.S. Application of fats in some food products. **Food Science and Technology**, v.34, n.1, p.3-15, 2014.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos & otimização de processos**. 2.ed. Campinas: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009. 353p.

ROLLER, S.; JONES, S.A. **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC Press; Weimar: Chips, 1996. 325p.

ROSENTHAL, A.J. **Food texture**: measurement and perception. USA: Aspen Publishers, 1999, 305p.

ROUSSELOT. A gelatina e seus benefícios para a saúde humana. **Food Ingredients Brasil**, n.18, p.56-65, 2011. Disponível em: www.revista-fi.com. Acesso em: 13 jan. 2013.

SAIGA, A.; IWAI, K.; HAYAKAWA, T.; TAKAHATA, Y.; KITAMURA, S.; NISHIMURA, T.; MORIMATSU, F. Angiotensin I-converting enzyme-inhibitory peptides obtained from chicken collagen hydrolysate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.20, p.9586–9591, 2008.

SAJEDI, M.; NASIRPOUR, A.; KERAMAT, J.; DESOBRY, S. Effect of modified whey protein concentrate on physical properties and stability of whipped cream. **Food Hydrocolloids**, v.36, p.93-101, 2014.

SALAS, V.A.G. **Elaboração de produtos com características funcionais a base de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)**. São Paulo, 2011. 106p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

SALDAÑA, M.D.A. **Extração de alcalóides de produtos naturais com fluidos super críticos**. Campinas, 2002. 341p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Estadual de Campinas.

SANTANA, F.C.; SILVA, J.V.; SANTOS, A.J.A.O.; ALVES, A.R.; WARTHA, E.R.A.; MARCELLINI, P.S.; SILVA, M.A.A.P. Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca do maracujá amarelo (*Passarela edulis flavicarpa*) e fécula de mandioca (*Manihot esculenta crantz*). **Alimento e Nutrição**, v.22, n.3, p.391-399, 2011.

SANTOS, G.G. Substitutos de gordura. **Nutrição Brasil**, v.8, n.5, p.329-334, 2009.

SANTOS, F.F. **Qualidade bacteriológica de pés de frangos de corte em diferentes etapas do processamento tecnológico**. Niterói, 2010. 70p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Fluminense.

SANTOS, A.C.A.; ROSEIRO, C. Rheological properties of foods. In: ARANA, C. **Physical properties of foods**: novel measurement techniques and applications. New York: CRC Press, 2012. p.23-54.

SAHIN, S.; SUMNU, S.G. **Physical properties of foods**. New York: Springer, 2006. 257p.

SARBON, N.M.; BADII, F.; HOWELL, N.K. Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. **Food Hydrocolloids**, v.30, p.143-151, 2013.

SILVA JUNIOR, E. **Formulações especiais para sorvetes**. São Paulo, 2008. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

SIKORSKI, Z.E. The role of lipids in food quality. In: WILLIAMS, C.; BUTTRISS, J., eds. **Improving the fat content of foods**. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead Publishing, 2006. p.213-233. (Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition).

SILVA, R.S.G.S.; BANDEIRA, S.F.; PETRY, F.C.; PINTO, L.A.A. Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.904-909, 2011.

SIVIERI, K.; OLIVEIRA, M.N. Avaliação da vida-de-prateleira de bebidas lácteas preparadas com “fat replacers” (Litesse e Dairy-lo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.24-31, 2002.

SOKOLOV, A.N.; PAVLOVA, M.A.; KLOSTERHALFEN, S.; ENCK, P. Chocolate and the brain: neurobiological impact of cocoa flavanols on cognition and behavior. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v.37, n.10, p.2445–2453, 2013.

SORVETE ITÁLIA. **Produtos:** picolés. Disponível em: <http://www.sorveteitalia.com/produtos/interna/66/Chocolate-Africano>. Acesso em: 22 out. 2013.

SCHOTT, A. Functions of gelatine in food applications. **Cereal Foods World**, v.46, pt.9, p.414-416, 2001.

SCHRIEBER, R.; GAREIS, H. **Gelatine handbook**. Weinheim: Wiley-VCH GmbH, 2007. 345p.

SCHNEIDER, A.L.; SOUZA, C.F.V. Estudo da adição de gelatina à barra de chocolate ao leite. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.3, n.1, p.15-27, 2009.

SCHUMACHER, A.B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. Porto Alegre, 2008. 91p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SMITH, D.F. Benefits of flavanol-rich cocoa-derived products for mental well-being: a review. **Journal of Functional Foods**, v.5, n.1, p.10–15, 2013.

SWORN, G. Hydrocolloid thickeners and their applications. In: WILLIAMS, P.; PHILLIPS, G. **Gums and stabilisers for the food industry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. p.14-22.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2.ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. 418p.

STEWART-KNOX, B.; PARR, H.; BUNTING, B.; MITCHELL, P. A model for reduced fat food product development success. **Food Quality and Preference**, v.14, n.7, p.583-593, 2003.

SU, F. **Comportamento estrutural de formulações de gelados comestíveis com variações na base gordurosa**. São Paulo, 2012. 114p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

TOLEDO, R. T. **Fundamentals of food process engineering**. 3.ed. New York: Aspen Publishers, 2007. 585p.

TONELLI, J.T.C.L.; MURR, F.E.X.; PARK, K.J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, n.2, p.181-204, 2005.

TRIO. **Produtos**: barras de cereais. Disponível em: <http://trio.net.br/pave-de-chocolate-light/>. Acesso em: 22 out. 2013.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA (UBABEF). **Relatório Anual 2012**. Disponível em: http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes_relatoriosanuais.php. Acesso em: 20 out. 2013.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **Unece standard**: chicken meat carcasses and parts. 2006.ed. New York: United Nations Publication, 2006. 54p. Disponível em: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/meat/e/Archive/Chicken_2006_e_draft_hr.pdf. Acesso em: 13 mar. 2013.

VASCONCELOS, M.C.; SILVA, C.L.; MEZA, M.L.F.G.; BASSI, N.S.S. Trajetória tecnológica da cadeia produtiva do frango de corte no Brasil. **Iniciação Científica CESUMAR**, v.17, n.1, p.15-27, 2015.

VIEIRA JÚNIOR, P.; LIMA, F.; BELIK, W A. Agentes e instituições da cadeia produtiva do frango de corte. In: CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE SOCIOLOGÍA RURAL, ALASRU, 7, Quito, 2006. **Anais**. Quito, 2006.

VIGOR. **Produtos**: iogurtes. Disponível em: <http://www.vigor.com.br/produtos/iogurtes/grego/iogurte-grego-tradicional/>. Acesso em: 29 out. 2013.

VRIES, J. Hydrocolloids gelling agents and their applications. In: WILLIAMS, P.; PHILLIPS, G. **Gums and stabilisers for the food industry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. p.23-30.

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

WIDYASARI, R.; RAWDKUEN, S. Extraction and characterization of gelatin from chicken feet by acid and ultrasound assisted extraction. **Food and Applied Bioscience Journal**, v.2, n.1, p.85-97, 2014.

WILLIAMS, P.; PHILLIPS, G. **Handbook of hydrocolloids**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000. 450p.

WILLIAMS, P.A.; PHILLIPS, G.O. The use of hydrocolloids to improve food texture. In: MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food: semi-solid foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. p.253. (Woodhead Publishing in food science and technology).

WOLF, F.A. collagen and gelatin. **Progress in Biotechnology**, v.23, pt.5, p.133-218, 2003.

WOLLGAST, J.; ANKLAM, E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. **Food Research International**, v.33, p.423-443, 2000.

WU, B.C.; DEGNER, D.; MCCLEMENTS, D.J. Creation of reduced fat foods: Influence of calcium-induced droplet aggregation on microstructure and rheology of mixed food dispersions. **Food Chemistry**, v.141, p.3393–3401, 2013.

YANG, H.; WANG, Y. Effects of concentration on nanostructural images and physical properties of gelatin from channel catfish skins. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.577-584, 2009.

YANG, H.; WANG, Y.; JIANG, M.; OH, J-H.; HERRING, J.; ZHOU, P. 2-step optimization of the extraction and subsequent physical properties of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin gelatin. **Journal of Food Science**, v.72, n.4, p.C188-C195, 2007.

YASIN, H.; BABJI, A.S.; ISMAIL, H. Optimization and rheological properties of chicken ball as affected by κ -carrageenan, fish gelatin and chicken meat. **LWT – Food Science and Technology**, v.66, p.79-85, 2016.

ZAYAS, J.F. **Functionality of proteins in food**. New York: Springer, 1997. p.134-215.

ZIEGLER F.L.F. **Desenvolvimento de um produto dietético funcional para idosos**. Campinas, 2006. 269p. Dissertação de Mestrado –Universidade Estadual de Campinas.

ZHANG, Y.; KOUGUCHI, T.; SHIMIZU, M.; OHMORI, T.; TAKAHATA, Y.; MORIMATSU, F. Chicken collagen hydrolysate protects rats from hypertension and cardiovascular damage. **Journal of Medicinal Food**, v.13, n.2, p.399-405, 2010.

ZHOU, P.; REGENSTEIN, J.M. Comparison gel desserts from fish skin and pork gelatins using instrumental measurements. **Journal of Food Science**, v.72, n.4, p.196-201, 2007.

CAPÍTULO 2

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELATINA OBTIDA DE SUBPRODUTO DE FRANGO

Journal of Food Process Engineering, v. 36, n.6, p. 824-833, 2013 ISSN: 1745-4530.

RESUMO

Propriedades físico-químicas de géis de gelatina extraídos de pés de frango foram caracterizadas como uma alternativa à gelatina de mamíferos utilizada comercialmente. Para a obtenção de uma gelatina com menor teor de resíduos minerais realizou-se testes de extração com diferentes partes dos pés de frango (inteiros, metatarsos, patas e peles/tendões). O método de extração da gelatina consistiu em pré-tratamento ácido da matéria-prima, posterior aquecimento em água destilada seguida de filtração e secagem. Primeiramente realizou-se a análise de resíduos minerais das amostras para se identificar o teste que propiciaria a gelatina com menor teor de resíduos minerais. A partir desse resultado, a gelatina foi caracterizada quanto à composição centesimal, pH, cor, perfil de textura, força de gel e rendimento. Preparou-se géis de gelatina com diferentes concentrações (1,0 %, 2,0 %, 3,33 %, 4,0 %, 6,67 % e 10 %) em água destilada. As determinações da força do gel e do perfil de textura foram realizadas em texturômetro (TA-XT2, *Stable Micro System*, Reino Unido) com penetração do probe cilíndrico (P/10) para a força de gel e probe prato de alumínio com 75 mm de diâmetro (P/75) com compressão dupla para o perfil de textura. Os parâmetros analisados no teste de perfil de textura foram dureza, coesividade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade. Verificou-se um maior rendimento (7,83 %) de material colagenoso e menor conteúdo de resíduos minerais (1,92 %) na gelatina extraída das peles e tendões dos pés de frango, sendo, portanto a amostra utilizada para a caracterização. O resultado da composição centesimal indicou elevado conteúdo de proteína bruta (84, 96 %) muito próximo das gelatinas comerciais. O valor observado para a força de gel foi superior para as gelatinas com maiores concentrações, sendo classificadas como alto *Bloom*. A dureza, adesividade e mastigabilidade aumentaram significativamente com o aumento da concentração de gelatina e o gel de gelatina comportou-se como um sólido. Assim, os resultados deste estudo demonstraram que a gelatina extraída de peles e tendões dos pés de frango é uma possível alternativa à gelatina de mamíferos, podendo ser utilizada de acordo com seu valor *Bloom*, em uma ampla gama de aplicações alimentícias.

Palavras-chave: Gelatina, pés de frango, peles e tendões, propriedades físico-químicas.

CHAPTER 2

EXTRACTION AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF GELATIN FROM CHICKEN BY-PRODUCT

Journal of Food Process Engineering, v. 36, n.6, p. 824-833, 2013 ISSN: 1745-4530.

ABSTRACT

Physicochemical properties of gelatin gels extracted from chicken feet were characterized as an alternative to mammalian gelatin commonly used commercially. To obtain a gelatin with a lower mineral waste test was performed by extraction with different parts from chicken feet (whole feet, metatarsus, paws and skins / tendons). The extraction method consists in a mild swelling step in acetic acid and subsequent gelatin extraction in warm distilled water followed by filtration and drying. First, was performed the mineral content analysis of the samples to identify the test that would provide a gelatin with a lower mineral waste. From this result, the gelatin was characterized about their proximate composition, pH, color, texture profile, gel strength and yield. The preparation of gels for analysis was made by dissolving the dry gelatin with different concentrations (1.0%, 2.0%, 3.33%, 4.0%, 667% and 10%) in distilled water. The determination of gel strength and texture profile was performed using Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro System, UK) with a probe P/10 for gel strength and probe compression platens P/75 with double compression for texture profile. The analyzed parameters in the texture profile test were hardness, cohesiveness, adhesiveness, springiness and chewiness. It was found an increased yield (7.83 %) collagenous material and lower ash content (1.92 %) in gelatin extracted from skin and tendons of the chicken feet, this being so, the sample used for characterization. The result of the proximate composition showed high crude protein content (84.96 %) very close to the commercial gelatins. The value observed for gel strength was higher for the gelatin with higher concentrations, classified as high *Bloom*. The hardness, adhesiveness and chewiness increased significantly as the concentrations of the gels increased. Thus, the results of this study demonstrated that gelatin extracted from skins and tendons of chicken feet is a possible alternative to mammalian gelatin, which can be used according to its *Bloom* value, in a wide range of food applications.

Keywords: Gelatin, chicken feet, skin and tendons, physicochemical properties

2.1 INTRODUÇÃO

O colágeno é um componente estrutural importante em seres humanos e animais constituindo cerca de 30 % da proteína total com função de manter a integridade dos tecidos e proporcionar propriedades mecânicas específicas necessárias para cada tecido conjuntivo. A importância comercial do colágeno refere-se a uma ampla aplicação da gelatina (BRODSKY et al., 2003).

A gelatina é uma proteína fibrosa extraída a partir de colágeno sendo um biopolímero funcional importante que tem uma ampla aplicação em muitas áreas industriais, tais como alimentos, materiais, farmácia e fotografia (HAO et al., 2009). É considerada uma proteína com características únicas devido tanto à sua capacidade para formar gel termorreversível com uma temperatura de fusão perto da temperatura corporal quanto pela sua solubilidade em água (NORZIAH et al., 2009).

De acordo com Gómez-Guillén et al. (2011), a qualidade de uma gelatina pode ser definida pela força de gel, estabilidade térmica, além das suas propriedades físico-químicas. A força de um gel de gelatina pode ser classificada por meio do valor *Bloom* em: baixo (50 a 100 g), médio (100 – 200 g) e alto (200 a 300 g) (SCHRIEBER, GAREIS, 2007) e tal valor determina a qualidade das propriedades físicas de uma gelatina (SARBON et al., 2013).

Segundo Schrieber e Gareis, (2007), entre as características químicas importantes da gelatina está o teor de resíduos minerais, que por sua vez depende do tipo de matéria-prima utilizada na extração. Frequentemente o valor de resíduos minerais excede o limite determinado pela maioria das farmacopéias e regulamentos de alimentos. Estes sais dissolvidos exercem uma influência negativa sobre os parâmetros sensoriais e na maior parte das propriedades físicas da gelatina, nesse sentido, é interessante a obtenção de um produto com baixo teor de resíduos minerais.

Dependendo das características químicas, de textura e força de gel da gelatina, esta pode ter várias aplicações na indústria de alimentos, de acordo com Moritaka e Nakazawa (2010) a gelatina tem sido utilizada como um agente de gelificação há muitos anos e atualmente para ajustar as propriedades físicas de produtos alimentares. Segundo Jones et al. (2003), em geral, a gelatina tem as

características texturais necessárias para modelar as propriedades sensoriais de vários sistemas alimentares.

A textura é um dos atributos mais importantes usados pelos consumidores para avaliar a qualidade de um alimento, influenciando no paladar ou “*mouthfeel*” de um produto (MCKENNA, 2003). A análise instrumental de perfil de textura ou *Texture Profile Analysis* (TPA) tem sido utilizada por muitos anos para a medição das propriedades de textura dos alimentos (BOURNE, 2002). De acordo com Rahman e Al-Mahrrouqi (2009) há poucos trabalhos sobre teste de TPA em géis de gelatina de diferentes fontes de matéria-primas. Mais especificamente, não há conhecimento da existência de estudos de gelatina extraída de pés de frango abordando essa temática.

A maioria das gelatinas disponíveis são fabricadas a partir de recursos de mamíferos, como pele de suíno, ossos e couro bovino (ALFARO, 2008; GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; ROMAN, 2007; SARBON et al., 2013), porém o desenvolvimento de fontes alternativas ganhou importância nos últimos anos (SARBON et al., 2013).

Há alguns anos várias pesquisas vêm levantando questionamentos sobre a utilização de gelatina oriunda de bovinos e suínos, indicando preocupações de saúde pública e religiosa, tais como: o receio da *Encefalopatia Espongiforme Bovina* (BSE), o caso do Islamismo e Judaísmo não aceitarem gelatinas derivadas de peles de suíno e as de bovinos somente se tiverem sido preparadas de acordo com as exigências religiosas. Dessa forma, outras fontes de gelatina estão se tornando cada vez mais relevantes (WILLIAMS, PHILLIPS, 2000; CHO et al., 2005; BADII, HOWELL, 2006; DHARA et al., 2013; SARBON et al., 2013).

As pesquisas realizadas sobre fontes de gelatinas alternativas, em sua grande maioria, são de origem de pescados, tais como: gelatina extraída de pele de tilápia (JAMILAH, HARVINDER, 2002; ALFARO, 2008; BORDIGNON, 2010; BUENO et al., 2011) de subprodutos de carpa (WANG et al., 2009; TAVAKOLIPOUR, 2011), de vários tipos de peixes de água doce da Malásia (KIEW, DON, 2012) de pele de corvina (CHEOW et al., 2007) de resíduos do processamento de surimi (NORZIAH et al., 2009), entre outros. Porém, essas matérias-primas originam gelatinas com propriedades reológicas inferiores às de mamíferos (CHOI, REGENSTEIN, 2000).

Foram verificadas apenas algumas pesquisas sobre obtenção de gelatina a partir de subprodutos avícola (LIU et al., 2001; CLICHÉ et al., 2003; CHENG et al.,

2009; ZHANG et al., 2010; ALMEIDA et al., 2012; RAFIEIAN et al., 2013; SARBON et al., 2013) porém existem poucas informações sobre a caracterização detalhada das propriedades físico-químicas e estruturais da gelatina obtida de pés de frango, que por sua vez, segundo Santos (2010), é considerado um resíduo na indústria avícola, tendo baixo valor comercial.

Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo extrair gelatina de diferentes partes dos pés de frango identificando a melhor característica referente ao conteúdo de resíduos minerais e posterior caracterização quanto à composição centesimal, perfil de textura, cor e força do gel (*Bloom*) analisando o comportamento dos géis de gelatina em diferentes concentrações de forma a obter um produto com características adequadas ao consumo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Fonte e preparo da matéria-prima

Foram adquiridos pés de frango da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, SP, Brasil) e encaminhados ao Laboratório de Física Industrial II da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCF) da Universidade de São Paulo (USP), onde foram submetidos ao processo de lavagem, a fim de remover possíveis resíduos e, posteriormente, armazenados em embalagens plásticas à baixa temperatura (-20 °C) até sua utilização. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico obtidos de fornecedores tradicionais

2.2.2 Extração da gelatina

Realizou-se primeiramente um teste piloto de extração da gelatina com a finalidade de adequar o produto aos padrões legais, sendo necessárias, portanto, algumas modificações na metodologia empregada no decorrer do experimento. Para a obtenção de uma gelatina com menor teor de resíduos minerais realizou-se testes de extração com pés de frango inteiros (metatarsos e patas) (teste 1), apenas os

metatarsos (teste 2), outro com as patas (teste 3) e por fim um teste utilizando apenas as peles e tendões que compõem os pés inteiros (teste 4).

Para as três primeiras formas da matéria-prima foi utilizada a mesma metodologia de extração baseada em Almeida (2012) com as seguintes modificações: diminuição do tempo e temperatura de extração a quente, visando uma otimização do processo sem contudo provocar grandes alterações no rendimento e demais características do produto final, equipamento diferente de secagem e método de filtração.

Figura 1 – Fluxograma do processo de extração de gelatina de pés de frango

Primeiramente, 200 g de pés de frango foram cortados em aproximadamente 3 cm e submetidos ao pré-tratamento, que por sua vez, consiste em colocar a matéria-prima imersa em ácido acético a 4,0 % por 16 horas, conforme o fluxograma apresentado na Figura 1.

Após o tratamento ácido, realizou-se o enxague da matéria-prima em água corrente com posterior extração a quente (55 °C) em um béquer com água destilada (1:2 p/v) por 6 horas conforme a Figura 2.

Figura 2 – Extração de gelatina em banho-maria à temperatura controlada

A solução obtida, após a extração a quente, foi separada dos resíduos sólidos com a utilização de uma peneira. Para a filtração, seguiu-se o método indicado por Badii e Howell (2006), Hao et al. (2009) e Sarbon et al. (2013) onde a solução extraída foi filtrada em papel filtro Whatman (n° 4), para tanto, utilizou-se um funil de Büchner de porcelana adaptado a um Kitassato com o auxílio de bomba de vácuo como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 – Filtração da solução de gelatina

Camadas de aproximadamente 2 cm de altura da solução filtrada foram depositadas em bandejas plásticas e levadas à secagem em estufa com circulação de ar, conforme Anersen e Gildberg (2007) e Giménez et al. (2009), a 50 °C por 13 horas. Findo o processo, as folhas de gelatinas (Figura 4) foram trituradas em multi processador, acondicionadas em recipientes de vidro e armazenadas em refrigerador.

Figura 4 – Folha de gelatina após secagem

O último teste envolvendo apenas as peles e os tendões que compõem os pés de frango foi realizado seguindo-se a mesma metodologia citada para os demais testes salvo algumas modificações na preparação da matéria-prima. Após o pré-tratamento ácido, os pés de frango em pequenos pedaços foram enxaguados em água corrente e com o auxílio de facas separou-se a pele e os tendões sendo os ossos descartados. Os demais passos do processo de extração foram realizados conforme os testes anteriores de acordo com a Figura 1.

2.2.3 Rendimento de extração

Para o cálculo do rendimento considerou-se o peso seco de gelatina e o peso úmido da matéria-prima utilizada, de acordo com a equação 2.1 (CHO et al., 2006; ALFARO, 2008; BUENO, 2008; ALMEIDA, 2012):

$$R(\%) = \frac{\text{Peso da gelatina em pó(g)}}{\text{Peso da matéria-prima úmida(g)}} * 100 \quad (2.1)$$

2.2.4 Propriedades físico-químicas

As amostras foram submetidas às análises para verificação das propriedades físico-químicas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.2.4.1 Umidade

A umidade das amostras foi determinada por secagem em estufa a 105°C repetindo-se o processo até que as amostras apresentassem o peso constante, segundo metodologia da A.O.A.C. (1998). O resultado foi baseado na perda de massa ocorrida durante a secagem.

2.2.4.2 Resíduos minerais

As amostras previamente secas foram submetidas à incineração em bico de gás até a transformação da massa em carvão, posteriormente foram incineradas em forno mufla à 550 °C até a obtenção de cinzas brancas quando houve a completa destruição da matéria orgânica presente. O teor de resíduos minerais foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado (A.O.A.C., 1998).

2.2.4.3 Proteína

O percentual de proteína contido nas amostras de gelatina previamente secas em estufa foi determinado por meio do método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1998), sendo o teor de proteína bruta obtido através da multiplicação pelo fator 5,55 para a amostra de gelatina e 6,25 para a matéria-prima.

2.2.4.4 Teor de lipídios

A determinação do percentual de lipídios apolares contido na gelatina e matéria-prima a partir da amostra seca foi realizada por meio do método de Soxhlet (A.O.A.C., 1998).

2.2.4.5 Determinação de pH da solução de gelatina

O valor de pH foi obtido seguindo-se o método de *British Standard Institution* utilizado por Alfaro (2008) e Bandeira (2009) onde solução de gelatina (1% p/v) foi preparada com água destilada e resfriada até temperatura ambiente, aproximadamente 25 °C. A determinação do pH foi realizada utilizando pHmetro modelo HD 8602 (Delta Ohm, Padova, Itália).

2.2.4.6 Análise de cor

A amostra dos géis de gelatina com diferentes concentrações (6,67 e 3,33 %) preparados conforme descrito anteriormente apresentaram valores de reflectância L* (brilho), a* (vermelho/verde) e b* (amarelo/azul) registrados em espectrofotômetro Hunterlab, modelo ultraScanTMXe e sistema CIELAB (*Hunter Associates Laboratory*, Virgínia, EUA).

2.4.4.7 Força do gel

A preparação dos géis de gelatinas foi realizada de acordo com o procedimento descrito por Schrieber e Gareis (2007), Norziah et al. (2009), Rousselot (2011) e GMIA (2012). Foram preparadas soluções de gelatina com diferentes concentrações (p/p) (1,00 %, 2,00 %, 3,33 %, 4,00 %, 6,67 % e 10,00 %) deixando-as em hidratação à temperatura de 20 °C por 30 minutos. Posteriormente a solução foi aquecida em banho-maria a 60 °C por 30 minutos com agitação constante até completa dissolução da gelatina. Após, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente por 30 minutos e distribuídas em um copo-teste de vidro com 7 cm de altura e 5 cm de diâmetro até o preenchimento de $\frac{3}{4}$ de seu volume, sendo então levadas ao refrigerador para maturação à 10 °C por 18 h.

Os fatores utilizados na elaboração dos géis tais como: concentração (6,67 %), temperatura e tempo tanto para dissolução quanto para a maturação da solução em refrigerador, compõem o procedimento padrão utilizado pelas empresas que comercializam gelatina, como a Rousselot® e a Gelita®. Considerou-se também a metade da concentração da metodologia padronizada (3,3 %) para se verificar o

comportamento do gel e ainda, as concentrações superiores e inferiores às selecionados nesta análise.

A determinação da força do gel ou *Bloom* foi realizada em triplicata imediatamente após a retirada de cada amostra do refrigerador visando manter a temperatura de maturação, para tanto, utilizou-se o texturômetro (TA-XT2, *Stable Micro System*, Inglaterra, Reino Unido) com penetração do probe cilíndrico (P/10), a uma profundidade de 4 mm e velocidade de 0,5 mm/s. O copo-teste de vidro foi colocado centralmente sob o êmbolo e a leitura da força máxima (resistência à penetração) foi obtida sendo a força *Bloom* (g) do gel. Os dados foram tratados pelo programa *Texture Expert for Windows* versão 1.2 (Texture Technologies Corp., Inglaterra, Reino Unido).

2.2.4.8 Análise do perfil de textura

Os géis de gelatina foram preparados conforme o procedimento descrito para a análise de força do gel. As soluções de gelatina foram acondicionadas em pequenas fôrmas plásticas cilíndricas (3 cm de altura e 6 cm de diâmetro) e após a maturação à 10 °C por 18 h, os géis foram desenformados e encaminhados para a análise.

A análise de perfil de textura (TPA) foi realizada em triplicata à temperatura de 10 °C, utilizando um texturômetro (TA-XT2, *Stable Micro System*, Reino Unido), sendo uma compressão de 40 % da altura original da amostra (3 cm) por probe prato de alumínio com 75 mm de diâmetro (P/75). As configurações detalhadas de teste foram: velocidade pré-teste 1,0 mm/s, velocidade de teste 0,5 mm/s e velocidade pós-teste 0,5 mm/s com distância de compressão de 12 mm, tempo de 24 s e força do trigger de 0,05 N (YANG et al., 2007). Os dados foram tratados pelo programa *Texture Expert for Windows* versão 1.2 (Texture Technologies Corp., Inglaterra, Reino Unido).

2.2.5 Análise estatística

Para os resultados das análises de rendimento e resíduos minerais das amostras de gelatinas oriundas dos 4 (quatro) diferentes testes realizados

inicialmente, as diferenças significativas entre as médias foram avaliadas por teste de diferenças de médias a 5 % de acordo com o teste de Tukey e ANOVA, para tanto, utilizou-se o software *Statistica version 11* (StaSoft, Inc., Oklahoma, EUA).

Os resultados da caracterização da gelatina foram avaliados por teste *t Student* de diferenças de médias com nível de significância de 5 % com o auxílio do programa estatístico *Microsoft Office Excel 2003* (Microsoft®, Washington, EUA), para comparação de duas médias.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Rendimento da extração do material colagenoso

A Figura 5 apresenta a gelatina obtida no processo de extração juntamente com uma gelatina oriunda dos pés de frango (inteiros) e de matéria-prima tradicional (pele suína). Pode-se verificar na Figura 5a o aspecto geral da gelatina de peles e tendões dos pés de frango após a secagem e trituração.

Figura 5 – Amostra de gelatina em pó extraída de (a) peles e tendões dos pés de frango, (b) gelatina de pés de frango (inteiros) (ALMEIDA, 2012) e (c) gelatina suína (BUENO, 2008).

Os rendimentos obtidos no processo de extração das diferentes partes dos pés de frango são apresentados na Figura 6 e foram expressos em gramas de gelatina em pó por 100 g de matéria-prima úmida.

Figura 6 – Rendimento de gelatina de diferentes partes de pés de frango: Teste 1 (Inteiros); Teste 2 (Metatarsos); Teste 3 (Patas); Teste 4 (Peles e tendões).

Obs: Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas através do teste de Tukey.

Foram encontradas diferenças significativas nas médias dos valores de rendimento em todos os métodos, sendo o maior rendimento de material colagenoso verificado no teste 4 utilizando-se apenas peles e tendões com $7,83 \pm 0,06$ %, seguido pelo teste 3 com apenas as patas ($7,37 \pm 0,05$ %). O menor rendimento foi verificado no teste 2 ($5,97 \pm 0,15$ %) quando utilizou-se apenas os metatarsos dos pés de frango, enquanto que para os pés de frango inteiros alcançou-se um rendimento de $6,30 \pm 0,10$ %.

Cheng et al. (2009) utilizaram quatro ácidos no pré-tratamento de pés de aves sedosa (*silky fowl*) e encontraram rendimentos muito baixos com base em matéria seca em todos os tratamentos sendo que o menor rendimento foi na utilização de ácido clorídrico com 5,66 % e maior para o ácido láctico com 8,34 % seguido pelo ácido acético com 7,31 %.

Isso também foi verificado por Liu et al. (2001) ao identificarem um maior rendimento de gelatina extraída de pés de frango quando o pré-tratamento eram os ácidos acético e láctico à 5 %, sendo que o ácido clorídrico apresentou o menor rendimento, indicando segundo os autores, que o colágeno de pés de frango foi seriamente digerido pelo ácido clorídrico durante o período de inchaço.

Rendimentos menores foram encontrados na extração de gelatina de pés de frango (inteiros) por Almeida (2012) com 5,33 % utilizando o mesmo ácido (acético) na mesma concentração (4 %) no pré-tratamento, porém com apenas 3 horas de

imersão, tempo inferior ao dessa pesquisa. De acordo com Jamilah e Harvinder (2002), o baixo rendimento na extração pode ser devido à hidrólise incompleta do colágeno. Verifica-se também que Almeida (2012) no processo de filtração utilizou o auxílio de algodão, que pode ter contribuído para uma perda de rendimento, já que o material tem alto poder de absorção.

Sarbon et al. (2013) extraíram gelatina de pele de frango utilizando um pré-tratamento alcalino e posterior ácido e obtiveram apenas 2,16 % de rendimento de uma base de peso úmido, indicando que o pré-tratamento utilizado nesse estudo (apenas ácido acético) apresenta vantagem em termos de rendimento (7,83 %) para essa matéria-prima.

Segundo Schrieber e Gareis (2007), quando o tratamento com uma substância alcalina é excessiva, o colágeno torna-se solúvel em água fria e como as matérias-primas sofrem diversas lavagens o colágeno irá se dissolver na fase aquosa e com isso contribuir para um menor rendimento. Isso é confirmado por Jamilah e Harvinder (2002) quando citam que a perda de colágeno pode ser também devido à lixiviação durante a série de passos de lavagem.

De acordo com Tavakolipour (2011), no processo de extração as temperaturas ótimas variam de 50 a 70 °C, pois em baixas temperaturas o rendimento é menor e em temperaturas elevadas se afeta a qualidade.

2.3.2 Conteúdo de resíduos minerais

Os resultados da análise de resíduos minerais das amostras de gelatinas dos diferentes testes realizados estão expostos na Figura 7. Para o teste 1, o valor do conteúdo de resíduos minerais ($6,03 \pm 0,06$ %) foi muito próximo do apresentado por Almeida (2012) de $4,8 \pm 1,8$ % ao extrair gelatina de pés de frango (inteiros), indicando que esse fator não foi influenciado pelas pequenas modificações no método de extração.

Como pode ser verificado na Figura 7, não houve diferença significativa apenas entre as médias do teste 1 (pés de frango inteiros) e teste 3 (patas), sendo 6,03 % e 6,38 % respectivamente. O maior teor de resíduos minerais encontrado, praticamente o dobro do verificado nos testes 1 e 3, foi 12,28 % referente aos

metatarsos de frango (teste 2) devido a grande quantidade de cálcio e outros sais presentes nos ossos que está em maior representatividade nesse teste.

Figura 7 – Conteúdo de resíduos minerais da gelatina de diferentes partes de pés de frango: Teste 1 (Inteiros); Teste 2 (Metatarsos); Teste 3 (Patas); Teste 4 (Pele e tendões).

Obs: Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas através do teste de Tukey.

No estudo de Almeida (2012) constatou-se que cerca de 99,44 % do conteúdo mineral da gelatina extraída de pés de frango inteiros é representado por macrominerais de grande importância para a saúde humana, tais como: Na, Ca, K, Mg, P e S.

O menor conteúdo de resíduos minerais ($1,92 \pm 0,06$ %) apresentado foi para o teste 4 referente à gelatina extraída de peles e tendões. De acordo com os padrões legais determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1995), o teor máximo de resíduos minerais em gelatina deve ser de 2 %, sendo, portanto o teste 4, o único com conteúdo de resíduos minerais aceitável pela legislação. Dessa forma, o método de extração do teste 4 foi o utilizado para a extração e posterior caracterização das demais propriedades da gelatina.

Uma opção utilizada pela indústria é a deionização da solução da gelatina, tendo em vista que se trata de processamento em grande escala visando o aproveitamento integral da matéria-prima, dessa forma, de acordo com Schrieber e Gareis (2007), a indústria possui métodos mais elaborados para evitar os efeitos indesejáveis do excesso de sais na qualidade do produto final, como a utilização de

trocadores de íons em grandes colunas ou ainda a nanofiltração com porosidade de cerca de 0,005 μm .

2.3.3 Composição centesimal

A composição centesimal da gelatina e da matéria-prima utilizada para extração, em relação ao teor de proteína, lipídios, resíduos minerais e umidade está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal das amostras de matéria-prima e gelatina.

Parâmetro analisado	Peles e tendões de pés de frango	Gelatina em pó
	g/100 g	g/100 g
Umidade	65,32 $\pm$ 1,65	10,39 $\pm$ 0,28
Resíduos minerais	0,62 $\pm$ 0,17	1,91 $\pm$ 0,06
Lipídios	11,75 $\pm$ 1,53	2,71 $\pm$ 0,50
Proteína	22,31 $\pm$ 0,17	84,96 $\pm$ 0,41

* Média $\pm$ desvio padrão (n: 3)

Nos estudos de Widyasari e Rawdkuen (2014), Almeida (2012) e Cliché et al. (2003), foram identificados valores de composição para os pés de frango inteiros muito próximos desta pesquisa com algumas variações, tais como: 60 a 62 % de umidade, 17 a 18 % de proteína, 2 a 12 % de lipídios e 0,14 a 12 % de resíduos minerais. Observou-se que as peles e tendões de pés de frango apresentaram maior conteúdo de proteína e menores resíduos minerais apesar de maior teor de umidade.

O conteúdo de umidade da gelatina verificado foi de 10,39 %, semelhante ao encontrado por Sarbon et al. (2013) de 9,81 % para gelatina de pele de frango e Almeida (2012) de 9,74 % para gelatina de pés de frango.

As gelatinas comerciais possuem umidade entre 9 e 14 % (ALFARO, 2008) ou 9 a 13 % (REENAN, 1997). Já Schrieber e Gareis (2007) afirmam que a umidade ideal é de 8 a 12 % e que teores de umidade superior a 16 % não é desejável, pois há risco de formação de grumos e crescimento microbiológico.

Segundo Cole (2000), conteúdos de umidade muito baixos (6 a 8 %) apresenta uma gelatina muito higroscópica. Nesse sentido, o conteúdo de umidade constatado na gelatina de peles e tendões dos pés de frango está dentro dos padrões indicados por Shrieber e Gareis (2007), Alfaro (2008) e Cole (2000).

Como pode ser observado na Tabela 1, a gelatina extraída de peles e tendões apresentou 1,91 % de resíduos minerais, valor superior ao constatado por Sarbon et al. (2013) com 0,32 % em gelatina de pele de frango e 1,06 % em gelatina comercial bovina, sendo este último próximo do encontrado nesta pesquisa.

De acordo com Bueno (2008), proteína, umidade, lipídios e resíduos minerais da gelatina de suíno utilizada comercialmente são: 90; 10,5; 0,1 e 0,3 % respectivamente, enquanto que Sarbon et al. (2013) indicam que a gelatina comercial provinda de bovinos apresenta conteúdo de umidade, proteína e resíduos minerais de: 9,68; 81,75 e 1,06 % respectivamente. Nota-se que o conteúdo proteico da gelatina de peles e tendões dos pés de frango apresentou valor intermediário (84,96 %) entre as gelatinas comerciais de suíno e bovino, indicando ser uma possível fonte alternativa às comerciais existentes.

Ferreira (2013) em seu estudo verificou que a gelatina extraída de pés de frango apresentou 69,5 % de proteína, já Almeida (2012) encontrou 78,5 % de conteúdo proteico para a mesma matéria-prima, sendo que ambos utilizaram metodologia de extração muito semelhante à utilizada nesse trabalho e tal diferença, como já citado anteriormente segundo Jamilah e Harvinder (2002), pode ser devido à hidrólise incompleta do colágeno no pré-tratamento ácido e/ou sua lixiviação nos passos de lavagem da matéria-prima.

Valor superior foi encontrado por Zhang et al. (2010) que utilizando resíduos ósseos de frango na extração de gelatina obtiveram 88,75 % de proteína e valores inferiores ao apresentado nesta pesquisa foram verificados para gelatina de pele de frango (80,73 %) obtidos por Sarbon et al. (2013).

De acordo com Rousselot (2011), a gelatina é composta por cerca de 18 aminoácidos diferentes cujo peso molecular médio varia entre 20.000 a 250.000, dependendo do grau de hidrólise do colágeno e tem como característica peculiar o alto conteúdo de glicina, hidroxipolina e prolina. É um produto nutricionalmente interessante podendo ser empregado como suplemento proteico, associado a outras proteínas. Isso é confirmado por Montero e Gómez-Guillén (2000) ao ressaltar que a gelatina é utilizada na indústria de alimentos não somente por suas propriedades

funcionais, mas também para aumentar o conteúdo proteico, demonstrando assim a importância desse fator na aplicação da gelatina em formulações alimentícias.

Com relação ao conteúdo de lipídios, Almeida (2012) verificou a presença de 12,8 % nos pés de frango e na gelatina oriunda desse material cerca de 6,9 %, valor maior que o encontrado nessa pesquisa, para peles e tendões de pés de frango, com 2,71 %. Essa diferença pode ser devido a uma maior eficácia da etapa de filtração além do tempo maior de pré-tratamento ácido da matéria-prima que contribui para a separação da gordura e consequentemente um menor teor de lipídios no produto final.

Bueno (2008) relatou a presença de gordura em gelatina extraída de pele de tilápia em torno de 0,3 a 1,5 % e o menor teor encontrado se deve também a algumas medidas no processo de extração em água destilada, como o uso de papel filtro passado sobre a superfície do material ao longo de todo o processo de extração com alta temperatura absorvendo a gordura já que se concentra naturalmente na superfície devido sua menor densidade.

Segundo os resultados da pesquisa de Chiu e Gioielli (2008), a gordura de frango apresenta em sua composição principalmente os ácidos oléico (43,4%), palmítico (24,7%) e linoléico (17,2%), sendo semi-líquida à temperatura ambiente devido ao alto teor de ácidos graxos insaturados. Centenaro et al. (2008) verificaram que os ácidos graxos saturados presentes na gordura de frango são compostos pelos ácidos palmítico e esteárico correspondendo a cerca de 25 % do total.

Segundo Schrieber e Gareis (2007), as peles de aves contêm uma grande quantidade de gordura assim como as peles de suínos e a indústria normalmente utiliza separadores de elevado desempenho para a obtenção e purificação dessa gordura que pode ser aproveitada principalmente pela indústria química para posterior processamento ou saponificação ou ainda utilizada na indústria de alimentos para animais tornando-se assim um subproduto importante e valioso.

2.3.4 Determinação do pH

A solução de gelatina apresentou valor de pH de 5,48 e segundo Bandeira (2009), vários valores de pH têm sido reportados dentro da faixa de 3,8 a 5,0 para

gelatinas processadas por pré-tratamento ácido e 4,7 a 7,5 para processadas por pré-tratamento alcalino, estando próximo do valor encontrado nesse estudo que foi utilizado o pré-tratamento ácido. Resultados muito próximos foram encontrados na gelatina comercial bovina de 5,89 e de pescado 5,45 (NORZIAH et al., 2009). Cheow et al. (2007) encontraram valores de pH que variaram de 3,35 a 4,87 em gelatina de pele de peixes tropicais.

O pH da solução de gelatina é afetado pelo tratamento químico empregado durante a etapa de extração (GUDMUNDSSON; HAFSTEINSSON, 1997) e o pH mais elevado da gelatina deve-se possivelmente a eficiência das etapas de lavagem subsequentes aos tratamentos químicos durante a preparação da matéria-prima, antes da etapa de extração (ALFARO, 2008).

2.3.5 Análise de cor

Os valores de L^* , a^* e b^* dos géis de gelatina extraída de peles e tendões de pés de frango são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que o valor de L^* referente à luminosidade apresenta valor baixo, sendo que resultados próximos foram encontrados por Cho et al. (2006) variando de 25,96 a 32,93 em gelatinas de pescado e por Aewsiri et al. (2009) em gelatina extraída de pele de animal marinho (*Sepia pharaonis*) sem clareamento com valor de L^* de 14,12.

Tabela 2 – Parâmetros de cor dos géis de gelatina de peles e tendões dos pés de frango

	Amostras	L^*	a^*	b^*
Cor	6,67 %	$19,92^a \pm 1,00$	$-3,01^a \pm 0,28$	$3,51^a \pm 1,04$
	3,33 %	$17,52^b \pm 0,38$	$-2,90^a \pm 0,07$	$3,71^a \pm 0,02$

* Média $\pm$ desvio padrão (n:3)

Obs: Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas através do teste de Tukey.

Como pode ser observado na Tabela 2, os resultados indicaram uma gelatina não muito clara e levemente verde na superfície com tonalidade amarelada. De acordo com Aewsiri et al. (2009), a gelatina comercial provinda de ossos de bovinos

possui valor de a^* (-2,56) próximo do encontrado na gelatina de peles e tendões dos pés de frango (-3,01).

A concentração do gel de gelatina afetou significativamente ($p < 0,05$) apenas o valor de L^* das amostras, indicando que quanto maior a concentração maior a luminosidade do gel. O valor de L^* do gel de gelatina bovina comercial (6,67 %) destacado por Rahman e Jamalulail (2012) foi de 34,40, maior que neste estudo. Géis opacos podem ser obtidos em decorrência do processo de filtração imperfeito e afetam os parâmetros de cor.

Liu et al. (2001) realizaram uma correlação entre o tempo do pré-tratamento da matéria-prima e a cor da gelatina e verificaram que quanto maior o tempo de imersão da matéria-prima em solução ácida, maior o valor de L^* , porém menor o valor de a^* enquanto o de b^* mantém-se estável. No entanto, a cor da gelatina depende da matéria-prima, mas não tem influência sobre outras propriedades funcionais (CHEOW et al., 2007; JAMILAH, HARVINDER, 2002).

2.3.6 Força de gel

A força do gel é uma importante propriedade física da gelatina em uma ampla gama de aplicações (CHO et al., 2005), a medição desta propriedade é importante tanto do ponto de vista de controle, como para uma indicação da quantidade de gelatina exigida para uma aplicação particular e tal valor é obtido de acordo com métodos padronizados desenvolvidos pelo Instituto de Fabricantes de Gelatina da América (*Gelatin Manufacturers Institute of America*) (GMIA, 2012).

Os valores de força de gel identificados na gelatina de peles e tendões dos pés de frango e na gelatina bovina comercial estão expostos na Tabela 3.

De acordo com Schrieber e Gareis (2007), as gelatinas comerciais possuem valores de força de gel, a uma concentração de 6,67 %, que variam de 50 a 300 *Bloom* e como nota-se na Tabela 3, tanto a amostra comercial como as gelatinas de frango apresentaram valores dentro dessa variação.

Tabela 3 – Força de gel das gelatinas comercial e de peles e tendões dos pés de frango em diferentes concentrações.

Concentração de gelatina %	Força de Gel (<i>Bloom</i>) g
1,00	19,87 ^a ± 0,45
2,00	44,65 ^b ± 1,11
3,33	96,47 ^c ± 1,84
4,00	119,10 ^d ± 0,46
6,67	294,78 ^e ± 3,67
10,00	466,87 ^f ± 2,32
Comercial (6,67 %)	204,05 ^g ± 3,01

*Média ± desvio padrão (n:3)

Obs: Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas através do teste de Tukey.

Nota-se que todas as amostras foram expressivamente influenciadas pelas concentrações dos géis de gelatina, apresentando diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si. Como era esperado, a maior força de gel foi identificada para a maior concentração de gelatina, sem uma relação direta, podendo-se afirmar que a força de gel aumenta com a concentração da gelatina. Esta tendência pode ser visualizada na curva gerada da força de gel em função da concentração exposta na Figura 8.

Figura 8 – Curva da força de gel em função da concentração das gelatinas.

Yang e Wang (2009) também reportaram diferenças significativas na força do gel de gelatina de pele de bagre em função das concentrações 6,67 %, 3,33 % e 1,0 % obtendo valores de 213, 5 g; 59,8 g e 18,4 g respectivamente, sendo que concentrações inferiores a 1,0 % não possibilitaram a formação de gel.

Em concentração da solução de 6,67 %, valor superior foi relatado por Sarbon et al. (2013) para gelatina de pele de frango (335 g), os mesmos autores compararam com uma gelatina comercial de pele de bovino que por sua vez apresentou força de gel inferior (229 g) ao da gelatina de peles e tendões dos pés de frango (294 g). Valores altos foram verificados para gelatina extraída de resíduos ósseos de frango variando de 320 a 550 g (RAFIEIAN et al., 2013).

Na literatura há a divulgação de valores de força de gel com concentração de 6,67 %, de gelatinas extraídas de várias fontes, tais como: gelatina de pele de tilápia com 192 g e gelatina suína tipo A com 202,8 g (BUENO et al., 2011), pele de tilápia negra (*Oreochromis mossambicus*) com 182,8 g e pele de tilápia vermelha (*Oreochromis nilotica*) com 128 g (JAMILAH, HARVINDER, 2002), cabeça de carpa variando de 182,5 a 298,7 g dependendo do tratamento (SILVA et al., 2011; BANDEIRA, 2009), pele de maracujana de barba (*Johnius dussumieri*) sendo 124, 94 g e 176, 92 g para carapau barbatana (*Decapterus macrosoma*) (CHEOW et al., 2007), de pele de atum (*Thunnus albacares*) com 426 g (CHO et al., 2005) entre várias outras fontes, sobretudo de pescado. Essas diferenças nos valores de *Bloom* podem ser devido aos diferentes processos de extração utilizados e às propriedades intrínsecas de colágeno que variam entre as fontes de matéria-prima.

A qualidade de uma gelatina pode ser mensurada pela força do gel ou valor *Bloom* a 6,67 %, classificado como: alto *Bloom* (200 a 300 g), médio *Bloom* (100 a 200 g) e baixo *Bloom* (50 a 100) (SCHRIEBER, GAREIS, 2007). Em geral, um valor de força de gel alto significa uma gelatina de boa qualidade (CHO et al., 2005). A força de gel da gelatina de peles e tendões de pés de frango a 6,67 %, segundo as informações relatadas por Schrieber e Gareis (2007), pode ser classificada como alto *Bloom* (Tabela 3).

Gelatinas com alto valor de *Bloom* têm características de maiores pontos de fusão, poder de gelificação e menor tempo de gelificação no produto final. Este maior poder também significa que quantidades menores de gelatina são necessárias

para provocar a firmeza desejada no produto acabado (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

2.3.7 Análise do Perfil de textura

Os resultados da análise do perfil de textura dos géis de gelatina em diferentes concentrações avaliados quanto às características de dureza, coesividade, elasticidade, mastigabilidade e adesividade são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Perfil de textura de gelatina de peles e tendões de pés de frango.

Parâmetros de textura	Concentração			
	2,00 %	3,33 %	4,00 %	6,67 %
Dureza (N)	9,83 ^a ± 0,89	26,68 ^b ± 0,86	28,23 ^b ± 1,32	33,48 ^c ± 1,28
Coesividade	0,66 ^a ± 0,02	0,65 ^a ± 0,02	0,67 ^a ± 0,02	0,64 ^a ± 0,02
Elasticidade	0,91 ^a ± 0,01	0,93 ^a ± 0,07	0,97 ^a ± 0,02	0,95 ^a ± 0,02
Adesividade (N.mm)	-0,59 ^a ± 0,11	-0,86 ^{ab} ± 0,30	-1,07 ^b ± 0,10	-1,13 ^b ± 0,18
Mastigabilidade (N.mm)	5,88 ^a ± 0,49	16,12 ^b ± 1,55	18,23 ^{bc} ± 1,66	20,25 ^c ± 1,37

*Média ± desvio padrão (n:3)

Obs: Letras diferentes na mesma linha representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas através do teste de Tukey.

Como pode ser verificado na Tabela 4, diferenças significativas foram encontradas nos parâmetros de textura: dureza, mastigabilidade e adesividade indicando que tais atributos são influenciados com o aumento da concentração da gelatina.

Assim como Rahman e Al-Mahrouqi (2009) que não verificaram fraturabilidade nas gelatinas de peixe, suíno e bovino, na gelatina de peles e tendões de pés de frango também não foi detectada fraturabilidade a 40 % de compressão.

A mastigabilidade está relacionada com o período de tempo necessário para mastigar um alimento sólido à uma velocidade constante de aplicação de força para reduzi-lo a uma consistência apropriada para a deglutição (BOURNE, 2002) e de acordo com os altos valores encontrados para esse parâmetro, principalmente para

as maiores concentrações, verifica-se que a gelatina comportou-se como um sólido. Não foi identificada diferença significativa ($p < 0,05$) na mastigabilidade dos géis entre as concentrações de 3,33 % e 4 %, assim como esta última não diferiu da maior concentração 6,67 %.

A coesividade é uma medida do grau ao qual a amostra deforma-se antes do rompimento e a elasticidade é o grau que ela retorna à forma original após a deformação (BOURNE, 2002). Se a elasticidade é alta, requer maior energia de mastigação na boca (RAHMAN, AL-MAHROUQI, 2009). Nota-se que os resultados para elasticidade foram altos para todas as concentrações (Tabela 4) e o aumento da concentração não foi capaz de provocar alterações significativas nos valores de coesividade. Em geral, quanto maiores os valores dos parâmetros de textura, melhor a qualidade da gelatina (YANG et al., 2007).

De acordo com Bourne (2002) a adesividade é a área de força negativa do primeiro ciclo de compressão representando a força necessária para a retirada do probe do alimento, ou seja, mede a força máxima necessária para puxar a superfície da compressão do corpo de prova após a primeira compressão. Uma definição mais sensorial é de que a adesividade é a medida da força necessária para remover o material que adere à boca (geralmente o palato), durante o processo normal de alimentação.

Conforme os dados apresentados pela Tabela 4, a adesividade dos géis de gelatina aumentaram significativamente à medida que a concentração dos géis foi elevada. Por mais que a menor concentração do gel (2 %) não tenha diferido estatisticamente da concentração de 3,33 %, foi considerada de forma significativa a menor adesividade comparando-a com as demais concentrações.

Rahman e Al-Mahrouqi (2009), também encontraram valores de dureza elevados para gelatina bovina e suína a uma concentração de 10 % sendo 40,99 e 29,49 N respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Muyonga et al. (2004) em gelatina (6,67 %) de ossos de peixe denominado *Perca-do-nilo* (*Lates niloticus*), para dureza (24,67 N), coesividade (0,90), elasticidade (0,95) e mastigabilidade (21,08 N.mm). Comparando-se com os valores da gelatina de peles e tendões dos pés de frango, verifica-se que o atributo dureza está próximo do valor encontrado para a concentração de 3,33 %, enquanto que para mastigabilidade ficou mais próximo do valor da gelatina com concentração de 6,67 %. Não foram encontrados trabalhos com perfil de textura de gelatina obtida de frango.

2.4 CONCLUSÕES

O maior rendimento em material colagenoso (7,83 %) e menor teor de resíduos minerais (1,91 %) foram encontrados nas peles e tendões retirados dos pés de frango, o que era esperado já que há ausência de ossos, local onde apresenta maior conteúdo de resíduo mineral.

O método de extração de colágeno apresentou bom rendimento quando comparado a outros trabalhos para a mesma fonte de matéria-prima e os resultados obtidos nas análises de composição centesimal indicaram um produto com alto valor proteico, muito próximo das gelatinas comerciais.

A força de gel e os parâmetros de textura aumentaram, como era de se esperar, com o aumento da concentração de gelatina apresentando diferenças significativas. De acordo com os resultados pode-se dizer que a gelatina com maior concentração (6,67 %) comportou-se como um sólido, sendo classificada quanto à força de gel como alto *Bloom* (294 g) podendo ser aplicada na produção de gomas de gelatina, *marshmallows*, sobremesas de gelatina entre outros produtos que requerem alto valor de *Bloom*.

Assim, os resultados deste estudo demonstraram que é possível a extração de gelatina de peles e tendões dos pés de frango com propriedades físicas e físico-químicas aceitáveis para uma possível fonte de matéria-prima alternativa com uma ampla gama de aplicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEWSIRI, T.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Functional properties of gelatin from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin as affected by bleaching using hydrogen peroxide. **Food Chemistry**, v.115, p.243–249, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria n.19, de 15 de março de 1995**. Aprova norma técnica para complemento nutricional. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 15 out. 2012.

ALFARO, A.T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. Pelotas, 2008. 134p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pelotas.

ALMEIDA, P.F. **Análise da qualidade de gelatina obtida de tarsos de frango e aspectos envolvidos no processo produtivo**. São Paulo, 2012. 121p. Dissertação de Mestrado – Universidade Nove de Julho.

ALMEIDA, P.F.; ARAÚJO, M.G.O.; SANTANDA, J.C.C. Collagen extraction from chicken feet for jelly production. **Acta Scientiarum Technology**, v.34, n.3, p.345-351, 2012.

ANERSEN, J.A.; GILDBERG, A. Extraction and characterisation of gelatin from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. **Bioresource Technology**, n.98, p.53–57, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1998. v.1-2.

BADII, F.; HOWELL, N.K. Fish gelatin: structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. **Food Hydrocolloids**, v.20, p.630–640, 2006.

BANDEIRA, S.F. **Extração e caracterização da gelatina obtida de cabeças de carpa (*Aristichthys mobilis*)**. Rio Grande, 2009. 72p. Dissertação de Mestrado – Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande.

BORDIGNON, A.C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Maringá, 2010. 114p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Maringá.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2.ed. New York: Academic Press, 2002. 427p.

BRODSKY, B.; WERKMEISTER, J.A.; RAMSHAW, J.A.M. Collagens and gelatins. In: FAHNESTOCK, S.R.; STEINBÜCHEL, A. **Biopolymers**. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. p.119–128. [v.8. Polyamides and complex proteinaceous materials II].

BUENO, C.M.M. **Extração e caracterização de gelatina de pele de tilápia e aplicação como agente encapsulante de óleo de salmão em micropartículas obtidas por coacervação complexa**. Campinas, 2008. 133p. Dissertação de

Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

BUENO, C.M.; ALVIM, I.D.; KOBERSTEIN, T.C.R.D.; PORTELLA, M.C. Produção de gelatina de pele de tilápia e sua utilização para obtenção de micropartículas contendo óleo de salmão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.14, n.1, p.65-73, 2011.

CENTENARO, G.S.; FURLAN, V.J.M.; SOUZA-SOARES, L.A. Chicken fat: technological and nutritional alternatives. **Ciências Agrárias**, v.29, n.3, p.619-630, 2008.

COLE, C.G.B. Gelatin. In: FRANCIS, F.J. **Encyclopedia of food science and technology**. 2.ed. v.4. New York: John Wiley, 2000. p.1183-1188.

CHEOW, C.S.; NORIZAH, M.S.; KYAW, Z.Y.; HOWELL, N.K. Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sin croaker (*Johnius dussumieri*) and shortfin scad (*Decapterus macrosoma*). **Food Chemistry**, v.101, p.386–391, 2007.

CHO, S.M.; GU, Y.S.; KIM, S.B. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.221–229, 2005.

CHO, S.-H.; JAHNCKE, M.L.; CHIN, K.-B.; EUN, J.-B. The effect of processing conditions on the properties of gelatin from skate (*Raja Kenojei*) skins. **Food Hydrocolloids**, v.20, p.810–816, 2006.

CHOI, S.S.; REGENSTEIN, J.M. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. **Journal of Food Science**, v.65, n.2, p.194-199, 2000.

CHIU, M.C.; GIOIELLI, L.A. Lipídios estruturados obtidos a partir da mistura de gordura de frango, sua estearina e triacilgliceróis de cadeia média. I. Composição em ácidos graxos e em triacilgliceróis. **Química Nova**, v.31, n.2, p.232-237, 2008.

CLICHÉ, S.; AMIOT, J.; AVEZARD, C.; GARIÉPY, C. Extraction and characterization of collagen with or without telopeptides from chicken skin. **Poultry Science**, v.82, p.503–509, 2003.

DHARA, S.; DATTA, P.; PAL, P.; SARKAR, S.D. Processing and industrial aspects of fish-scale collagen: a biomaterials perspective. In: KIM, S.-K. **Marine proteins and peptides: biological activities and applications**. Chichester: Wiley Blackwell, 2013. 591p.

FERREIRA, M.F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango: pés**. Campo Mourão: Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. 48p. [Trabalho de Conclusão de Curso].

GIMÉNEZ, B.; GÓMEZ-ESTACA, J.; ALEMÁN, A.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; MONTERO, M.P. Physico-chemical and film forming properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) gelatin. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.585–592, 2009.

GELATIN MANUFACTURERS INSTITUTE OF AMERICA (GMIA). **Gelatin handbook**. New York: Gelatin Manufacturers Institute of America, 2012. 25p.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M.E.; MONTERO, M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1813-182, 2011.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; TURNAY, J.; FERNANDEZ-DIAZ, M.D.; ULMO, N.; LIZARBE, M.A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v.16, n.1, p.25-34, 2002.

GUDMUNDSSON, M.; HAFSTEINSSON, H. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **Journal of Food Science**, v.62, p.37–39, 1997.

HAO, S.; LI, L.; YANG, X.; CEN, J.; SHI, H.; BO, Q.; HE, J. The characteristics of gelatin extracted from sturgeon (*Acipenser baeri*) skin using various pretreatments. **Food Chemistry**, 115, p.124–128, 2009.

JAMILAH, B.; HARVINDER, K.G. Properties of gelatins from skins of fish—black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). **Food Chemistry**, v.77, p.81–84, 2002.

JONES, R.R.; STEFFE, J.F.; HARTE, J.B. Sensory firmness scale based on gelatin gels. **Journal of Texture Studies**, v.33, p.543-558, 2003.

KIEW, P.L.; DON, M.M. Screening and empirical kinetic models of collagen extraction from selected malaysian freshwater fish. **Journal of Food Process Engineering**, v.36, n.4, p.428-438, 2012.

LIU, D.C.; LIN, Y.K.; CHEN, M.T. Optimum condition of extracting collagen from chicken feet and its characteristics. **Journal of Animal Science**, v.14, p.1638–1644, 2001.

MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Extracting conditions for Megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. **Journal of Food Science**, v.65, p.434-438, 2000.

MORITAKA, H.; NAKAZAWA, F. Flow velocity of a bolus in the pharynx and rheological properties of agar and gelatin. **Journal of Texture Studies**, v.41, p.139–152, 2010.

MUYONGA, J.H.; COLE, C.G.B.; DUODU, K.G. Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*). **Food Hydrocolloids**, v.18, p.581-592, 2004.

MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food: semi-solid foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. v.1, p.253. (Woodhead Publishing in food science and technology).

NORZIAH, M.H.; AL-HASSAN, A.; KHAIRULNIZAM, A.B.; MORDI, M.N.; NORITA, M. Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: thermal analysis

and effect of transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.1610–1616, 2009.

RAFIEIAN, F.; KERAMAT, J.; KADIVAR, M. Optimization of gelatin extraction from chicken deboner residue using RSM method. **Journal of Food Science and Technology**, v.50, n.2, p.374-380, 2013.

RAHMAN, M.S.; AL-MAHROUQI, A.I. Instrumental texture profile analysis of gelatin gel extracted from grouper skin and commercial (bovine and porcine) gelatin gels. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.60, p.229-242, 2009.

RAHMAN, M.N.A.; JAMALULAIL, S.A.S.K.A. Extractions, physicochemical characterization and sensory quality of chicken feet gelatin. **Borneo Science**, v.30 p.1-13, 2012.

REENAN, T.R. Gelatin. In: DOMB, A.J.; KOST, J.; WISEMAN, D.M., eds. **Handbook of biodegradable polymers**. Amsterdam: Harwood Academic, 1997. p.307-317.

ROMAN, J.A. **Isolado protéico de soro de leite e gelatina bovina**: caracterização físico-química, nutricional e tecnológica para o desenvolvimento de um produto geleificado. Campinas, 2007. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

ROUSSELOT. A gelatina e seus benefícios para a saúde humana. **Food Ingredients Brasil**, n.18, p.56-65, 2011. Disponível em: www.revista-fi.com. Acesso em: 13 jan. 2013.

SANTOS, F.F. **Qualidade bacteriológica de pés de frangos de corte em diferentes etapas do processamento tecnológico**. Niterói, 2010. 70p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Fluminense.

SARBON, N.M.; BADII, F.; HOWELL, N.K. Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. **Food Hydrocolloids**, v.30, p.143-151, 2013.

SCHRIEBER, R.; GAREIS, H. **Gelatine handbook**. Weinheim: Wiley-VCH GmbH, 2007. 345p.

SILVA, R.S.G.S.; BANDEIRA, S.F.; PETRY, F.C.; PINTO, L.A.A. Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.904-909, 2011.

TAVAKOLIPOUR, H. Extraction and evaluation of gelatin from silver carp waste. **World Journal of Fish and Marine Sciences**, v.3, n.1, p.10-15, 2011.

WANG, L.; YANG, B.; DU, X. Extraction of acid-soluble collagen from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. **Journal of Food Process Engineering**, v.32, p.743–751, 2009.

WIDYASARI, R.; RAWDKUEN, S. Extraction and characterization of gelatin from chicken feet by acid and ultrasound assisted extraction. **Food and Applied Bioscience Journal**, v.2, n.1, p.85-97, 2014.

WILLIAMS, P. PHILLIPS, G. **Handbook of hydrocolloids**. Cambridge: Woodhead publishing, 2000. 450p.

YANG, H.; WANG, Y.; JIANG, M.; OH, J-H.; HERRING, J.; ZHOU, P. 2-step optimization of the extraction and subsequent physical properties of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin gelatin. **Journal of Food Science**, v.72, n.4, p.C188-C195, 2007.

YANG, H.; WANG, Y. Effects of concentration on nanostructural images and physical properties of gelatin from channel catfish skins. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.577-584, 2009.

ZHANG, G.; YUE, X.; FAN, A.; LIU, G. Reutilization of waste chicken bone as nutrients source. In: **IEEE Xplore**, 2010. p.1–4. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5517934>. Acesso em: 14 jan. 2013.

CAPÍTULO 3

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE GELATINA OBTIDA DE SUBPRODUTO DE FRANGO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS DE *SPREAD* DE CHOCOLATE

RESUMO

O *Spread* de chocolate apresenta uma formulação com alto teor lipídico e a aplicação de gelatina como substituto parcial de gordura está diretamente relacionada com a demanda atual de alimentos mais saudáveis. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da adição de gelatina obtida de subproduto de frango atuando na substituição de gordura em *spread* de chocolate. Para tanto, a gordura vegetal utilizada na formulação controle foi substituída em diferentes níveis (15 %, 25 %, 50 %, 75 % e 100 %) por diferentes concentrações de gelatina (0,3 %, 0,5 %, 0,8 %, 1,0 % e 1,2 %) utilizando planejamento experimental central composto rotacional (DCCR). As formulações foram caracterizadas quanto à composição nutricional e avaliou-se a influência dos fatores de processo (gelatina e gordura) sobre os parâmetros de cor, volume, densidade, atividade de água e o comportamento de fluxo das formulações por meio de metodologia de superfície de resposta. As formulações com maiores proporções de gordura apresentaram tonalidades mais claras, com valores de L^* variando de 19,70 a 30,38, maior volume (0,92 a 1,02 mL/g) e menor densidade (0,98 a 1,09 g/mL). Como esperado, a atividade de água foi intensificada nas amostras *low-fat* (0,70 a 0,89). O estudo do comportamento reológico demonstrou efeitos significativos ($p < 0,05$) negativos dos níveis de substituição de gordura e positivos da concentração de gelatina sob os parâmetros de *break point*, firmeza, coeficiente de consistência, coesividade e índice de viscosidade das formulações. Os *spreads* de chocolate foram classificados como fluídos dilatantes ($n > 1$), exceto a formulação 6 que apresentou pseudoplasticidade com índice de viscosidade de 0,72 N.s. Nesse sentido, o conteúdo de gordura desempenhou um papel importante na propriedade física dos *spreads* de chocolate e a presença de gelatina reforçou a microestrutura do sistema. Estatisticamente, os modelos matemáticos obtidos foram considerados adequados para as variáveis dependentes estudadas.

Palavras-chave: Gelatina alternativa, *spread* de chocolate, substituto de gordura, propriedades físico-químicas, metodologia de superfície de resposta.

CHAPTER 3**EFFECTS OF CHICKEN BY-PRODUCT GELATIN ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND RHEOLOGICAL OF CHOCOLATE *SPREAD*****ABSTRACT**

Chocolate *spread* has a fat-based formulation and the application of gelatin as a fat replacement is related to the demand for healthier foods. The aim of this study was to evaluate the influence of gelatin from chicken by-product as a fat replacement in chocolate *spread*. Vegetable fat used in the formulation control was replaced (15%, 25%, 50%, 75% and 100%) by different gelatin concentrations (0.3%, 0.5%, 0.8%, 1.0% and 1.2%) using a central composite rotatable design (CCRD). The formulations were characterized about the nutritional composition and evaluated the influence of process factors (gelatin and fats) on the parameters of color, volume, density, water activity and the flow behavior of the formulations by a response surface methodology. Formulations with a greater proportion of fat were lighter, with L^* value varying of 19.70 to 30.38, higher volume (0.92 to 1.02mL/g) and lower density (0.98 to 1.09g/mL). As expected, water activity was intensified (0.70 to 0.89) in low-fat formulations. The study of the rheological behavior demonstrated significant effects ($p < 0.05$) negative for fat replacement levels and positive for the concentration of gelatin in the parameters: break point, firmness, consistency coefficient, cohesiveness and viscosity index formulations. The chocolate *spreads* were classified as dilatant fluids ($n > 1$), except for formulation 6 that showed shear thinning behavior with viscosity index of 0.72 N.s. Thus, the fat content plays an important role in the physical property of chocolate *spreads* and the presence of gelatin enhanced the microstructure system. Statistically, the mathematical models were considered appropriate and predictive for the dependent variables.

Keywords: Alternative gelatin; chocolate *spread*; fat replacement; physicochemical properties; response surface methodology (RSM).

3.1 INTRODUÇÃO

Inúmeros fatores afetam a qualidade da vida moderna, de forma que a população deve conscientizar-se da importância de alimentos contendo substâncias que auxiliam a promoção da saúde, trazendo com isso uma melhora no estado nutricional, já que diversas doenças podem ser minimizadas por meio de bons hábitos alimentares (MORAES, COLLA, 2006).

Essa conscientização está cada vez mais presente entre os consumidores, sendo que de acordo com Boff et al. (2013), a procura por alimentos mais saudáveis por parte dos consumidores tem impulsionado as indústrias de alimentos a desenvolverem produtos que contenham menor teor de gordura.

Segundo Schumacher (2008), desenvolver novos produtos e lançar no mercado alimentos diferenciados que envolvam o consumidor em novas experiências sensoriais é uma tarefa desafiadora. Nesse sentido, compreender o consumidor, particularmente as suas expectativas em relação a esses alimentos com gordura reduzida é fundamental na concepção e comercialização de tais produtos (NORTON et al., 2013), principalmente no sentido de não alterar as características sensoriais e nutricionais desses alimentos (BOFF et al., 2013).

Devido ao seu sabor único, textura e aroma, o chocolate é apreciado pelos consumidores em todo o mundo (ZIEGLER, 2009). Dos produtos de chocolate que se destacam nas tendências de mercado estão as coberturas, produtos moldados, bombons e seus recheios, *spreads*, *fondue* e chocolate *diet* (RICHTER, LANNES, 2007; GONÇALVES, 2011). O alto consumo de *spreads* de chocolate é típico na população jovem, especialmente as crianças (WAGNER et al., 2000).

O chocolate é um alimento nutritivo, apresentando em sua composição minerais essenciais, tais como: ferro, cobre, zinco, magnésio, fósforo, manganês e potássio, que desempenham um papel importante no metabolismo do corpo humano (LAMBERT, 2009).

Contém ainda gordura como a manteiga de cacau, que por sua vez, possui vitamina E em maior quantidade, sendo composta por 61 % de gorduras saturadas representadas pelo ácido esteárico e palmítico, 34 % de monoinsaturada como o ácido oleico e o restante, em sua maioria, gorduras poli-insaturadas (BECKETT, 2008; LAMBERT, 2009).

No entanto, o chocolate é um produto muito energético (QUAST et al., 2011) e o consumo excessivo pode levar ao aumento do risco de ganho de peso (FERNÁNDEZ-MURGA et al., 2011; KATZ et al., 2011), sendo interessante os produtos considerados *low-fat*, porém, segundo Do et al. (2007), a redução do teor de gordura em produtos de chocolate pode conduzir a perdas de qualidade alimentar no produto final e dificuldades no processo pelo desfavorecimento da propriedade de derretimento na boca, pela estrutura rígida e por dificuldades para engolir.

Nesse sentido, de acordo com Rosenthal (1998), para alcançar uma redução no conteúdo de calorias com sucesso em produtos que contém significativas quantidades de açúcar ou gordura, há necessidade de compreender o papel que estes componentes desempenham nos alimentos e segundo Richter e Lannes (2007), os ingredientes utilizados na formulação de chocolates e seus produtos apresentam funcionalidades variadas, cujo conhecimento é de grande importância para quem os formula.

Em geral, os ingredientes utilizados na formulação de produtos à base de chocolate são: açúcar, leite em pó, produtos de cacau, gordura vegetal, entre outros (MOHOS, 2010), podendo ser definidos como uma suspensão de partículas sólidas em uma fase gordurosa contínua, composta principalmente por manteiga de cacau, que contribui para o aroma, o sabor e a cor, além de promover forma ao produto final (AFOAKWA, 2010).

Dependendo do tipo de gordura utilizada, podem-se obter produtos mais firmes ou mais macios, como os *spreads* (MOHOS, 2010). Segundo Rosenthal (1998), os recheios ou misturas de coberturas em confeitaria são formulações convencionalmente baseadas em gorduras. Normalmente tais materiais têm uma fase contínua de gordura em que o açúcar, sólidos de leite e cacau estão dispersos. Quando o revestimento está na boca, a gordura funde liberando os sabores e a característica sensação cremosa.

O açúcar é apreciado principalmente por sua doçura e atua como uma importante fonte de energia (AIDOO et al., 2013). Quando adicionado em alimentos, o açúcar reduz sua atividade de água, inibindo assim o crescimento de microrganismos (ROSENTHAL, 1998).

Em geral, além da atividade de água, textura e sabor doce, o açúcar tem influência sobre o corpo do produto, viscosidade, aparência, sensação na boca, vida

de prateleira e contribui para o total de sólidos no alimento com impacto sobre a economia (HELSTAD, 2006; HUI, 2007).

O xarope de glicose é normalmente utilizado na indústria de confeitos com o objetivo de controlar a cristalização da sacarose (QUEIROZ, 2010). Já o açúcar invertido atua como inibidor de cristalização e apresenta baixa viscosidade conferindo plasticidade aos alimentos além de alta higroscopicidade (MARQUES, 2007), é considerado um agente de controle de umidade (LINDSAY, 2010) e em produtos com baixo teor de gordura sua utilização evita que estes comecem a quebrar e secar (MARQUES, 2007).

Os sólidos do leite desnatado, quando aplicados em alimentos, proporcionam maior viscosidade e favorecem a incorporação de ar sob agitação, contribuem para a redução da umidade com consequente prolongamento da vida de prateleira, além de aumentar o valor nutritivo, já que é uma boa fonte de proteína de alta qualidade e contém vitaminas e minerais como o cálcio (CHARLEY, WEAVER, 1998).

A gordura do leite e manteiga de cacau são as duas formas principais de gordura utilizadas na fabricação de chocolate (HAYLOCK, DODDS, 2009; LEITE et al., 2013). Na forma emulsionada, as gorduras contribuem para a suavidade aveludada do creme. Os cristais de gordura proporcionam ao produto uma consistência trabalhável à temperatura ambiente, sendo ingredientes valorosos por causa do corpo e da sensação na boca que fornecem aos alimentos (CHARLEY, WEAVER, 1998), além de conter vitaminas lipossolúveis como as vitaminas A, D e E (PALKA, 2007).

No entanto, para a indústria de chocolates a manteiga de cacau é uma matéria-prima de elevado custo (MEDEIROS, LANNES, 2009) e, unido ao fato da tendência do mercado ser a redução de gordura (DO et al., 2010), houve um crescente interesse na busca por substitutos da manteiga de cacau (JAHURUL et al., 2013), como o óleo de palmiste e óleo de palma (HASHIMOTO et al., 2001; UNDURRAGA et al., 2001; CALLIAUW et al., 2005; ZAIDUL et al., 2006; KAPHUEAKNGAM et al., 2009).

Além do desenvolvimento de *spreads* de chocolate funcionais com oleína de palma e óleo de semente de algodão (EL-KALYOUBI et al., 2011), pesquisas com óleo de semente de manga (SOLIS-FUENTE, DURÁN-DE-BAZÚA, 2004; KAPHUEAKNGAM et al., 2009), com a substituição parcial da manteiga de cacau por gordura de cupuaçu com a obtenção de um produto similar ao tradicional

(LANNES et al., 2002) e sobre substituição parcial de manteiga de cacau por gordura de leite em chocolate ao leite observando efeitos benéficos na prevenção do *fat bloom* (SONWAI, ROUSSEAU, 2010).

Chocolates ao leite com calorias reduzidas foram elaborados por Melo et al. (2009) utilizando sucralose e proteína de soro de leite concentrada como substituto parcial da gordura obtendo-se produtos semelhantes ao convencional em termos de brilho, aroma e sabor.

Amir et al. (2013) estudaram a substituição em diferentes níveis (5, 10 e 15 %) de manteiga de cacau por misturas de goma xantana e goma guar em chocolate amargo.

Schumacher et al. (2010) avaliaram a adição de quinoa em chocolate amargo obtendo um produto com alta concentração de proteínas e aminoácidos essenciais com índice de aceitação superior a 70 %.

As proteínas são componentes essenciais na alimentação e estão relacionadas à fisiologia de todas as células vivas, pois têm influência na regeneração dos tecidos, atuam como catalisadores em reações químicas, são necessárias nas reações imunológicas e indispensáveis nos fenômenos de crescimento e reprodução (SCHUMACHER, 2008).

De acordo com Lindsay (2010), as proteínas possuem grande importância como ingredientes de substituição de gorduras em alimentos, principalmente devido suas soluções fornecerem efeitos de espessamento, lubrificação e cobertura bucal.

Para se alcançar um produto com teor reduzido de gordura, pode-se substituir a fase contínua baseada em gordura por um hidrocolóide solúvel em água (ROSENTHAL, 1998; PINHEIRO, PENNA, 2004; LEE et al., 2009; MELO et al., 2009; AMIR et al., 2013), como a gelatina (GELITA, 2008; SCHNEIDER, SOUZA, 2009), uma proteína com características únicas (SCHRIEBER, GAREIS, 2007; NORZIAH et al., 2009), que segundo Gelita (2008), pode ser utilizada para reduzir o teor de gordura de produtos à base de leite e chocolate.

As informações disponíveis sobre o uso de proteínas e seus efeitos, especificamente em chocolates, são limitadas (BOUTIN, 2000). No entanto, a gelatina é utilizada como um ingrediente em muitas aplicações alimentícias (MOHOS, 2010), tais como: sobremesas, gomas de frutas, caramelos, iogurtes, *marshmallows*, sorvetes, *spreads*, entre outros (SCHRIEBER, GAREIS, 2007; MILLIATTI, 2013).

A utilização de gelatina deve-se às suas propriedades multifuncionais, juntamente com sua facilidade de dissolução e sabor neutro (MOHOS, 2010), além da habilidade de formar gel termorreversível com temperatura de fusão próxima da temperatura corporal, propriedade essa semelhante à da gordura. Juntas, tais características são consideradas únicas (KARIM, BHAT, 2009; NORZIAH et al., 2009), que propiciam texturas desejáveis em produtos alimentícios (MOHOS, 2010), tornando-a ideal para uso em produtos de baixo teor de gordura (KARIM, BHAT, 2009).

A gelatina é derivada da hidrólise parcial do colágeno (HUI, 2007), comumente obtida de mamíferos (suíno e bovino) (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; ALFARO, 2008), porém estão sujeitas a maiores restrições e ceticismo entre os consumidores, devido a preocupações socioculturais e relacionadas à saúde, que vêm desencadeando uma crescente demanda por colágeno e gelatina (KARIM, BHAT, 2009; ALMEIDA, LANNES, 2013; DHARA et al., 2013).

Os pés de frango são boas fontes alternativas de colágeno e gelatina com propriedades importantes (ALMEIDA, 2012; ALMEIDA, LANNES, 2013; FERREIRA, 2013; NIK AISYAH et al., 2014; WIDYASARI, RAWDKUEN, 2014) e seu aproveitamento vai de encontro ao crescente interesse na valorização econômica de subprodutos industriais com potenciais aplicações (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011), porém não há trabalhos sobre aplicação da gelatina obtida de peles e tendões de pés de frango como substitutos de gorduras.

Neste contexto, torna-se necessária a verificação da viabilidade da aplicação desta gelatina alternativa em *spread* de chocolate de forma a obter um produto com reduzido teor de gordura, que por sua vez, trata-se de uma demanda atual de mercado.

Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da adição de gelatina, obtida de subproduto de frango, em diferentes concentrações como substituto de gordura, sobre as características físico-químicas de *spread* de chocolate por meio do uso da metodologia de superfície de resposta.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Material

Os materiais utilizados para o preparo do *spread* de chocolate foram: gelatina extraída de peles e tendões de pés de frango (294 *bloom*) (ALMEIDA, LANNES, 2013); gordura vegetal Al Bake P41 LT, para confeitaria e panificação, fornecida pela Cargill®, lote 84 (Mairinque, São Paulo, Brasil) com as especificações apresentadas no Anexo I; açúcar refinado (União®, Camil Alimentos S.A., São Paulo, Brasil); xarope de glicose (Arcolor®, Arco Iris Brasil, São Paulo, Brasil); açúcar líquido invertido e lecitina de soja (Tradal® Brazil, São Paulo, Brasil); leite em pó desnatado (La Serenissima®, Mastelloni Hnos S.A., Buenos Aires, Argentina); chocolate amargo (Harald®, Melken Dark, São Paulo, Brasil) e água purificada.

Os equipamentos e utensílios utilizados para os testes e desenvolvimento dos produtos foram: micro-ondas (modelo ME900, Eletrolux®, Manaus, Brasil); batedeira planetária e liquidificador (Arno®, São Paulo, Brasil); balança semi analítica (modelo ADP3100, Quimis®, São Paulo, Brasil); refrigerador (Bosch®, São Paulo, Brasil); câmara climática (modelo 420 CLD, Nova Ética®, São Paulo, Brasil) e Estufa Incubadora BOD (modelo 3470, Fanem®, São Paulo, Brasil). Os procedimentos foram realizados em laboratório com temperatura controlada a 20 °C.

3.2.2 Desenvolvimento das formulações

Foram realizados testes preliminares das formulações na cozinha experimental do Laboratório de Tecnologia de Alimentos III do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica localizado na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (São Paulo, SP, Brasil), adequando-os com base nas experiências da orientadora e do grupo de pesquisa “Produtos com alto teor lipídico”.

Após os testes, chegou-se a formulação final base denominada controle exposta na Tabela 1, que apresenta as proporções dos ingredientes utilizados.

Tabela 1 - Formulação controle de *spread* de chocolate

Ingredientes	(%)
Chocolate amargo	38,46
Gordura vegetal	28,67
Xarope de glicose	14,43
Açúcar refinado	9,52
Água	5,71
Açúcar invertido	1,93
Leite em pó desnatado	0,91
Lecitina	0,4
Total	100

Como pode se verificar na formulação controle, o chocolate e a gordura vegetal são os componentes de maior proporção, sendo responsáveis pelas características predominantes do produto. As formulações de *spread* de chocolate com adição de gelatina foram desenvolvidas baseando-se na formulação controle (Tabela 1) tendo variações nos níveis de substituição de gordura (15, 25, 50, 75 e 100 %) e concentração de gelatina (0,3, 0,5, 0,8, 1,0 e 1,2 %) conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Delineamento central composto rotacional (DCCR) com valores codificados e reais

Ensaio	X₁	X₂	Nível de Substituição da gordura (%)	Concentração de Gelatina (%)
1	-1	-1,5	25	0,5
2	1	-1,5	75	0,5
3	-1	1	25	1,0
4	1	1	75	1,0
5	-1,41	0	15	0,8
6	2,00	0	100	0,8
7	0	-2,5	50	0,3
8	0	2,0	50	1,2
9	0	0	50	0,8
10	0	0	50	0,8
11	0	0	50	0,8

Os valores reais utilizados no planejamento experimental foram determinados com base em testes experimentais e especificamente para a gelatina de acordo com quantidades indicadas pela literatura. Já que o objetivo era alcançar o máximo de substituição de gordura, estabeleceu-se 100 % no ponto extremo positivo do planejamento para este fator.

Para o ponto central, fixou-se a metade, 50 % de substituição de gordura para melhor entendimento, no entanto, foi necessário fixar o valor de 15 % para o extremo negativo do planejamento, já que 0 % de substituição de gordura não seria interessante em detrimento de sua combinação com a gelatina.

Para os valores de concentração de gelatina, a quantidade mínima de acordo com a literatura era de 0,3 %, enquanto que a quantidade máxima estabelecida neste estudo foi de 1,2 %. Valores acima de 1,2 % de gelatina nos testes resultaram em produtos com aspecto semelhante à geleia de mocotó, não sendo adequada aos objetivos deste estudo.

As demais concentrações foram indicadas por facilitarem a apresentação do planejamento procurando-se arredondar os valores com a finalidade de se evitar possíveis erros de pesagem.

Dessa forma, avaliou-se a influência dessas variáveis independentes sob os parâmetros de cor, volume, densidade, atividade de água e comportamento de fluxo das formulações, por meio de planejamento experimental central composto rotacional (DCCR) 2^2 , incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios (Tabela 2).

Os valores codificados foram estabelecidos levando-se em consideração a distância entre cada ponto e o ponto central com valores de delta de 25 % e 0,2 % para nível de substituição de gordura e concentração de gelatina respectivamente.

A Figura 1 ilustra as etapas de processamento aplicadas no presente estudo para a elaboração do *spread* de chocolate após uma série de ensaios preliminares. As principais etapas para a elaboração do produto são: produção do creme, preparo da calda e homogeneização de todos os componentes seguindo a ordem do fluxograma.

Na etapa de preparo do creme, há utilização de 0,22 % do total da gordura (28,67 %), permanecendo, portanto 28,45 % de gordura para ser utilizada na terceira etapa. Nota-se que o creme produzido na primeira etapa é adicionado (3,86 %) na segunda etapa para o preparo da calda, que por sua vez, é adicionada na terceira etapa. A gordura e o chocolate amargo foram previamente fundidos a 45 °C para então serem utilizados na etapa final.

Figura 1 – Fluxograma do processamento de spread de chocolate

A escolha do chocolate amargo para este estudo se deu por suas propriedades interessantes. De acordo com Afoakwa (2010), a demanda por chocolate amargo é crescente e sua popularidade está relacionada com os resultados de pesquisas sobre o impacto positivo do cacau e chocolate na saúde cardiovascular.

Levando em consideração a Tabela 3, que apresenta as proporções dos ingredientes utilizados em todas as formulações do planejamento, e tendo como exemplo a formulação 9 com 50 % de substituição da gordura vegetal (28,45 %) utilizada na formulação controle, o que equivale a cerca de 14,225 % foi, portanto, necessária a utilização de 13,43 % de água para a dissolução de 0,8 % de gelatina, totalizando 19,14 % de água total na formulação.

De acordo com Rousseau et al. (2015), sem adição de água, o chocolate com teor reduzido de gordura não é capaz de formar uma estrutura autossuficiente.

Tabela 3 – Proporções dos ingredientes nas formulações desenvolvidas

Ingredientes (%)	Formulações											
	Controle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Chocolate amargo	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46
Gordura vegetal	28,45	21,34	7,11	21,34	7,11	24,18	0,00	14,23	14,23	14,23	14,23	14,23
Gordura vegetal (creme)*	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Xarope de glicose	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43	14,43
Açúcar refinado	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52	9,52
Água	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71
Açúcar invertido	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Leite em pó desnatado	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Lecitina de soja	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Água dissolução	-	6,61	20,84	6,11	20,34	3,47	27,65	13,93	13,03	13,43	13,43	13,43
Gelatina	-	0,5	0,5	1,0	1,0	0,8	0,8	0,3	1,2	0,8	0,8	0,8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*Gordura vegetal utilizada no preparo do creme

No processo de dissolução da gelatina, o pó (Figura 2) foi primeiramente hidratado por 15 minutos em água fria e a gelatina hidratada foi submetida ao aquecimento em banho-maria à temperatura de 60 °C até completa dissolução. Conforme a Figura 1, a solução de gelatina foi adicionada junto à calda de açúcares com posterior homogeneização.

Figura 2 – Pó de gelatina obtida de subproduto de frango (a) e processo de hidratação do pó (b)

Após a adição de todos os ingredientes, a mistura foi submetida ao processo de mistura por 6 minutos como é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Ilustração do processo mistura das formulações

Findo o processo, as formulações de *spread* de chocolate foram distribuídas em potes de polipropileno (PP) com tampa e armazenadas a temperaturas de 10, 20 e 30 °C para posterior análise.

3.2.3 Caracterização físico-química das formulações

3.2.3.1 Volume e densidade

O volume e a densidade dos produtos a base de chocolate foram determinados logo após o batimento (28 a 30 °C) final em triplicata preenchendo-se totalmente uma proveta de 150 mL levando-se em consideração a massa (g) contida. Dessa forma, foram calculados, utilizando-se as equações 3.1 e 3.2, a densidade (g/mL) das amostras e seu volume específico (mL/g), que por sua vez é o inverso da densidade (CAMPBELL, MOUGEOT, 1999).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.1)$$

$$V = \frac{1}{\rho} \quad (3.2)$$

3.2.3.2 Atividade água

A atividade de água (a_w) dos *spreads* de chocolate foi determinada em higrômetro eletrônico (Novasina, Aw Center, Suíça) à temperatura de 25 °C, com amostra padronizada em 1,5 g (RICHTER; LANNES, 2007; MIQUELIM et al., 2011).

3.2.3.3 Determinação de cor

Os valores de reflectância das amostras (L^* , a^* , b^*) foram registrados no espectrofotômetro HunterLab (ultraScan Xe, Hunter Associates Laboratory, Reston, VA, EUA) de sistema CIELAB.

A diferença total de cor, ΔE , calculada por meio da Equação 3.3, representa um valor único que leva em conta as diferenças entre os valores de L^* , a^* e b^* das amostras experimentais e a controle. Os valores de delta (ΔL^* , Δa^* e Δb^*) indicam o quanto as amostras diferem da controle/padrão (HUNTERLAB, 2015). Para a obtenção dos valores de chroma (C^*) e o ângulo hue (h°) utilizou-se as equações 3.4 e 3.5 respectivamente, indicadas por Hunter e Harold (1987).

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (3.3)$$

$$C_{ab}^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (3.4)$$

$$h^\circ = \arctan b^* / a^* \quad (3.5)$$

3.2.3.4 Umidade

Para a determinação de umidade das amostras, pesou-se 10 g do produto fundido à 40 °C e homogeneizado. Em seguida, as amostras foram levadas à estufa a vácuo em cápsulas de porcelana, previamente taradas, à 70 °C. Depois de retiradas da estufa, foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas. O processo foi repetido até as amostras apresentarem peso constante. A diferença entre o peso final e o peso inicial representou o teor de umidade presente em 10 g de amostra. O ensaio foi realizado em triplicada (A.O.A.C., 1998).

3.2.3.5 Resíduo mineral

O resíduo mineral total das amostras de *spread* de chocolate foi determinado utilizando-se mufla a 550 °C por tempo suficiente para total destruição da matéria orgânica presente. A análise foi realizada em triplicata (A.O.A.C., 1998).

3.2.3.6 Proteínas

A quantificação de proteínas foi realizada a partir da determinação do nitrogênio total pelo método de Micro-Kjeldahl. Para a análise, foram pesados 0,25 g das amostras. O fator de conversão utilizado foi de 6,25 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985; A.O.A.C., 1998).

3.2.3.7 Teor de lipídeos

A determinação do percentual de lipídeos contido nas amostras foi realizada pesando-se 10 g das amostras tratadas previamente com 75 mL de ácido clorídrico concentrado (37 %) e 200 mL de água destilada em ebulição por cerca de 20 minutos, sendo posteriormente filtradas a quente com cerca de 3 L de água destilada. As amostras no papel filtro foram secas em estufa à vácuo a 75 °C por 12 horas e após, seguiu-se a extração da gordura em extrator Soxhlet com éter de petróleo (LANNES, 1997).

3.2.3.8 Carboidratos totais

A determinação de carboidratos foi realizada segundo a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, calculando-se como a diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, lipídios, umidade, resíduo mineral total e fibra alimentar (ANVISA, 2015). Para os cálculos, neste estudo, não se utilizou a fração de fibra alimentar.

3.2.3.9 Valor calórico

A quantidade do valor energético declarada foi calculada de acordo com a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (ANVISA, 2015), utilizando-se

os seguintes fatores de conversão: Carboidratos 4 kcal/g - 17 kJ/g; Proteínas 4 kcal/g - 17 kJ/g; Gorduras 9 kcal/g - 37 kJ/g.

3.2.3.10 Análise de compressão-extrusão (*back extrusion*)

As análises foram realizadas logo após o processo de batimento das formulações a 28 °C em texturômetro (TA-XT2, *Stable Micro System*, Inglaterra, Reino Unido) com probe A/BE *back extrusion* e disco de compressão de 35 mm. As amostras foram acondicionadas em um copo-teste com 48 mm de diâmetro até o preenchimento de $\frac{3}{4}$ de seu volume. A velocidade do teste foi de 2 mm/s com uma distância de 25 mm em triplicata.

Os dados foram coletados por meio do programa *Texture Expert for Windows* versão 1.2 (Texture Technologies Corp., Inglaterra, Reino Unido) para obtenção dos valores de ponto de quebra (*break point*), coeficiente de consistência, firmeza, coesividade e índice de viscosidade. Segundo Osório e Steffe (1991), o comportamento de fluídos caracterizados como Hershel-Bulkley podem ser descritos pela análise de *back extrusion*. Para tanto, considerou-se a equação (3.6) de Herschel-Bulkley que descreve o comportamento de fluidos não-Newtonianos (EDUARDO, LANNES, 2007; MEDEIROS, LANNES, 2010; GONÇALVES, 2011; RIOS, 2014).

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^n + \sigma_0 \quad (3.6)$$

Onde:

σ = tensão de cisalhamento (força/área);

K = coeficiente de consistência;

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento;

n = índice de viscosidade e;

σ_0 = tensão inicial de cisalhamento.

3.2.4 Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises das formulações foram submetidos ao tratamento estatístico por meio de análises de variância (ANOVA) e metodologia de superfície de resposta. As diferenças de médias com nível de significância de 5 %

dos resultados de composição centesimal foram verificadas utilizando-se o teste de Tukey e os efeitos e coeficientes de regressão foram determinados com o auxílio do software *Statistica®* versão 11 (*StaSoft*, Inc., Oklahoma, EUA). Para a construção das equações, foram considerados somente os coeficientes significativos das variáveis independentes.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As formulações geraram produtos com aparência uniforme, sabor característico de chocolate predominante na formulação com gelatina e com influência da gordura na formulação controle. A Figura 4 ilustra o comportamento de duas das formulações obtidas à temperatura de 30 °C.

Figura 4 – Aparência e comportamento das formulações controle (a) e com adição de gelatina (F11) e redução de gordura (b) à temperatura de 30 °C.

De acordo com Charley e Weaver (1998), a hidratação preliminar dos grânulos da gelatina, processo que antecede o aquecimento e adição na formulação, facilita a dispersão das moléculas de gelatina, fato que pode ter contribuído para o alcance da textura lisa verificada na Figura 4b. Ressalta-se que antes de se adicionar a gelatina no processo citado no fluxograma (Figura 1) é necessário que se diminua a temperatura da calda de açúcares já que temperaturas superiores podem vir a prejudicar o processo de gelificação (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Aparentemente, verificando-se a Figura 4b, a formulação com adição de gelatina nas condições e concentração já mencionadas, demonstrou visualmente um comportamento semelhante à formulação controle (Figura 4a). A concentração de

gelatina utilizada na elaboração do *spread* de chocolate está entre a faixa indicada por Schrieber e Gareis (2007) para *marshmallows*, caramelos, iogurtes e *spreads*.

Na composição das formulações houve a preocupação em se minimizar a adição de aditivos químicos, como conservantes, e de acordo com Gouveia (2006) e Rebello et al. (2013), trata-se de uma tendência da indústria de alimentos que visa uma alimentação mais saudável.

3.3.1 Efeitos da substituição de gordura nas propriedades físico-químicas dos *spreads* de chocolate

3.3.1.1 Parâmetros de cor

Visualmente, a coloração entre as formulações (Figura 5) variaram apresentando uma tonalidade mais clara para a formulação controle e formulações com maiores quantidades de gordura na composição.

Figura 5 – Amostras das formulações de *spread* de chocolate obtidas no planejamento experimental.

Segundo Hadnadev et al. (2014), além da textura e sabor, a cor representa um segmento muito importante na aceitabilidade inicial do produto por parte dos consumidores. Nesse sentido, Nacano (2013) ressalta que sua análise e controle são fundamentais na indústria de produtos alimentícios.

Podem ser verificados na Tabela 4 os valores experimentais das dimensões de cor (L^* , a^* , b^* , C^* , h° e ΔE) das amostras de *spreads* de chocolate com teor reduzido de gordura.

Tabela 4 – Parâmetros de cor das formulações de *spread* de chocolate.

Formulações	L^*	a^*	b^*	C^*	h°	ΔE
1	30,21	12,02	22,44	25,46	61,82	3,63
2	20,58	15,69	27,63	31,77	60,41	14,96
3	28,71	11,55	22,65	25,42	62,98	4,84
4	19,70	15,33	26,41	30,54	59,87	15,00
5	30,38	11,69	20,68	23,76	60,52	2,40
6	22,65	18,13	30,33	35,34	59,13	15,95
7	27,75	14,86	24,22	28,42	58,47	7,39
8	22,30	13,15	21,50	25,20	58,55	10,56
9	25,89	14,14	22,70	26,74	58,08	7,78
10	26,45	13,87	23,13	26,97	59,05	7,39
11	27,27	13,21	24,47	27,81	61,64	7,31
Controle	32,59	11,52	19,75	22,86	59,75	0,00

L^* : Luminosidade; a^* e b^* : Coordenadas de chromaticidade; C^* : Chroma; h° : Ângulo hue; ΔE : Diferença total de cor.

O valor de L^* variou de 19,70 (ensaio 4) a 30,38 (ensaio 5). O valor mais baixo de L^* representa uma redução de 75 % de gordura com 1,0 % de concentração de gelatina, enquanto que o valor mais alto corresponde ao ensaio do ponto axial do Fator 1 com apenas 15 % de substituição de gordura. Tal resultado foi muito próximo da formulação controle (32,59).

Os efeitos das variáveis independentes, nível de substituição de gordura e concentração de gelatina, sobre o valor de L^* , a^* e b^* são dados pelas Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para o valor de L^*

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	25,91	0,37	68,36	0,0002
Nível de substituição de gordura (L)*	-6,92	0,48	-14,23	0,0048
Nível de substituição de gordura (Q)	1,042	0,42	2,46	0,1329
Concentração de gelatina (L)*	-2,20	0,42	-5,15	0,0356
Concentração de gelatina (Q)	-0,97	0,39	-2,46	0,1326
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	0,78	0,68	1,14	0,3695

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Verifica-se que apenas os efeitos lineares do nível de substituição de gordura e concentração de gelatina mostraram-se significativos ($p < 0,05$). Os resultados demonstram que um aumento no nível de substituição de gordura e concentração de gelatina, conduziu a uma queda do valor de L^* , já que de acordo com a Tabela 5 ambos tiveram efeitos negativos sobre a resposta.

Observa-se na Tabela 4 que os ensaios conduzidos com os menores níveis de substituição e concentração de gelatina apresentaram os maiores valores de L^* . Hadnadev et al. (2014) verificaram que a adição de maltodextrina como substituto parcial de gordura em recheios de confeitaria levou a diminuição significativa do valor de L^* , ou seja, os sistemas alimentícios com teor reduzido de gordura tornam-se mais escuros.

Isto é reforçado por Pietrasik (1999) em sua pesquisa, concluindo que produtos ricos em gordura eram mais claros, já que o aumento da proporção de gordura esbranquiçada contribui para o maior valor de L^* . Este termo usado pelo autor pode ser remetido à gordura cristalizada.

Tabela 6 – Estimativa dos efeitos para o valor de a^*

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	13,70	0,26	52,42	0,0004
Nível de substituição de gordura (L)*	3,66	0,34	10,91	0,0083
Nível de substituição de gordura (Q)	0,35	0,29	1,21	0,3501
Concentração de gelatina (L)	-0,72	0,29	-2,43	0,1356
Concentração de gelatina (Q)	0,09	0,27	0,33	0,7703
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	0,04	0,47	0,09	0,9381

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Com relação aos valores de a^* , as formulações apresentaram resultados entre os valores de 11,55 a 18,13 (Tabela 4) próximos dos encontrados por Hadnadev et al. (2014) em recheios de chocolate com reduzido teor de gordura (13,2 a 14,6), demonstrando portanto coloração vermelha.

Ao contrário do valor de L^* , para os valores de a^* o aumento no nível de substituição de gordura provoca a obtenção de maiores valores de a^* , ou seja, uma maior tendência à cor vermelha das formulações, levando em consideração o efeito linear significativo ($p < 0,05$) verificado na Tabela 6 para este fator.

Tabela 7 – Estimativa dos efeitos para o valor de b^*

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	23,79	0,50	47,19	0,0004
Nível de substituição de gordura (L)*	4,81	0,65	7,43	0,0176
Nível de substituição de gordura (Q)	1,10	0,56	1,96	0,1891
Concentração de gelatina (L)	-1,19	0,57	-2,10	0,1711
Concentração de gelatina (Q)	-0,35	0,52	-0,67	0,5744
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-0,65	0,91	-0,71	0,5515

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

O mesmo pode ser observado na Tabela 7 para os valores de b^* . Apenas o efeito linear do nível de substituição apresentou-se significativo ($p < 0,05$), exercendo uma influência positiva sobre a resposta. De acordo com a Tabela 4, os resultados para este parâmetro variaram de 20,68 a 30,33 representando uma tendência à tonalidade amarelada.

Ambos os valores citados correspondem aos ensaios axiais do fator que determina o nível de substituição de gordura, sendo o menor valor para o ensaio 5 e o maior para o ensaio 6, que representam os extremos do planejamento. Este mesmo evento foi verificado para o valor a^* .

Observa-se na Tabela 4, que os valores de chroma (C^*) foram influenciados pela presença de gordura nas formulações, causando uma redução na intensidade da cor, ou seja, maiores proporções de gordura propiciam uma aparência mais opaca das formulações. Isto foi verificado também por Afoakwa et al. (2008), que afirmaram que com o aumento do conteúdo de gordura nas amostras de chocolate amargo há uma redução dos valores de chroma e ângulo hue (h°).

A Tabela 8 apresenta a estimativa dos efeitos para o valor de chroma (C^*) dos *spreads* de chocolate.

Tabela 8 – Estimativa dos efeitos para o valor de chroma (C^*)

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	27,46	0,31	89,28	0,0001
Nível de substituição de gordura (L)*	5,98	0,39	15,15	0,0043
Nível de substituição de gordura (Q)	1,14	0,34	3,30	0,0807
Concentração de gelatina (L)	-1,39	0,35	-4,01	0,0570
Concentração de gelatina (Q)	-0,25	0,32	-0,80	0,5091
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-0,54	0,56	-0,97	0,4338

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Pode se verificar na Tabela 8 as influências significativas ($p < 0,05$) do efeito linear do Fator nível de substituição de gordura, ou seja, quanto maior o nível de

substituição de gordura, maior o valor de chroma. Constata-se que a concentração de gelatina não influenciou na intensidade da coloração dos produtos.

A partir dos resultados expostos na pesquisa de Hadnadev et al. (2014), verificou-se que com 15 % de substituição de gordura por géis de maltodextrina com concentração de 20 % em recheio de confeitaria, resultaram em produtos com valores de 20,23 e 43,40 para chroma e ângulo de hue, respectivamente.

Observa-se que o valor de chroma, descrito acima, foi mais próximo da formulação 5 deste estudo com apenas 15 % de substituição de gordura, enquanto que o ângulo hue apresentou-se menor com tendência ao vermelho.

Tabela 9 – Estimativa dos efeitos para o valor do ângulo hue (h°)

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	60,04	1,01	59,74	0,0003
Nível de substituição de gordura (L)	-1,68	1,29	-1,30	0,3231
Nível de substituição de gordura (Q)	0,68	1,12	0,60	0,6070
Concentração de gelatina (L)	0,02	1,13	0,02	0,9857
Concentração de gelatina (Q)	-0,52	1,04	-0,50	0,6686
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-0,73	1,82	-0,40	0,7261

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Não foi identificada grande variação no ângulo hue (h°) (59,13 a 61,82) das formulações (Tabela 4). Isso pôde ser comprovado estatisticamente na Tabela 9, verificando-se que nenhum dos fatores exerceu efeitos significativos. No entanto, nota-se, de acordo com os valores obtidos, uma coloração mais tendenciosa ao amarelo já que a superfície tende ao amarelo ao se aproximar do ângulo de 90° (KONICA MINOLTA, 2007).

Analisando-se a Tabela 10, verifica-se que somente o termo quadrático do nível de substituição de gordura e a interação entre os fatores não influenciaram significativamente o valor de ΔE , sendo que os maiores efeitos foram exercidos pela substituição de gordura em seu termo linear. Todos os fatores significativos exerceram influência positiva sobre a resposta. Quanto maior o nível de substituição e concentração de gelatina, maior o valor de ΔE .

Tabela 10 – Estimativa dos efeitos para o valor da diferença total de cor (ΔE)

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	8,06	0,14	58,71	0,0003
Nível de substituição de gordura (L)*	9,15	0,18	51,93	0,0004
Nível de substituição de gordura (Q)	0,03	0,15	0,17	0,8821
Concentração de gelatina (L)*	1,21	0,15	7,84	0,0159
Concentração de gelatina (Q)*	0,95	0,14	6,68	0,0217
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-0,90	0,25	-3,63	0,0682

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

O valor mínimo de ΔE , calculado em relação a formulação controle de *spread* de chocolate, foi observado na formulação 5, seguido pelas formulações 1 e 3, caracterizadas por apenas 15 e 25 % de substituição de gordura, nesse sentido, constata-se que nas formulações com menores teores de gordura, os valores de ΔE distanciam-se da controle. A cor escura do produto é geralmente atribuída pelos consumidores ao chocolate amargo (AIDOO et al., 2015), assim, podem ser consideradas aceitáveis as formulações de *spread* de chocolate mais escuras.

Os modelos matemáticos para os parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , C^* e ΔE foram obtidos por meio do cálculo da regressão dos coeficientes e a Tabela 11 consta a adequação dos modelos encontrados utilizando-se a análise de variância (ANOVA).

Tabela 11 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelos matemáticos para os parâmetros de cor.

Resposta	R^2 (%)	F calculado	F tabelado	Equações
L^*	77,66	113,68	19,00	$Y = 25,68 - 3,14x_1 - 0,84x_2$ (3.7)
a^*	92,76	158,26	18,51	$Y = 13,86 + 1,91x_1$ (3.8)
b^*	83,05	80,77	18,51	$Y = 24,05 + 2,63x_1$ (3.9)
C^*	89,12	326,72	18,51	$Y = 27,77 + 3,23x_1$ (3.10)
ΔE	94,11	1108,36	19,16	$Y = 8,22 + 4,53x_1 + 0,64x_2 + 0,30x_2^2$ (3.11)

* F calculado e F tabelado a 5 % de significância

* x_1 = nível de substituição de gordura; x_2 = concentração de gelatina.

Nota-se na Tabela 11 que para luminosidade (L^*), 77,66 % da variação dos ensaios estão explicados na regressão, enquanto que o parâmetro a^* apresentou um R^2 com valor de 92,76 % e o b^* um valor um pouco menor de 83,05 %.

A falta de ajuste para ΔE foi significativa ($p < 0,05$), no entanto não invalida o modelo pois apresentou um alto valor de coeficiente de determinação ($R^2 = 94,11$ %) como pode ser verificado na Tabela 11 além de elevado valor de F calculado em relação ao tabelado.

Os valores de F calculado para todos os parâmetros foram altos indicando que se tratam de modelos adequados. As equações construídas apresentam apenas os coeficientes das variáveis independentes significativas para as respostas.

Figura 6 – Valores de L^* , a^* , b^* , C^* e ΔE previstos *versus* valores observados experimentalmente.

A relação entre os valores previstos pelas equações 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11 com os resultados observados experimentalmente é ilustrada na Figura 6. Verifica-se que há concordância já que os pontos estão distribuídos ao acaso e próximos da reta. A Figura 7 mostra as superfícies de resposta obtidas para os valores do parâmetro de cor.

Figura 7 – Superfícies de resposta para os valores de (a) L^* ; (b) a^* , (c) b^* , (d) C^* e (e) ΔE .

De acordo com a superfície de resposta (Figura 7a), verifica-se que a região de obtenção de produtos mais claros trata-se da combinação de menores concentrações de gelatina e menores níveis de substituição de gordura (codificações negativas das variáveis independentes).

Enquanto que a Figura 7b indica que para a variável independente o nível de substituição de gordura, a faixa que se obteria os maiores valores de a^* , refletindo produtos de coloração avermelhada acentuada, seria em níveis de substituições acima de 50 %. O mesmo pode ser verificado na Figura 7c, com os maiores valores de b^* , que representam uma tonalidade amarelada mais acentuada.

Nota-se na Figura 7d que a intensidade da coloração máxima pode ser alcançada nos maiores níveis de substituição de gordura, entre 1 (75 %) e 2,00 (100 %) abrangendo toda a faixa de concentração de gelatina. Já a Figura 7e demonstra que a maior diferença de cor é alcançada pelos maiores níveis de substituição e maiores concentrações de gelatina.

3.3.1.2 Volume e densidade

As informações sobre os valores de densidade são importantes para o delineamento de operações de processamento de alimentos (MCCLEMENTS, DECKER, 2010). A qualidade dos produtos que sofrem processo de batimento na indústria de alimentos está estreitamente relacionada com a fase dispersa de gás, sendo que o conteúdo desse gás é normalmente descrito na literatura utilizando principalmente a densidade e volume específico (LABBAFI et al., 2007).

De acordo com a Tabela 12, as formulações de *spreads* de chocolate apresentaram volumes específicos que variaram de 0,92 mL/g (ensaio 6) a 1,02 mL/g (ensaio 5) e densidade de 0,98 g/mL (ensaio 5) a 1,09 g/mL (ensaio 6), que correspondem aos pontos axiais do planejamento experimental.

As formulações com presença de gelatina como substituto parcial da gordura demonstraram maior densidade e menor volume específico em relação à formulação controle. Esse aumento na densidade pode ser devido, sobretudo, ao maior teor de umidade, já que houve adição de água nas formulações para que se pudesse dissolver a gelatina em substituição parcial da gordura.

Tabela 12 – Valores de volume específico e densidade das formulações de *spread* de chocolate

Formulações	Volume específico mL/g	Densidade (g/mL)
1	0,97	1,03
2	0,93	1,08
3	0,99	1,01
4	0,94	1,07
5	1,02	0,98
6	0,92	1,09
7	0,94	1,07
8	0,98	1,02
9	0,95	1,05
10	0,94	1,06
11	0,94	1,06
Controle	1,07	0,93

A presença de macromoléculas como as proteínas da gelatina, também pode contribuir para o aumento da densidade, pois segundo Esteller e Lannes (2005), alimentos com alto teor de macromoléculas apresentam massa “pesada”, isto é, maior densidade e menor volume específico, já alimentos com menor densidade e maior volume específico apresentam-se mais “leves”, como é o caso da formulação controle. A Tabela 13 apresenta o efeito das variáveis sobre o volume das formulações de *spread*.

Tabela 13 – Estimativa dos efeitos para o volume das formulações de *spread* de chocolate

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	0,94	0,003	299,05	0,0000
Nível de substituição de gordura (L)*	-0,06	0,004	-14,60	0,0047
Nível de substituição de gordura (Q)*	0,02	0,004	5,81	0,0283
Concentração de gelatina (L)*	0,02	0,004	5,49	0,0316
Concentração de gelatina (Q)	0,01	0,003	3,15	0,0879
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-0,01	0,006	-1,37	0,3048

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

A variável substituição de gordura em seu termo linear apresentou um efeito negativo sobre o volume das formulações, demonstrando que um aumento no nível

de substituição de gordura diminui em 0,06 mL/g o volume específico das formulações nessas condições. A concentração de gelatina exerceu um efeito menor, porém significativo e de acordo com a Tabela 13, um incremento de gelatina nas formulações dentro da faixa estudada aumenta em 0,02 mL/g o volume das formulações. A interação entre as variáveis não apresentou efeito significativo sobre o volume.

Sabe-se que algumas partes das moléculas de proteínas são hidrofóbicas e outras hidrofílicas e dessa forma, a molécula de proteína pode se desenrolar em uma interface das bolhas de ar de tal modo que as porções hidrofílicas se ligam na água e às porções hidrofóbicas no ar incorporando e estabilizando grandes quantidades de bolhas de ar (CAMPBELL, MOUGEOT, 1999; DAMODARAN, 2010).

Com relação ao mecanismo de aeração das proteínas, em especial a gelatina, Schrieber e Gareis (2007) apontam que a mesma diminui a tensão superficial facilitando a aeração dos produtos e estabiliza a interface da fase ar/líquido formando uma película apresentando um comportamento de batimento comparável ao da clara de ovo ou albumina em pó.

No entanto, segundo Campbell e Mougeot (1999) e Boutin (2000), a presença de gordura é normalmente um fator inibidor da aeração das proteínas diminuindo seu efeito estabilizador. Tal fato pode ter contribuído para os menores efeitos desempenhados pela concentração de gelatina (Tabela 13 e 14) quando comparados com a substituição de gordura, no entanto trata-se de efeitos significativos.

Tabela 14 – Estimativa dos efeitos para a densidade das formulações de *spread* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	1,06	0,003	335,72	0,0000
Nível de substituição de gordura (L)*	0,07	0,004	16,29	0,0037
Nível de substituição de gordura (Q)*	-0,02	0,004	-5,21	0,0350
Concentração de gelatina (L)*	-0,02	0,004	-6,50	0,0229
Concentração de gelatina (Q)	-0,01	0,003	-2,31	0,1468
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	0,01	0,006	1,26	0,3355

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

A Tabela 14 demonstra os efeitos das variáveis sobre a densidade das formulações obtidas. Como era de se esperar, as mesmas variáveis e termos (lineares e quadráticos) significativos para o volume específico também exerceram efeitos significativos sobre a densidade.

De acordo com a Tabela 14, o maior nível de substituição de gordura (de 15 a 100 %) por solução de gelatina provoca uma elevação na densidade das amostras em 0,07 g/mL. Já a adição de maior concentração de gelatina (0,3 a 1,2 %) implica menor densidade em -0,02 g/mL.

A densidade normal do chocolate é aproximadamente 1,3 g/mL, já em chocolates aerados devido à presença de bolhas de ar, que substitui uma parte do material sólido, a densidade é menor variando de 0,4 a 0,8 g/mL. Isto confere ao consumidor a impressão de um produto maior com mesmo peso e geralmente uma textura mais macia e sensação de derretimento (BECKETT, 2009).

Segundo dados da FAO (2015), produtos com alto teor lipídico como cremes contendo aproximadamente 38 % de gordura apresentam uma densidade média de 0,98 g/mL, valor muito próximo dos encontrados para a formulação controle e ensaio 5. Ainda de acordo com a FAO (2015), produtos com reduzido teor de gordura apresentam valores de densidades maiores que seus padrões. Ressalta-se ainda, que o *spread* de chocolate comercial, Nutella®, apresenta densidade de 1,26 g/mL, maior que os valores encontrados nesse estudo, pois não se caracteriza como um produto aerado.

Pode-se afirmar, portanto, que os resultados encontrados no planejamento são densidades intermediárias e dentro do que se espera de produtos com reduzido teor de gordura. Comparando-se ainda com outros produtos, os valores de densidade das formulações estão entre os indicados para produtos como balas mastigáveis (*chewable candies*) que variam de 0,9 a 1,20 g/mL e *Nougat* que variam de 0,8 a 1,10 g/mL (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Realizou-se o cálculo da regressão dos coeficientes e verificação da validade dos modelos matemáticos obtidos por meio da Análise de Variância (ANOVA) conforme a Tabela 15.

Tabela 15 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelos matemáticos para o volume específico e densidade de *spreads* de chocolate.

Resposta	R^2 (%)	F calculado	F tabelado	Equações
Volume específico	98,78	89,44	19,16	$Y = 0,95 - 0,03x_1 + 0,008x_1^2 + 0,007x_2$ (3.12)
Densidade	99,25	111,34	19,16	$Y = 1,05 + 0,03x_1 - 0,008x_1^2 - 0,009x_2$ (3.13)

* F calculado e F tabelado a 5 % de significância

* x_1 = nível de substituição de gordura; x_2 = concentração de gelatina.

Como pode ser visualizado na Tabela 15, o coeficiente de determinação (R^2) encontrado foi de 98,78 % para o volume específico e 99,25 % para o parâmetro de densidade. O valor de F calculado foi 5 a 6 vezes maior que o F tabelado a 95 % de nível de confiança ($F_{\text{calc.}}/F_{\text{tab.}}$), o que confirma a adequação do modelo na previsão do volume específico e densidade em função das variáveis estudadas (Figura 8).

Os pontos verificados na Figura 8 estão distribuídos ao acaso e próximos da reta representando a boa concordância dos resultados previstos pelos modelos com os encontrados experimentalmente.

Figura 8 – Valores previstos de volume específico e densidade *versus* valores observados experimentalmente de *spreads* de chocolate.

Para a construção das equações 3.12 e 3.13, excluiu-se os coeficientes não significativos estatisticamente, permanecendo apenas os que representam as

respostas, sendo possível assim, a descrição dos mesmos em superfícies de respostas conforme a Figura 9.

Figura 9 - Superfícies de resposta para o volume específico (a) e densidade (b) de *spreads* de chocolate.

Analisando-se a superfície de resposta referente ao volume específico na Figura 9a, verifica-se que menores níveis de substituição de gordura e maiores concentrações de gelatina são responsáveis pela obtenção de *spreads* de chocolate com maiores volumes. Enquanto que o inverso pode ser verificado para densidade (Figura 9b), ou seja, produtos com menores teores de gordura (maior nível de substituição) e menores concentrações de gelatina apresentam uma maior densidade, fato diretamente relacionado a maior quantidade de água adicionada conforme a Tabela 3.

Esse comportamento também foi verificado por Cheng et al. (2008), ao estudarem o efeito da utilização de gelatina extraída de peixe na produção de *spread* com reduzido teor de gordura, onde evidenciaram um aumento na densidade com a substituição da gelatina e portanto, maior volume na presença da mesma.

3.3.1.3 Atividade de água

A definição de atividade de água (a_w) é dada como a pressão de vapor do alimento a ser testado dividida pela pressão de vapor da água pura sob mesma temperatura (GURTLE et al., 2014). De acordo com Chirife e Fontana Jr. (2007), a atividade de água tornou-se uma das mais importantes propriedades intrínsecas

utilizadas para prever a sobrevivência e crescimento de microrganismos em alimentos, devido à sua influência direta sobre a qualidade e estabilidade dos produtos. A Tabela 16 mostra os resultados de atividade de água obtidos no planejamento experimental.

Tabela 16 – Valores de atividade de água (a_w) das formulações de *spread* de chocolate.

Formulações	Atividade de água (a_w)
1	0,75
2	0,85
3	0,74
4	0,84
5	0,70
6	0,89
7	0,80
8	0,79
9	0,80
10	0,81
11	0,80
Controle	0,65

Pode se verificar, com os valores de atividade de água das diferentes formulações apresentadas na Tabela 16, que houve uma variação de 0,70 (ensaio 5) até 0,89 (ensaio 6), sendo que a formulação controle apresentou a menor atividade de água (0,65).

A literatura estabelece que produtos como chocolate, *marshmallows*, geleias e melados apresentam atividade de água em torno de 0,65 a 0,75 e dentro dessa faixa encontram-se os ensaios 1, 3, 5 e controle. Enquanto que os ensaios 7, 8, 9, 10 e 11 apresentam atividade de água próximas de produtos como doce tipo marzipã e marmelada (0,75 a 0,80), já os ensaios 2, 4 e 6 exibiram resultados próximos dos detectados em leite condensado, xarope de chocolate, bombons e *fondants* (0,80 a 0,87) (TAOUKIS, RICHARDSON, 2007; REID, FENEMMA, 2008).

Miquelim et al. (2011) identificaram valores de atividade de água que variaram de 0,75 a 0,76 em bombons com diferentes recheios. Schmidt e Fontana Jr. (2007) em um levantamento sobre valores de atividade de água de diversos alimentos, citaram que molhos de chocolate (*fudge sauce*) apresentam valores que podem variar de 0,83 a 0,95.

Shamsudin (2005) comparou os valores de atividade de água de *spreads* de chocolates comerciais com os experimentais contendo reduzidos teores de gordura de palma e apontaram valores de 0,47 a 0,52 para os produtos comerciais e 0,76 a 0,79 para as formulações com reduzido teor de gordura, muito próximo da atividade de água exibida pelo ensaio 8 deste estudo.

Segundo Gurtler et al. (2014), considera-se produtos de baixa atividade de água os que apresentam valores de $a_w < 0,70$ e, nesse caso, a formulação controle e o ensaio 5 com o menor nível de substituição de gordura podem ser classificados como produtos de baixa atividade de água.

Com a substituição de gordura nas formulações, ocorreu uma incorporação da fase aquosa acarretando, como era provável, um acréscimo na atividade de água dos produtos. Isso pode ser ratificado na Tabela 17, que apresenta os efeitos dos parâmetros estudados nos valores de atividade de água.

A Tabela 17 demonstra que apenas o termo linear da variável independente nível de substituição de gordura causou um efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a resposta em questão.

Tabela 17 – Estimativa dos efeitos para a atividade de água (a_w) de *spreads* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	0,80	0,003	254,72	0,0000
Nível de substituição de gordura (L)*	0,11	0,004	27,49	0,0013
Nível de substituição de gordura (Q)	-0,01	0,004	-3,95	0,0584
Concentração de gelatina (L)	-0,01	0,004	-2,07	0,1739
Concentração de gelatina (Q)	0,00	0,003	-1,39	0,2985
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	0,00	0,006	0,39	0,7321

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Constata-se que com um incremento na substituição de gordura por solução de gelatina há um acréscimo de 0,11 no valor de atividade de água das formulações. A Tabela 18 expõe os valores do coeficiente de determinação e valores de F, itens importantes para a comprovação da adequação dos modelos matemáticos

alcançados no cálculo de regressão dos coeficientes mediante Análise de Variância (ANOVA).

Tabela 18 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelo matemático para atividade de água de *spreads* de chocolate.

Resposta	R^2 (%)	F calculado	F tabelado	Equações
Atividade de água	96,45	822,29	18,51	$Y = 0,79 + 0,05x_1$ (3.14)

* F calculado e F tabelado a 5 % de significância

* x_1 = nível de substituição de gordura.

Observa-se que o modelo matemático detectado na análise consegue explicar cerca de 96,45 % da variação, sendo apenas 3,55 % derivados de erros aleatórios. Ainda de acordo com a Tabela 18, assegura-se a adequação do modelo mediante a relação dos valores de F calculado e F tabelado, onde se constatou que F calculado é 44 vezes maior que o F tabelado a 95 % de confiança. A Equação 3.14 indica o coeficiente de regressão para a variável independente significativa (nível de substituição de gordura). A Figura 10 ilustra os valores de atividade de água (a_w) observados experimentalmente e os previstos pela equação 3.14.

Figura 10 – Valores previstos de atividade de água *versus* valores observados em *spreads* de chocolate.

Nota-se a boa concordância dos resultados previstos pelo modelo matemático com os encontrados experimentalmente.

Figura 11 – Superfície de resposta para atividade de água em *spreads* de chocolate.

A superfície de resposta (Figura 11) foi descrita satisfatoriamente pela Equação 3.14, demonstrando que o aumento da atividade de água das formulações foi principalmente decorrente do aumento da substituição de gordura, não evidenciando influência significativa da variável concentração de gelatina.

Além da estabilidade físico-química e microbiológica, a atividade de água está relacionada com as características de textura dos alimentos e de acordo com Chirife e Fontana Jr. (2007) e Rahman e Labuza (2007), alimentos com aspectos seco, duro e quebradiço possuem baixa atividade de água, já alimentos com atividade de água intermediária podem apresentar uma aparência flexível, enquanto que os considerados de alta atividade de água são úmidos, suculentos, macios, flácidos, inchados e pegajosos.

Produtos tipo *spread* com teor reduzido de gordura normalmente apresentam uma maior fase aquosa tornando-se mais propícios à deterioração, como pode ser visualizado neste estudo, os produtos experimentais demonstraram maiores valores de atividade de água, portanto, devem-se unir técnicas de conservação tais como: controle da matéria-prima, práticas higiênicas no processamento, pasteurização do produto, além da possibilidade de utilização de conservantes e controle do pH para que o alimento tenha uma maior estabilidade (ICMSF, 2005).

3.3.1.4 Análise de compressão-extrusão (*back extrusion*)

Durante a análise de *back extrusion* os dados foram registrados gerando-se gráficos com curva na região positiva e negativa de força (N) em função do tempo (s), obtendo-se os resultados de *break point* (N), coeficiente de consistência (N.s), firmeza (N), coesividade (N) e índice de viscosidade (N.s) das formulações como é ilustrado pela Tabela 19.

Tabela 19 – Propriedades reológicas das formulações de *spread* de chocolate obtidas por análise de *back extrusion* a 28 °C.

Formulações	<i>Break point</i> (N)	Firmeza (N)	Coeficiente de consistência (N.s)	Coesividade (N)	Índice de viscosidade (N.s)
1	2,30	2,87	28,76	-2,12	17,76
2	0,62	0,63	7,35	-0,4	4,28
3	6,96	9,08	89,92	-5,48	42,1
4	0,72	1,07	10,62	-0,67	7,18
5	2,90	3,36	40,05	-3,01	36,25
6	0,31	0,33	3,23	-0,14	0,72
7	1,78	2,27	21,96	-1,44	15,19
8	4,67	5,90	60,55	-4,46	43,56
9	2,77	3,63	46,27	-3,07	31,28
10	3,08	4,06	47,11	-3,29	36,74
11	3,60	4,68	55,62	-3,88	36,45
Controle	2,64	3,40	26,09	-2,86	22,25

Os fluidos que obedecem ao modelo de Herschel-Bulkley são caracterizados pela presença de uma tensão inicial (BOURNE, 2002), que representa a tensão requerida para alcançar o escoamento de um fluido. Abaixo da tensão inicial, o material exibe características sólidas, sendo esta característica muito importante no planejamento de processo e avaliação da qualidade para materiais como manteiga, iogurte e *spreads* (STEFFE, 1996).

O valor de ponto de quebra (*break point*) dos produtos é considerado pelas indústrias um parâmetro importante, que pode indicar a necessidade de menos energia em seus processos de bombeamento (LANNES, IGNÁCIO, 2013). Observa-

se na Tabela 19 que os valores de *break point* variaram de 0,31 a 6,96 N para as formulações 6 e 3 respectivamente.

Analisando-se as formulações 1 e 3, ambas com 25 % de substituição de gordura, diferenciando-se pela concentração de gelatina, já que a formulação 3 apresenta o dobro da concentração (1,0 %), verifica-se uma possível influência da gelatina no comportamento do produto, fato que pode ser confirmado pela Tabela 20 que demonstra a estimativa dos efeitos encontrados para o *break point*.

Tabela 20 – Estimativa dos efeitos para o *break point* (N) em *spreads* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	2,69	0,229	11,76	0,0072
Nível de substituição de gordura (L)*	-2,21	0,294	-7,51	0,0173
Nível de substituição de gordura (Q)	-0,36	0,256	-1,40	0,2952
Concentração de gelatina (L)*	1,90	0,259	7,36	0,0179
Concentração de gelatina (Q)	0,32	0,238	1,35	0,3108
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina *	-1,93	0,415	-4,65	0,0433

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

De acordo com a Tabela 20, além da influência positiva significativa da concentração de gelatina, há também os efeitos maiores negativos da substituição de gordura e da interação dos fatores. Em termos industriais, quanto maior o nível de substituição de gordura, menor energia é necessária no processo de bombeamento do *spread*.

A firmeza de um *spread* é interpretada como o pico de força (N) durante a deformação da amostra e representa a facilidade com que ela se espalhará (GIRI et al., 2014), ou seja, é geralmente medida como a força necessária para penetrar uma haste padronizada (probe) dentro do produto. Tal propriedade de *spreads* com alto teor de gordura é determinada principalmente pelo conteúdo de gordura sólida que é função da temperatura (BOT et al., 2003).

A Tabela 21 expõe os efeitos sobre o parâmetro de firmeza dos *spreads* de chocolate.

Tabela 21 – Estimativa dos efeitos para a Firmeza (N) em *spreads* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	3,53	0,288	12,24	0,0066
Nível de substituição de gordura (L)*	-2,71	0,370	-7,32	0,0181
Nível de substituição de gordura (Q)	-0,63	0,322	-1,94	0,1919
Concentração de gelatina (L)*	2,51	0,325	7,73	0,0163
Concentração de gelatina (Q)	0,35	0,300	1,17	0,3624
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina *	-2,40	0,522	-4,60	0,0442

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Houve uma variação de 0,33 a 9,08 N nos valores de firmeza das formulações (Tabela 19). A firmeza das formulações foi fortemente influenciada pelos efeitos lineares do nível de substituição de gordura e concentração de gelatina, assim como pela interação entre eles.

Verifica-se, portanto, que o conteúdo de gordura sólida desempenha um papel importante e significativo ($p < 0,05$) na firmeza de produtos com alto teor lipídico. Essa relevância é destacada por diversos autores em pesquisas com alimentos. No estudo de Rukke et al. (2011), comparando-se *spreads* com diferentes tipos e concentrações de gordura, verificaram que as emulsões contendo 80 % de gordura foram mais firmes que as variantes consideradas low-fat, com 40 %.

Kumar (2014) produziu *spreads* de chocolate utilizando diferentes quantidades de manteiga, óleo de oliva e proteína de soro de leite concentrada obtendo também efeitos lineares positivos significativos dos fatores em relação à firmeza do produto final, com valores de análise das formulações dentro da faixa encontrada nesta pesquisa (2,87 a 12,15 N). Sajedi et al. (2014), como era esperado, também verificou que com o aumento no conteúdo de gordura, houve uma maior firmeza das formulações de chantilly.

Aumentos significativos da firmeza de *spreads* em decorrência da concentração de géis aplicadas no processamento foram verificados por Swenson et al. (2000), que estudaram os efeitos de hidrocolóides, em especial a gelatina, na produção de *spread* de queijo livre de gordura e Nikolic et al. (2014), ao utilizarem géis de fibra de trigo na substituição de gordura de *spread* com farinha de semente

de abóbora. Além da pesquisa de Cheng et al. (2008) expondo que as propriedades de *spreads low-fat* foram significativamente influenciadas pelas diferentes proporções incorporadas de gelatina de peixe e pectina.

Firmeza e consistência estão correlacionadas com o grau de espalhabilidade de produtos de chocolate (AFOAKWA, 2010). O coeficiente de consistência mede a resistência oferecida pela amostra ao longo de toda a penetração do probe, isto é, a quantidade de energia requerida para realizar o processo de corte (GIRI et al., 2014).

O coeficiente de consistência (Tabela 19) das formulações variou de 3,23 a 89,92 N.s representadas pelas formulações 6 e 3 respectivamente. O efeito linear do fator nível de substituição de gordura exerceu influência negativa significativa ($p < 0,05$) sobre o coeficiente de consistência (Tabela 22), indicando que com o aumento da substituição de gordura há um decréscimo no coeficiente de consistência dos *spreads*. As formulações foram significativamente ($p < 0,05$) influenciadas pela concentração de gelatina (efeito linear) e pela interação entre os dois fatores.

Tabela 22 – Estimativa dos efeitos para o Coeficiente de consistência (N.s) em *spreads* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	42,71	2,825	15,12	0,0043
Nível de substituição de gordura (L)*	-27,21	3,626	-7,51	0,0173
Nível de substituição de gordura (Q)	-10,45	3,159	-3,31	0,0805
Concentração de gelatina (L)*	25,81	3,188	8,10	0,0149
Concentração de gelatina (Q)	-1,79	2,936	-0,61	0,6034
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina *	-24,32	5,120	-4,75	0,0416

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

De acordo com a Tabela 22, com maiores concentrações de gelatina há um aumento no coeficiente de consistência dos produtos, a mesma ocorrência observada por Koocheki et al. (2009) no estudo das propriedades reológicas de ketchup com adição de diferentes hidrocolóides, onde estabeleceram que a adição de diferentes hidrocolóides e aumento em suas concentrações resultaram em altos valores de coeficientes de consistência em todas as temperaturas testadas. Os

testes realizados em maionese com reduzido teor de gordura indicaram que a goma xantana apresentou o maior efeito sobre o aumento do coeficiente de consistência seguida pela goma guar (NIKZADE et al., 2012).

As interações entre os ingredientes conferem ao produto uma palatabilidade cremosa característica aos produtos a base de chocolate e pode ser confirmada pelo alto valor do coeficiente de consistência (GONÇALVES, 2011) em todas as formulações.

Com relação à coesividade, a Tabela 19 exhibe que a amostra controle possui valor de -2,86 N e as amostras experimentais alternaram em resultados superiores e inferiores a este. A coesividade é um parâmetro mecânico de textura e está relacionada com a força das ligações internas que constituem o corpo do produto (DEMAN, 1996), trata-se do grau em que as amostras se deformam antes de se romper (BOURNE, 2002; SZCZESNIAK, 2002).

A Tabela 23 expõe a estimativa dos efeitos sobre o parâmetro de coesividade das formulações de *spread* de chocolate.

Tabela 23 – Estimativa dos efeitos para a Coesividade (N) em *spreads* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	-2,90	0,229	-12,69	0,0062
Nível de substituição de gordura (L)*	1,92	0,294	6,56	0,0225
Nível de substituição de gordura (Q)	0,75	0,256	2,92	0,0998
Concentração de gelatina (L)*	-1,76	0,258	-6,83	0,0208
Concentração de gelatina (Q)	0,09	0,238	0,37	0,7469
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	1,28	0,415	3,08	0,0912

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Na análise de *back extrusion*, coesividade é a força máxima de compressão na retirada do probe da amostra (AFOAKWA, 2010). Indica o quanto a amostra adere ao probe ao voltar em sua posição inicial do teste apresentando por isso valores negativos (RIOS, 2014). Um conceito sensorial é tratado por SZCZESNIAK (2002), como sendo o grau em que uma substância é comprimida entre os dentes antes de quebrar.

Percebe-se na Tabela 23 que o nível de substituição de gordura, em seu efeito linear, teve influência significativa ($p < 0,05$) positiva sobre a coesividade, enquanto que o efeito linear da concentração de gelatina apresentou efeito negativo. Ressalta-se que os valores de coesividade são negativos, pois se trata de um parâmetro calculado a partir da região negativa do gráfico gerado na análise. Nesse sentido, a interpretação dos resultados deve seguir essa coerência. Ou seja, aumentando-se o nível de substituição de gordura há uma diminuição da coesividade e aumentando-se a concentração de gelatina a coesividade aumenta, já que o ponto negativo tende a aumentar. Não foi constatada interação significativa entre os fatores para este parâmetro.

A formulação 8 com maior concentração de gelatina demonstrou alta coesividade (-4,46 N) e esta forte influência também foi constatada por Gonçalves (2011) nas amostras de *fondue* de chocolate com adição de colágeno hidrolisado, obtendo valores de -4,35 e -4,43 N, próximos dos identificados neste estudo.

Este fato está relacionado com as propriedades tecnológicas da gelatina, destacando-se a formação e estabilização de emulsão, coesão e adesão além da alta capacidade de hidratação e retenção de água (NUSSINOVITCH, HIRASHIMA, 2014). A coesão é responsável pela união das partículas dentro de uma substância (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Em uma pesquisa com elaboração de maionese *low-fat*, Liu et al. (2007) verificaram que a formulação com 80 % de gordura demonstrou maior coesividade que as formulações *low-fat* (40 %), e adição de gel de pectina.

Glicerina et al. (2016) destacam que resultados altos de coeficiente de consistência e coesividade em chocolates confirmam que a amostra é caracterizada por uma estrutura muito agregada e densa, que faz com que haja maior resistência ao retorno do probe durante a análise de *back extrusion*, já valores menores realçam a presença de uma estrutura com interações mais fracas entre as partículas.

Viscosidade é definida como a fricção interna de um fluido ou sua tendência a resistir ao fluxo (BOURNE, 1982). Embora as moléculas de um fluido estejam em constante movimento aleatório, a velocidade líquida em uma direção particular é zero a menos que alguma força seja aplicada para fazer com que o fluido flua. A magnitude da força necessária para induzir o fluxo a uma certa velocidade é relacionada com a viscosidade do fluido (TOLEDO, 2007).

De uma perspectiva industrial, a função viscosidade é uma das mais importantes no estudo de fluidos alimentícios e a maioria dos trabalhos são aplicados nessa área (STEFFE, 1996). Os valores de índice de viscosidade (Tabela 19) encontrados neste estudo foram de 0,72 a 42,10 N.s, para as formulações 6, com 100 % de substituição de gordura, e 3 com 25 % de substituição sendo 0,8 e 1,0 % de concentração de gelatina, respectivamente.

Uma correlação entre os ingredientes utilizados em produtos comerciais de *fondue* de chocolate e o comportamento de fluxo foi realizada por Gonçalves (2011) empregando a análise de *back extrusion* e demonstrou que o maior índice de viscosidade encontrado (20,94 N.s) foi para a formulação Guylian® que possui ingredientes semelhantes ao desse estudo como chocolate amargo, xarope de glicose, açúcar invertido, água e lecitina de soja. Verifica-se que tal valor está muito próximo da formulação controle (22,25 N.s) exposta na Tabela 19. A Tabela 24 exhibe os efeitos das variáveis sobre o índice de viscosidade das amostras.

Tabela 24 – Estimativa dos efeitos para o Índice de viscosidade (N.s) em *spreads* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	29,53	1,678	17,61	0,0032
Nível de substituição de gordura (L)*	-17,74	2,153	-8,24	0,0144
Nível de substituição de gordura (Q)*	-8,52	1,876	-4,54	0,0452
Concentração de gelatina (L)*	15,61	1,893	8,24	0,0144
Concentração de gelatina (Q)	-2,41	1,744	-1,38	0,3011
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-9,43	3,041	-3,10	0,0902

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Tanto o nível de substituição de gordura, quanto a concentração de gelatina apresentaram efeitos significativos ($p < 0,05$) sobre o índice de viscosidade das formulações de *spread* de chocolate, não havendo interação significativa entre os fatores. Constata-se na Tabela 24 que o índice de viscosidade diminui com a retirada de gordura nas composições, enquanto que o aumento na concentração de gelatina causa uma elevação desse parâmetro.

A presença de gordura afeta vigorosamente a viscosidade dos alimentos processados, conforme visualizado por Sajedi et al. (2014), observando altos valores de viscosidade em chantilly quando adicionados maiores quantidades de gordura e proteína de soro de leite concentrada e por El-Waseif et al. (2013), na formulação de *spreads*, verificando que conforme aumentou-se a quantidade de gordura, paralelamente houve um aumento na viscosidade das formulações.

Segundo El-hadad et al. (2011), a viscosidade dos *spreads* de chocolate com 100 % de gordura do leite foi de 50,3 N.s a 25 °C. O tempo de estocagem em refrigerador e em temperatura ambiente não alterou significativamente a viscosidade dos *spreads* estudados. Em produtos com menores níveis de gordura onde a proporção da fase aquosa é maior, a estabilização é alcançada por meio do aumento da viscosidade. A gelatina possui a capacidade de absorver até 10 vezes seu próprio peso em água, portanto, comporta-se como um agente de ligação de água eficaz (SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

A formulação 3 e 8 mostraram os maiores índices de viscosidade com 42,10 e 43,56 N.s, respectivamente. Ressalta-se que ambas as formulações contém as maiores concentrações de gelatina do planejamento (1,0 e 1,2 %). No estudo de Dias et al. (2015), concluiu-se que a concentração de hidrocolóide desempenha um papel essencial no reforço da matriz do recheio de chocolate com teor reduzido de gordura.

A contribuição do gel de gelatina no aumento da viscosidade dos *spreads* pode ser devido às interações ocorridas dentro do sistema relacionando sua estrutura tri-dimensional com as gotículas de gorduras e demais ingredientes do produto.

Essa interação pode ser intensificada em sistemas com menores porções de água e maiores concentrações de gelatina, já que a combinação de altas quantidades de gordura e alta concentração de gelatina (1,0 %) na formulação 3, provocaram uma rápida elevação do coeficiente de consistência e índice de viscosidade da amostra dificultando a etapa de envase do produto na embalagem.

Segundo Hui (2007), a temperatura de envase de *spreads low-fat* é relativamente maior devido a viscosidade superior encontrada nesse tipo de emulsão. Conforme Bourne (2002), a concentração exerce um efeito sobre a viscosidade podendo determinar o tipo de comportamento de fluxo do fluido, exemplificando que leites concentrados mostraram um comportamento de fluxo

newtoniano contendo até 22,3 % de sólidos, fluxo de lei de potência de 22,3 a 30,5 % de sólidos e fluxo de Herschel-Bulkley acima de 42,4 % de sólidos. Nesse sentido, os fatores chave que determinam a viscosidade de produtos de chocolate são: a fração em volume de partículas sólidas dispersas e as forças de interação entre as partículas (WELLS, 2009).

A grande maioria dos alimentos são fluídos não-Newtonianos. Isso significa que sua viscosidade modifica com a taxa de cisalhamento aplicada. O comportamento mais frequente é chamado pseudoplástico (*shear thinning*), onde a viscosidade é reduzida com o aumento da taxa de cisalhamento (SCHRAMM, 2000; WELLS, 2009). Com o aumento da taxa de cisalhamento, a fricção entre as camadas diminui, ou seja, o cisalhamento causa um emaranhado e as moléculas tendem a se endireitar e tornam-se alinhadas com o fluxo reduzindo a viscosidade (SAHIN, SUMNU, 2006).

Nos fluidos Herschel-Bulkley, a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento se o índice de viscosidade for menor que 1 ($0 < n < 1$), sendo que este tipo de fluido exibe um comportamento pseudoplástico (STEFFE, 1996; TOLEDO, 2007). Quando o índice de viscosidade é maior que 1 ($n > 1$), a viscosidade aparente aumenta com a maior taxa de cisalhamento e o fluido é considerado dilatante (TOLEDO, 2007).

Osorio e Steffe (1991) desenvolveram uma técnica que possibilitou a descrição reológica dos fluídos por meio da técnica de *back extrusion* e, de acordo com os valores de ponto de fluidez apresentados na Tabela 19, as formulações de *spread* de chocolate podem ser relacionadas com os fluídos dilatantes ($n > 1$) e apenas a formulação 6 demonstrou um comportamento relacionado ao pseudoplástico ($n < 1$). Tal tendência identificada na formulação 6 com índice de viscosidade (0,72 N.s), próximo de um fluido newtoniano ($n = 1$) pode ser decorrente da fase aquosa predominante.

Gonçalves (2011), por meio da análise de *back extrusion*, identificou 6 amostras comerciais de *fondue* de chocolate com comportamento dilatante sendo que todas as formulações experimentais também apresentaram o mesmo comportamento. RIOS (2014), na formulação de massas de bolos com diferentes tipos de gorduras também as classificou como sendo fluidos dilatantes.

Nos fluídos com comportamento dilatante ou *shear thickening*, conforme se eleva a taxa de cisalhamento, aumenta-se a fricção interna e a viscosidade,

acompanhado pela expansão de volume (SAHIN, SUMNU, 2006). A dilatância é o resultado do desordenamento das partículas estreitamente empacotadas no campo de cisalhamento e uma concomitante expansão. Torna-se mais significativo quando as partículas estão muito próximas, como em chocolates com reduzido teor de gordura, particularmente quando possuem menor tamanho de partículas (WELLS, 2009).

Este comportamento será exibido quando a fase dispersa incha ou muda de forma quando submetido a uma ação de cisalhamento, ou quando as moléculas são tão longas que tendem a formar ligações cruzadas umas com as outras, aprisionando as moléculas do meio da dispersão (TOLEDO, 2007). A obtenção e verificação da validade dos modelos de acordo com a Análise de Variância (ANOVA) podem ser visualizadas na Tabela 25.

Tabela 25 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelo matemático para os parâmetros reológicos em *spreads* de chocolate.

Resposta	R^2 (%)	F calculado	F tabelado	Equações
<i>Break point</i> (N)	79,35	51,01	19,16	$Y = 2,88 - 1,39x_1 + 0,75x_2 - 0,79x_1x_2$ (3.15)
Firmeza (N)	76,16	52,86	19,16	$Y = 3,67 - 1,76x_1 + 0,99x_2 - 0,99x_1x_2$ (3.16)
Coeficiente de consistência (N.s)	78,31	60,47	19,16	$Y = 39,82 - 18,51x_1 + 10,29x_2 - 10,11x_1x_2$ (3.17)
Coesividade (N)	74,81	64,85	19,00	$Y = -2,70 + 1,21x_1 - 0,70x_2$ (3.18)
Índice de viscosidade (N.s)	83,66	57,16	19,16	$Y = 29,60 - 9,53x_1 - 3,91x_1^2 + 6,32x_2$ (3.19)

* x_1 = nível de substituição de gordura; x_2 = concentração de gelatina. *Y = resultados do comportamento de fluxo

As Equações 3.15 a 3.19 apresentadas na Tabela 25 representam os modelos codificados de primeira e segunda ordem que descrevem o comportamento de fluxo das formulações em função do nível de substituição de gordura e concentração de gelatina. Os indicativos de coeficiente de determinação R^2 não foram tão altos, porém, apontam relações significativas de adequações dos modelos confirmadas pelos maiores valores de F calculado em relação ao tabelado.

O maior coeficiente de determinação (R^2) foi obtido para o índice de viscosidade seguido pelo *break point* e coeficiente de consistência das formulações, no entanto todas podem ser consideradas de elevada importância prática explicando adequadamente os modelos quadráticos obtidos. Para tanto, os valores de F calculados da regressão apresentam-se maiores que o F tabelado a um nível de significância de 95 %. A Figura 12 demonstra a distribuição dos valores observados *versus* previstos para os parâmetros reológicos das formulações de *spread* de chocolate.

Figura 12 – Valores previstos *versus* observados dos parâmetros reológicos dos *spreads* de chocolate

Apesar de alguns pontos se distanciarem da reta, tais resultados apontaram o bom ajuste dos modelos obtidos e possibilitaram a construção das superfícies de respostas evidenciadas na Figura 13.

Figura 13 – Superfícies de respostas para o comportamento reológico dos *spreads* de chocolate: (a) *break point*; (b) firmeza; (c) coeficiente de consistência; (d) coesividade e (e) índice de viscosidade.

Observa-se na superfície de resposta, Figura 13a, que maiores pontos de quebra (*break point*) são obtidos com menores níveis de substituição de gordura unidos a maiores concentrações de gelatina.

No entanto, levando-se em consideração o interesse industrial em reduzir energia no processo de bombeamento, verifica-se que na faixa de 50 a 100 % de substituição de gordura associado a uma concentração de 0,3 a 0,8 % de concentração de gelatina obtêm-se valores de *break point* de até aproximadamente 4,0 N.

O mesmo comportamento pode ser verificado na Figura 13b para a firmeza. Fixando-se o nível de substituição de gordura em 50 %, é possível se utilizar a ampla faixa de concentração de gelatina estudada de forma a obter valores de firmeza de 3,0 até 7,0 N. Em geral, observa-se que quando o nível de substituição de gordura é baixo, o *break point* e firmeza são mais sensíveis a variações na concentração de gelatina.

A superfície de resposta para o coeficiente de consistência, Figura 13c, demonstra que as faixas de 1,0 a 1,2 % de concentração de gelatina unidos a baixos níveis de substituições de gordura (15 a 25 %) proporcionam maiores valores de coeficiente de consistência (> 72 N.s).

Os valores máximos de coesividade e índice de viscosidade (Figuras 13d e 13e) se encontram nas faixas de menores níveis de substituição de gordura e maiores concentrações de gelatina. Em geral, fixando-se o conteúdo de gordura das formulações e aumentando-se a concentração de gelatina, há um aumento em todas as propriedades de textura analisadas.

3.3.2 Composição centesimal

A Tabela 26 mostra os valores dos nutrientes de maior destaque na composição nutricional de alguns produtos comercializados como *spreads* de chocolate divulgados nos rótulos pelos fabricantes.

Um dos produtos mais conhecidos atualmente como *spread* de chocolate é da marca comercial Nutella®, um creme de avelã com chocolate produzido pelo Grupo Italiano Ferrero. Processado por uma empresa brasileira, a Flormel® também

contém avelãs em sua constituição, no entanto trata-se de um produto sem adição de açúcares.

Tabela 26 – Composição nutricional encontrada nos rótulos de alguns *spreads* de chocolate comercializados.

Produtos comerciais	Proteínas (%)	Carboidratos (%)	Gorduras (%)	VCT* (Kcal/100 g)
Nutella	7,00	55,00	30,00	525,00
Plamil	9,00	46,40	36,00	557,00
Hersheys	8,11	54,05	32,43	513,51
Flormel	6,00	42,00	39,50	510,00
Grashoff	4,10	50,70	37,20	563,00
Biona	5,50	50,40	34,50	542,00
Essential	6,60	39,10	37,90	524,00

*Valor calórico total (VCT)

Fonte: Nutella (2015); Plamil (2015); Hersheys (2015); Flormel (2015); Grashoff (2015); Biona Organic (2015); Essential (2015).

A empresa americana Hersheys® lançou no mercado brasileiro recentemente um *spread* de chocolate, enquanto que as marcas Plamil®, Biona® e Essential®, todas de origem do Reino Unido, destacam seus produtos como um *spread* de chocolate amargo orgânico.

Já a empresa alemã Grashoff®, produz uma grande variedade de *spreads* de chocolate com adições de frutas, grãos, pimenta entre outros, sendo que a Tabela 26 apresenta os valores de um *spread* de chocolate sem outras adições.

Os resultados da análise de composição centesimal das formulações obtidas no processamento estão apresentados na Tabela 27. Verifica-se que os valores de carboidratos, proteínas, lipídios e valor calórico estão próximos da composição encontrada nos rótulos das marcas comerciais apresentadas na Tabela 26, sobretudo nas formulações com menores níveis de substituição de gordura.

Os resultados obtidos em relação ao teor de umidade das formulações foram maiores, como era de se esperar, nas formulações com maior adição de água para a dissolução da gelatina conforme a Tabela 3. As formulações 1 e 3 com nível de substituição de gordura de 25 % e a formulação 5 de 15 % foram iguais estatisticamente, assim como as formulações 2 e 4, com 75 % de substituição de gordura e as formulações 7, 8, 9, 10 e 11 com 50 %.

Tabela 27 – Composição centesimal das formulações de *spread* de chocolate.

Ensaio	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Resíduo mineral (%)	CHO ¹ (%)	VCT ² (Kcal)
1	11,83 ^a ± 0,08	3,74 ^{a,b} ± 0,07	35,47 ^a ± 0,77	0,75 ^a ± 0,08	48,49 ^a ± 0,56	528,18 ^a ± 4,98
2	25,48 ^b ± 0,03	3,66 ^{a,b} ± 0,16	20,49 ^b ± 0,51	0,83 ^a ± 0,08	49,51 ^a ± 0,53	397,16 ^b ± 3,46
3	11,34 ^a ± 0,37	4,59 ^{c,d} ± 0,16	35,50 ^a ± 1,40	0,78 ^a ± 0,12	47,79 ^a ± 1,73	528,81 ^a ± 6,39
4	24,30 ^b ± 1,45	4,49 ^{c,d} ± 0,03	20,90 ^b ± 0,16	0,78 ^a ± 0,15	49,52 ^a ± 1,38	404,21 ^b ± 6,08
5	9,84 ^a ± 1,15	4,21 ^{a,c} ± 0,11	37,22 ^{a,c} ± 1,06	0,72 ^a ± 0,11	48,01 ^a ± 1,17	543,89 ^c ± 8,26
6	31,29 ^c ± 0,65	4,07 ^{a,c} ± 0,04	13,39 ^d ± 0,13	0,77 ^a ± 0,02	50,48 ^a ± 0,63	338,73 ^d ± 2,52
7	19,80 ^d ± 0,21	3,39 ^b ± 0,09	28,27 ^e ± 0,22	0,74 ^a ± 0,10	47,80 ^a ± 0,49	459,20 ^e ± 0,94
8	17,55 ^d ± 1,61	4,98 ^d ± 0,54	28,01 ^e ± 0,65	0,68 ^a ± 0,06	48,79 ^a ± 2,35	467,12 ^e ± 6,76
9	18,74 ^d ± 0,17	4,05 ^{a,c} ± 0,09	27,86 ^e ± 0,30	0,76 ^a ± 0,11	48,60 ^a ± 0,54	461,28 ^e ± 0,65
10	18,46 ^d ± 0,33	4,09 ^{a,c} ± 0,02	27,95 ^e ± 0,07	0,81 ^a ± 0,08	48,80 ^a ± 0,45	463,15 ^e ± 1,20
11	17,84 ^d ± 0,49	4,11 ^{a,c} ± 0,15	28,09 ^e ± 0,07	0,70 ^a ± 0,13	49,17 ^a ± 0,51	465,91 ^e ± 2,60
Controle	5,38 ^e ± 0,26	3,36 ^b ± 0,14	39,44 ^c ± 1,28	0,79 ^a ± 0,04	51,12 ^a ± 1,55	572,85 ^f ± 6,03

*Média ± desvio padrão (n: 3)

Obs: Letras diferentes na mesma coluna representam diferença significativa (p<0,05) entre as médias obtidas através do teste de Tukey.

¹Carboidratos totais (CHO), calculados por diferença.

²Valor calórico total (VCT)

A amostra F6, com 100 % de substituição de gordura, apresentou o maior teor de umidade (31,29 %), diferindo significativamente das demais formulações. Todas as formulações foram estatisticamente diferentes da formulação controle, que contém o menor valor de umidade encontrado (5,38 %).

Assim como os resultados de umidade, os de lipídeos também foram coerentes com as substituições realizadas no processamento. A formulação controle apresentou o maior teor de lipídios (39,44 %) não apresentando diferença significativa da formulação 5 (37,22 %) com 15 % de nível de substituição de gordura no processamento.

As formulações com 25 % de substituição de gordura (F1 e F3) não foram diferentes da com 15 %, enquanto que as formulações com 75 % de substituição (F2 e F3) foram iguais entre si e diferentes das outras formulações. A formulação 6 significativamente com menor teor de lipídios (13,39 %) e 100 % de substituição de gordura apresentou-se diferente de todas as formulações. Nesta mesma formulação foi possível a redução de 66 % de gordura em relação a controle.

Rousseau et al. (2015), na extração de gordura de chocolates comerciais com adição de água emulsionada atingiram a remoção de 88 % de gordura destacando a importância do papel da água na manutenção da integridade estrutural do produto desengordurado para posterior caracterização da rede de partículas.

De acordo com Roller e Jones (1996), contendo 3 a 5 % de gordura, os *spreads* apresentam uma fase contínua aquosa e a adição de proteínas como a gelatina tende a produzir uma estrutura indesejável do tipo gel.

As formulações comerciais apresentadas na Tabela 26 variaram em teor de gordura de 30 a 39,5 % enquanto que para as obtidas neste estudo verifica-se a variação de 13,39 a 37,22 %. As formulações experimentais que estão dentro das variações encontradas no mercado foram as F1 e F3 com 25 % de substituição de gordura e a F5 com 15 % de substituição.

A formulação controle utilizada como base para o processamento do *spread* de chocolate possui o teor de lipídios (39,44 %) muito próximo da marca comercial Flormel® (39,5 %) e do valor divulgado na pesquisa de Kumar (2014), (37,87 %) para a formulação de *spread* de chocolate com proteína do soro de leite e diferentes bases gordurosas.

Alguns estudos apontam a presença de 0,6 a 8,9 % de ácidos graxos trans em *spreads* de chocolate comerciais, o que sugere a utilização de gorduras parcialmente hidrogenadas na fabricação desses produtos (DEMELMAIR et al., 1996; WAGNER et al., 2000; SHAMSUDIM, 2005), enquanto que nas formulações processadas nesse estudo utilizou-se gordura vegetal com especificação *low-trans*.

De acordo com a Tabela 27, nota-se que as modificações realizadas em cada formulação não influenciaram nos resultados obtidos de resíduo mineral e carboidratos, já que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras. Kumar (2014) obteve 0,79 % de resíduo mineral no estudo de formulação de *spreads* de chocolate, o mesmo valor identificado na formulação controle deste trabalho.

O conteúdo de proteínas identificado nas formulações estudadas variou de 3,39 a 4,98 %, valores próximos das marcas comerciais Grashoff® (4,10 %) e Biona® (5,50 %). Pode se verificar nos resultados de proteína bruta, que com a adição de gelatina, um ingrediente rico em proteína (~ 85 %), houve um aumento nesse nutriente.

A formulação controle apresentou o menor teor de proteína (3,36 %), não apresentando diferença das formulações 1 e 2 que contém 0,5 % de gelatina e a F7 com 0,3 % de adição de gelatina. No entanto, concentrações acima de 0,5 % já diferiram significativamente da formulação controle. A formulação com maior teor de proteína F8 (4,94 %) contém a maior concentração de gelatina (1,2 %), não sendo diferente, porém, das formulações com 1,0 % de gelatina (F3 e F4). Comparando-se o conteúdo de proteína da F8 com a controle (3,36 %) pode se afirmar que com a adição de 1,2 % de gelatina houve um aumento de cerca de 48 % de proteína no produto.

Para melhor visualização, a Figura 14 ilustra a influência das diferentes concentrações de gelatina na composição em proteína das formulações.

Figura 14 – Influência da concentração de gelatina no conteúdo de proteínas das formulações de *spread* de chocolate.

Em geral, nota-se que: as concentrações de gelatina utilizadas 0,3 e 0,5 % não influenciaram significativamente no aumento do teor de proteínas; as concentrações de 0,5 e 0,8 % não diferem no teor de proteínas, no entanto, a adição de 0,8 % de gelatina já representou um aumento significativo comparando-se com a formulação controle; o acréscimo de 0,8 e 1,0 % de gelatina nas formulações não diferiu em termos de conteúdo de proteína; as formulações com 1,0 e 1,2 % de gelatina foram iguais para os resultados do parâmetro em questão.

O valor calórico das amostras, ainda de acordo com a Tabela 27, abrange os valores que variam de 338,73 kcal/100 g para a F6 a 543,89 kcal/100 g para a F5. A formulação controle destacou-se com o maior valor calórico (572,85 kcal/100 g), como era de se esperar já que também contém o maior teor de lipídios, sendo diferente significativamente de todas as demais formulações.

As marcas comerciais investigadas apresentam um valor calórico que variam de 510 kcal/100 g (Flormel®) até 563 kcal/100 g (Grashoff®), valores muito próximos das formulações controle e com menores substituições de gordura (F1, F3 e F5). Visualizaram-se nas demais formulações menores valores calóricos/100 g de produto em relação às comerciais.

Observa-se que nas formulações com substituição de 50 % de gordura (F7, F8, F9, F10 e F11) houve uma redução de cerca de 19 % no valor calórico em relação à controle. Com uma substituição de 75 % de gordura (F2 e F4) esse valor foi para cerca de 30 % a menos. Já com a substituição de 100 % de gordura (F6), atingiu-se uma redução de 40 % de valor calórico.

O consumo de 20 g (duas colheres de sopa) das formulações F2, F4 e F6 equivale a 79,44; 80,44 e 67,75 kcal respectivamente. Trata-se de valores considerados baixos que podem ser encontrados em várias marcas de barras de cereais *light* consumidas atualmente. Mesmo com 50 % de substituição de gordura, o valor calórico para 20 g variou de 91,84 (F7) a 93,42 kcal (F8) também considerado baixo para um produto tipo *spread* de chocolate.

3.4 CONCLUSÕES

A adição de solução de gelatina extraída de subproduto de frango como substituto parcial de gordura em *spread* de chocolate influenciou de forma expressiva as características físico-químicas das formulações.

Com maiores proporções de gordura nas formulações obtiveram-se produtos de tonalidades mais claras, com maior volume e menores densidades, enquanto que para os produtos com maiores níveis de substituições por gelatina, os resultados demonstraram o inverso. Como era esperado, a atividade de água foi intensificada nas formulações com reduzido teor de gordura o que pode reforçar o risco

microbiológico e acelerar alterações físico-químicas ao longo do período de estocagem.

Os resultados da análise de *back extrusion* revelaram um comportamento que pode ser relacionado ao fluxo dilatante para 10 das 11 formulações testadas de *spread* de chocolate, constatando-se que tanto o nível de substituição de gordura quanto a concentração de gelatina exerceram influência significativa sob os parâmetros reológicos das formulações. Isso preconiza que a presença de gelatina reforçou a formação de ligações em uma rede interna na microestrutura do sistema.

Os modelos matemáticos obtidos estatisticamente, sob as condições deste estudo, permitiram a verificação da influencia significativa dos fatores analisados sob as transformações físicas ocorridas nas diferentes formulações.

As composições centesimais das formulações foram muito próximas das encontradas em *spreads* de chocolate comerciais, sendo que a incorporação de gelatina contribuiu com o acréscimo no conteúdo proteico de forma significativa. Com a adição da maior concentração no planejamento (1,2 %) foi possível a obtenção de um produto com cerca de 48 % a mais de proteína em relação à formulação controle e com a substituição de 100 % de gordura atingiu-se uma redução de cerca de 40 % de valor calórico.

Contudo, a formulação e o processamento empregados na elaboração de *spreads* de chocolate, apesar de ter sido adicionado água para compor a fase de substituição de gordura, possibilitaram o desenvolvimento de alimentos com boa estabilidade e características sensoriais promissoras. Sugere-se para reforçar tais resultados, o acompanhamento da estabilidade das formulações em período de armazenamento, além da investigação da aceitabilidade sensorial, levando em consideração, sobretudo as formulações com maiores níveis de redução de gordura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDOO, R.P.; DEPYPERE, F.; AFOAKWA, K.D. Industrial manufacture of sugar-free chocolates – applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. **Trends in Food Science and Technology**, v.32, p.84–96, 2013.

AIDOO, R.P.; AFOAKWA, E.O.; DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. **LWT – Food Science and Technology**, v.62, p.592-587, 2015.

AFOAKWA, E.O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; VIEIRA, J. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. **Journal of Food Engineering**, v.87, n.2, p.181-190, 2008.

AFOAKWA, E.O. **Chocolate Science and Technology**. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing, 2010. 275p.

ALFARO, A.T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. Pelotas, 2008. 134p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pelotas.

ALMEIDA, P.F. **Análise da qualidade de gelatina obtida de tarsos de frango e aspectos envolvidos no processo produtivo**. São Paulo, 2012. 121p. Dissertação de Mestrado – Universidade Nove de Julho.

ALMEIDA, P.F.; LANNES, S.C.S. Extraction and physicochemical characterization of gelatin from chicken by-product. **Journal of Food Process Engineering**, v.36, p.824-833, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Rolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em 07 jul 2015.

AMIR, I.Z.; SHARON, W.X.R; SYAFIQ, A. D-optimal mixture design on melting and textural properties of dark chocolate as affected by cocoa butter substitution with Xanthan gum/Guar gum blends. **International Food Research Journal**, v.20, n.4, p.1991-1995, 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1998. v.1-2.

BECKETT, S.T. **The science of chocolate**. 2.ed. Cambridge: RSC Publishing, 2008. 240p.

BECKETT, S.T. Non-conventional machines and processes. In: BECKETT, S.T., ed. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4.ed. Chichester: Willey-Blackwell Publishing, 2009. p.404.

BIONA ORGANIC. Products. **Nut Butters & Spreads**. Disponível em: <http://www.biona.co.uk/product-119-4.html>. Acesso em 05 jul 2015.

BOFF, C.C.; CRIZEL, T.M.; ARAÚJO, R.R.; RIOS, A.O.; FLÔRES, S.H. Desenvolvimento de sorvete de chocolate utilizando fibra de casca de laranja como substituto de gordura. **Ciência Rural**, v.43, n.10, p.1892-1897, 2013.

BOUTIN, R.F. Confectionery. In: NAKAY, S.; MODLER, H.W. **Food proteins: processing applications**. New York: Wiley-VCH, 2000. p.343–384.

BOT, A.; FLOTTER, E.; PELAN, L.; PELAN, E. Controlling the texture of *spreads*. In: MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food: semi-solid foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. p.350-370. (Woodhead Publishing in food science and technology).

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 1982. p.13.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2002. 427p. (Food science and technology international series).

CALLIAUW, G.; FOUBERT, I.; DE GREVT, W.; DIJCKMANS, P.; KELLENS, M.; DEWETTINCK, K. Production of cocoa butter substitutes via two-stage fractionation of palm kernel oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.82, p.783–789, 2005.

CAMPBELL, G.M.; MOUGEOT, E. Creation and characterisation of aerated food products. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, p.283-296, 1999.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. **Foods: a scientific approach**. 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 582p.

CHENG, L.H.; LIM, B.L.; CHOW, K.H.; CHONG, S.M.; CHANG, Y.C. Using fish gelatin and pectin to make a low-fat *spread*. **Food Hydrocolloids**, v.22, 2008, p.1637–1640.

CHIRIFE, J.; FONTANA Jr., A.J. Introduction: historical highlights of water activity research. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; FONTANA JR., A.J.; SCHMIDT, S.J.; LABUZA, T.P., eds. **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p.3-13. (IFT Press).

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.180-260.

DEMAN, J.M. **Principles of food chemistry**. 3.ed. Maryland: Aspen Publishers, 1999. 595p.

DEMELMAIR, H.; FESTL, B.; WOLFRAM, G.; KOLETZKO, B. Trans fatty acid contents in *spreads* and cold cuts usually consumed by children. **Zeitschrift für Ernährungswissenschaft**, v.35, n.3, p.235-240, 1996.

DIAS, J.; ALVARENGA, N.; SOUSA, I. Effect of hydrocolloids on low-fat chocolate fillings. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.11, p.7209-7217, 2015.

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.9, p.541-552, 2007.

DO, T.-A.L.; MITCHELL, J.R.; WOLF, B.; VIEIRA, J. Use of ethylcellulose polymers as stabilizer in fat-based food suspensions examined on the example of model reduced-fat chocolate. **Reactive & Functional Polymers**, v.70, p.856–862, 2010.

DHARA, S.; DATTA, P.; PAL, P.; SARKAR, S.D. Processing and industrial aspects of fish-scale collagen: a biomaterials perspective. In: KIM, S.-K. **Marine proteins and peptides: biological activities and applications**. Chichester: Wiley Blackwell, 2013, p.591.

EDUARDO, M.F.; LANNES, S.C.S. Use of texture analysis to determine compaction force of powders. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.2, p.568-572, 2007.

EL-HADAD, N.N.M.; YOUSSEF, M.M.; EL-AAL, M.H.A.; ABOU-GHARBIA, H.H. Utilisation of red palm olein in formulating functional chocolate *spread*. **Food Chemistry**, v.124, p.285-290, 2011.

EL-KALYOUBI, M.; KHALLAF, M.F.; ABDELRAHMAN, A.; MOSTAFA, E.M. Quality characteristics of chocolate: containing some fat replacer. **Annals of Agricultural Sciences**, v.56, p.89-96, 2011.

EL-WASEIF, M.A.; HASHEM, H.A.; EL-DAYEM, H.H.A. Using flaxseed oil to prepare therapeutical fat *spreads*. **Annals of Agricultural Science**, v.58, n.1, p.5-11, 2013.

ESSENTIAL. **Branded: essential**. Disponível em: <http://www.essential-trading.co.uk/extranet/catalogue/products/S103P.html>. Acesso em: 15 jul. 2015.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.802-806, 2005.

FAO. **INFOODS Databases: Density Database** Version 2.0. 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/ap815e/ap815e.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2015.

FERNÁNDEZ-MURGA, L.; TARÍN, J.J.; GARCÍA-PÉREZ, M.A.; CANO, A. The impact of chocolate on cardiovascular health. **Maturitas**, v.69, p.312-321, 2011.

FERREIRA, M.F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango**: pés. 2013. 48p. Campo Mourão: Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. [Trabalho de Conclusão de Curso].

FERRERO. Produtos. **Nutella**. 2015. Disponível em: <http://www.ferrero.com.br/nutella>. Acesso em: 05 jul. 2015.

FLORMEL. **Creme de avelã com cacau**. Disponível em: <http://www.flormel.com.br/br/cremosos/15-creme-de-avela-com-cacau-flormel-zero-adicao-de-acucar.html>. Acesso em 05 jul. 2015.

GELITA. Como a gelatina pode contribuir para uma dieta saudável. **Food Ingredients Brasil**, n.5, p.57-58, 2008.

GIRI, A.; KANAWJIA, S.K.; RAJORIA, A. Effect of phytosterols on textural and melting characteristics of cheese *spread*. **Food Chemistry**, p.240-245, 2014.

GLICERINA, V.; BALESTRA, F.; ROSA, M.D.; ROMANI, S. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. **Journal of Food Engineering**, v.169, p.165-171, 2016.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; TURNAY, J.; FERNANDEZ-DIAZ, M.D.; ULMO, N.; LIZARBE, M.A.; MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v.16, n.1, p.25-34, 2002.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M.E.; MONTERO, M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1813-1827, 2011.

GONÇALVES, E.V. **Desenvolvimento e caracterização reológica de formulações especiais de fondue de chocolate**. São Paulo, 2011. 90p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

GOUVEIA, F. Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos. **Inovação UNIEMP**, v.2, n.5, p.32-37, 2006.

GURTLE, J.B.; DOYLE, M.P.; KORNACKI, J.L. The microbiological safety of spices and low water activity foods: correcting historic misassumptions. In: GURTLE, J.B.; DOYLE, M.P.; KORNACKI, J.L. **The microbiological safety of low water activity foods and spices**. New York: Springer, 2014. p.3-13.

GRASHOFF. **Schokoladencrèmes**. Disponível em: <http://www.grashoff.de/shop/Delikatessen/Schokoladiges/Schokoladencrèmes/Chocolat-aus-dunkler-Schokolade-250g::368.html>. Acesso em: 5 jul. 2015.

HADNADEV, M.; HADNADEV, D.T.; DOKIC, L.; PAJIN, B.; TORBICA, A.; SARIC, L.; IKONIC, P. Physical and sensory aspects of maltodextrin gel addition used as fat replacers in confectionery filling systems. **LWT - Food Science and Technology**, v.59, n.1, p.495-503, 2014.

HUNTERLAB. **Application notes**. Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L* a* b*. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/an-1005b.pdf>. Acesso em: 5 out. 2015.

HUNTER, R.S.; HAROLD, R.W. **The measurement of appearance**. 2.ed. New York: Wiley, 1987. 441p.

HAYLOCK, S.J.; DODDS, T.M. Ingredients from milk. In: BECKETT, S.T., eds. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4.ed. Chichester: Blackwell Publishing, 2009. p.89.

HASHIMOTO, S.; NEZU, T.; ARAKAWA, H.; ITO, T.; MARUZENI, S. Preparation of sharpmelting hard palm midfraction and its use as hard butter in chocolate. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.78, n.5, p.455–460, 2001.

HELSTAD, S. Ingredient Interactions: sweeteners. In: GAONKAR, A.G.; McPHERSON, A. **Interactions: effects on food quality**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. p.170-193.

HERSHEYS. **Spreads**. Disponível em: <http://www.hersheys.com/spreads/flavors>. Acesso em: 05 jul. 2015.

HUI, H. Y. **Handbook of food products manufacturing**. Hoboken: Wiley Interscience, 2007. p.1163.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Microorganisms in foods 6: microbial ecology of food**. 2.ed. New York: Chapman & Hall, 2005. p.480-516.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: IAL, 1985. p.44-45.

JAHURUL, M.H.A.; ZAIDUL, I.S.M.; NORULAINI, N.A.N.; SAHENA, F.; JINAP, S.; AZMIR, J.; SHARIF, K.M.; MOHD OMAR, A.K. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. **Journal of Food Engineering**, v.117, p.467–476, 2013.

KAPHUEAKNGAM, P.; FLOOD, A.; SONWAI, S. Production of cocoa butter equivalent from mango seed almond fat and palm oil mid-fraction. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, v.2, n.4, p.441–447, 2009.

KARIM, A.A.; BHAT, R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.563–576, 2009.

KATZ, D.L.; DOUGHTY, K.; ALI, A. Cocoa and chocolate in human health and disease (Review). **Antioxidants & Redox Signaling**, v.15, p.2779–2811, 2011.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. S.l.: Konica Minolta Sensing, 2007. 62p. Disponível em: http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf. Acesso em: 16 jan. 2013.

KUMAR, P. Process optimization for the preparation of chocolate *spread* incorporating whey protein concentrate, cocoa powder, olive oil and butterfat using

response surface methodology. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.6, p.745-757, 2014.

KOOCHEKI, A.; GHANDI, A.; RAZAVI, S.M.A.; MORTAZAVI, S.A.; VASILJEVIC, T. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.596–602, 2009.

LABBAFI, M.; THAKUR, R.K.; VIAL, C.; DJELVEH, G. Development of an on-line optical method for assessment of the bubble size and morphology in aerated food products. **Food Chemistry**, v.102, p.454–465, 2007.

LAMBERT, J.P. Nutrition and health aspects of chocolate. In: BECKETT, S.T., eds. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4.ed. Chichester: Blackwell Publishing, 2009. p.623-635.

LANNES, S.C.S.; MEDEIROS, M.L.; AMARAL, R.L. Formulação de “chocolate” de cupuaçu e reologia do produto líquido. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.38, n.4, p.463-469, 2002.

LANNES, S.C.S. **Estudo das propriedades físico-químicas e de textura de chocolates**. São Paulo, 1997. 175p. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

LINDSAY, R.C. Aditivos alimentares. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.537-584.

LANNES, S.C.S.; IGNÁCIO, R.M. Structruring fat foods. In: Muzzalupo, I., org. **Food industry**. Rijeka: Intech Open Science, 2013. v.1, p.65-91

LEE, S.; BIRESAW, G.; KINNEY, M.P.; INGLETT, G.E. Effect of cocoa butter replacement with a β -glucan-rich hydrocolloid (C-trim30) on the rheological and tribological properties of chocolates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, n.1, p.163-167, 2009.

LEITE, P.B.; LANNES, S.C.S.; RODRIGUES, A.M.; SOARES, F.A.S.M.; SOARES, S.E.; BISPO, E.S. Estudo reológico de chocolates elaborados com diferentes cultivares de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.3, p.192-197, 2013.

LIU, H.; XU, X.M.; GUO, S.D. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with diferent fat mimetics. **LWT – Food Science and Technology**, n.40, p.946-954, 2007.

MARQUES, L.D.S. **Produção de açúcar invertido pelo uso de invertase imobilizada em resinas**. Uberlândia, 2007. 137p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia.

MIQUELIM, J.N.; ALCÂNTARA, M.R.; LANNES, S.C.S. Stability of fruit bases and chocolate fillings. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.1, p.270-276, 2011.

MEDEIROS, M.L.; LANNES, S.C.S. Chemical evaluation of cocoa substitutes and study of formulated chocolate drink powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.247-253, 2009.

MEDEIROS, M.L.; LANNES, S.C.S. Physical properties of cocoa substitutes. **Food Science and Techonology**, v.30, n.1, p.243-253, 2010.

MELO, L.L.M.M.; BOLINI, H.M.A.; EFRAIM, P. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. **Food Quality and Preference**, v.20, n.2, p.138-143, 2009.

MILLIATTI, M.C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. São Paulo, 2013. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

MOHOS, F. **Confectionery and chocolate engineering**: principles and applications. Chichester: Wiley-Blackwell Publishing, 2010. 668p.

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

MCCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. Lipídeos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.131-178.

NACANO, E.T. **Avaliação do comportamento reológico e colorimétrico de chocolates**. Campo Mourão Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. 52p. [Trabalho de Conclusão de Curso].

NIK AISYAH, N.M.; NURUL, H.; AZHAR, M.E.; FAZILAH, A. Poultry as an alternative source of gelatin. **Health and the Environment Journal**, v.5, n.1, p.37-49, 2014.

NIKOLIC, I.; DOKIC, L.; KRSTONOSIC, V.; SERES, Z.; SORONIA-SIMOVIC, D. Possibility of the production of functional low-fat food *spread* of hull-less pumpkin seed flour from rheological and textural aspect. **Journal of Texture Studies**, v.45, n.4, p.324-333, 2014.

NIKZADE, V.; MAZAHARI TEHRANI, M.; SAADATMAND-TARZJAN, M. Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by mixture design approach. **Food Hydrocolloids**, v.28, p.344-352, 2012.

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, 2013.

NORZIAH, M.H.; AL-HASSAN; A.; KHAIRULNIZAM, A.B.; MORDI, M.N.; NORITA, M. Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**, v.23, p.1610–1616, 2009.

NUSSINOVITCH, A.; HIRASHIMA, M. **Cooking innovations**: using hydrocolloids for thickening, gelling and emulsification. New York: CRC Press, 2014. 341p.

OSORIO, F. A.; STEFFE, J. F. Evaluating Hershel-Bulkley fluids with the back extrusion (anular pumping) technique. **Rheologica Acta**, v.30, p.549-558, 1991.

PALKA, K. Chemical composition and structure of foods. In: SIKORSKI, Z.E. **Chemical and functional properties of food components**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.

PIETRASIK, Z. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. **Meat Science**, v.51, p.17-25, 1999.

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

PLAMIL FOODS. Products. **Spreads**. Disponível em: <http://www.plamilfoods.co.uk/spreads/organic-chocolate-spread>. Acesso em: 05 jul. 2015.

QUAST, L.B.; LUCCAS, V.; DEMIATE, I.M.; SANTOS, R.D.; QUAST, E.; KIECKBUSCH, T.G. Avaliação de propriedades térmicas de manteiga de cacau e gorduras alternativas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, p.387-397, 2011.

QUEIROZ, M.B. **Estudo da cristalização de foundants formulados com xarope de glicose obtido da fécula de mandioca**. Campinas, 2010. 144p. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Química - Universidade Estadual de Campinas.

RAHMAN, M.S.; LABUZA, T.P. Water activity and food preservation. In: RAHMAN, M.S., ed. **Handbook of food preservation**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p.448-471. (Food science and technology).

REBELLO, F.F.P.; GASPAR, A.; LUCHESE, R.H. Qualidade de vida e as novas tendências do mercado de alimentos. **Acta Tecnológica**, v.8, n.1, p.71-77, 2013.

REID, D.S.; FENNEMA, O.R. Água e gelo. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, p.26-72, 2008.

RICHTER, M.; LANNES, S.C.S. Ingredientes usados na indústria de chocolates. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.43, n.3, p.357-369, 2007.

RIOS, R.V. **Efeitos da substituição da gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos**. São Paulo, 2014. 131p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

ROLLER, S.; JONES, S.A. **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC Press; Weimar: Chips, 1996. 325p.

ROSENTHAL, A.J. Technological factors in the development of low-calorie foods. In: HENRY, C.J.K.; HEPPELL, N.J. **Nutritional aspects of food processing and ingredients**. Maryland: Aspen Publishers, 1998. p.24-41.

ROUSSEAU, D.; COUTOULY, A. HENDRICKS, P.; HODGE, S.; GREEN, N.L. Development of an extraction protocol for the removal of the fat phase within chocolate. **LWT - Food Science and Technology**, v.64, n.1, p.61-66, 2015.

RUKKE, E.-O.; SKUTERUD, E.; ABRAHAMSEN, R.K.; SCHULLER, R.B. Rheological characterization of crystallized water-in-oil emulsions during storage and use. **Annual Transactions of the Nordic Rheology Society**, v.19, 2011. Disponível em: <http://projekt.sik.se/nrs/member/Transactions/2011/4.Rukke2011.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.

SAHIN, S.; SUMNU, S.G. **Physical properties of foods**. New York: Springer, 2006. 257p.

SAJEDI, M.; NASIRPOUR, A.; KERAMAT, J.; DESOBRY, S. Effect of modified whey protein concentrate on physical properties and stability of whipped cream. **Food Hydrocolloids**, v.36, p.93-101, 2014.

SOLIS-FUENTES, J.A.; DURÁN-DE-BAZÚA, M.C. Mango seed uses: thermal behaviour of mango seed almond fat and its mixtures with cocoa butter. **Bioresource Technology**, v.92, p.71–78, 2004.

SONWAI, S.; ROUSSEAU, D. Controlling fat bloom formation in chocolate – impact of milk fat on microstructure and fat phase crystallization. **Food Chemistry**, v.119, p.286–297, 2010.

SCHMIDT, S.J.; FONTANA JR., A.J. Water activity values of select food ingredients and products. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; FONTANA JR., A.J.; SCHMIDT, S.J.; LABUZA, T.P., eds. **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p.407-420. (IFT Press).

SHAMSUDIN, S.Y. Low-fat chocolate *spread* based on palm oil. Kuala Lumpur: **Malaysian Palm Oil Board**, 2005. p.27-30 (Palm Oil Developments, 45). Disponível em: http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/palmoilis.mpob.gov.my/ContentPages/24261290.pdf. Acesso em: 15 jul. 2015.

SCHNEIDER, A.L.; SOUZA, C.F.V. Estudo da adição de gelatina à barra de chocolate ao leite. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.3, n.1, p.15-27, 2009.

SCHRAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2.ed. Karlsruhe: Federal Republic of Germany, 2000. 291p.

SCHRIEBER, R.; GAREIS, H. **Gelatine handbook**. Weinheim: Wiley-VCH GmbH, 2007. 345p.

SHUMACHER, A.B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. Porto Alegre, 2008. 91p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHUMACHER, A.B.; BRANDELI, A.; MACEDO, F.C.; PIETA, L.; KLUG, T.V.; JONG, E.V. Chemical and sensory evaluation of dark chocolate with addition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Food Science and Technology**, v.47, n.2, p.202-206, 2010.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2.ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. 418p.

SWENSON, B.J.; WENDORFF, W.L.; LINDSAY, R.C. Effects of Ingredients on the functionality of fat-free process cheese *spreads*. **Journal of Food Science**, v.65, n.5, p.822-825, 2000.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, p.215-225, 2002.

TAOUKIS, P.S.; RICHARDSON, M. Principles of intermediate-moisture foods and related technology. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; FONTANA JR., A.J.; SCHMIDT, S.J.; LABUZA, T.P., eds. **Water activity in foods: fundamentals and applications**. Ames: Blackwell Publishing, 2007. p.273-312. (IFT Press).

TOLEDO, R. T. **Fundamentals of food process engineering**. 3.ed. New York: Aspen Publishers, 2007. 585p.

TOMASIK, P. Saccharides. In: SIKORSKI, Z.E. **Chemical and functional properties of food components**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p.93–128.

UNDURRAGA, D.; MARKOVITS, A.; ERAZO, S. Cocoa butter equivalent through enzymic interesterification of palm oil midfraction. **Process Biochemistry**, v.36, n.10, p.933–939, 2001.

WAGNER, K.-H.; AUER, E.; ELMADFA, I. Content of trans fatty acids in margarines, plant oils, fried products and chocolate *spreads* in Austria. **European Food Research and Technology**, v.210, n.4, p.237–241, 2000.

WELLS, M. Controlling the rheology of chocolate and fillings. In: TALBOT, G., eds. **Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products**. Boca Raton: CRC Press; Oxford: Woodhead, 2009. p.255-283.

WIDYASARI, R.; RAWDKUEN, S. Extraction and characterization of gelatin from chicken feet by acid and ultrasound assisted extraction. **Food and Applied Bioscience Journal**, v.2, n.1, p.85-97, 2014.

ZAIDUL, I.S.M.; NORULAINI, N.A.N.; MOHD OMAR, A.K.; SMITH JR., R.L. Supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) extraction and fractionation of palm kernel oil from palm kernel as cocoa butter replacers blend. **Journal of Food Engineering**, v.73, p.210–216, 2006.

ZIEGLEDER, G. Flavour development in cocoa and chocolate. In: BECKETT, S.T., eds. **Industrial chocolate manufacture and use**. 4.ed. Chichester: Blackwell Publishing, 2009. p.169.

CAPÍTULO 4

INFLUÊNCIA DA GELATINA DE SUBPRODUTO DE FRANGO NAS PROPRIEDADES SENSORIAIS E ESTABILIDADE DE *SPREAD* DE CHOCOLATE

RESUMO

A gelatina extraída de pés de frango possui importantes propriedades como ingrediente alimentício devido sua elevada força de gel além de ser um biopolímero anfipático e agente gelificante podendo ser empregada com atuação emulsificante e/ou modificador de textura, assegurando a estabilização das emulsões. *Spread* de chocolate é uma emulsão que apresenta uma fase contínua gordurosa possuindo alto valor calórico e a redução de gordura do sistema pode ser alcançada pela incorporação de gelatina. Assim, objetivou-se com este estudo a investigação dos efeitos da adição de gelatina de subproduto de frango como substituto de gordura na espalhabilidade e estabilidade de *spreads* de chocolate por 90 dias de estocagem nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C, utilizando metodologia de superfície de resposta (MSR) e verificação da aceitação dos consumidores por meio de análise sensorial. Os *spreads* foram desenvolvidos utilizando planejamento experimental (DCCR) variando-se os níveis de substituição de gordura e concentração de gelatina. As formulações foram caracterizadas quanto à espalhabilidade em diferentes temperaturas de armazenamento, sendo monitoradas ao longo de 90 dias. Analisou-se a viabilidade das formulações por meio do levantamento de custos e teste sensorial de aceitabilidade pelo consumidor. Os resultados indicaram que a consistência foi controlada principalmente pelas propriedades da fase de gelatina. As formulações com 50 a 75 % de substituição de gordura e 0,5 a 1,0 % de concentração de gelatina foram satisfatoriamente espalháveis a 10 °C, enquanto todas demonstraram esse aspecto a 20 °C e em 30 °C as amostras de reduzido teor de gordura e baixa concentração de gelatina apresentaram consistência muito baixa. Estatisticamente, tais propriedades foram significativamente influenciadas pelos fatores analisados de acordo com os modelos matemáticos. No decorrer dos 90 dias de armazenamento, a consistência dos *spreads* aumentaram em todas as temperaturas devido a possíveis transformações polimórficas das gorduras e interações da rede formada pela gelatina. As médias obtidas na análise sensorial indicaram que houve uma tendência de elevação positiva para todos os parâmetros até a formulação com 75 % de substituição de gordura, seguido por uma redução dos valores para a amostra com 100 %. Em geral, a formulação com 75 % de substituição de gordura e 0,8 % de concentração de gelatina exibiu o maior índice de aprovação dos julgadores. Os resultados da análise de custo evidenciaram que os *spreads low-fat* reduziram expressivamente os custos com ingredientes. Contudo, a produção de *spread* de chocolate com adição de gelatina é reconhecida como viável com potencial mercadológico promissor.

Palavras-chave: *Spread* de chocolate, gelatina de frango, metodologia de superfície de resposta, vida de prateleira, análise sensorial.

CHAPTER 4**INFLUENCE OF CHICKEN BY-PRODUCT GELATIN ON THE SENSORY PROPERTIES AND STABILITY OF CHOCOLATE *SPREAD*****ABSTRACT**

The chicken gelatin has important properties as a food ingredient such as its high gel strength besides being an amphipathic biopolymer and gelling agent can be employed with emulsifying and/or texture modifier action, ensuring the stabilization of emulsions. Chocolate *spread* is an emulsion that displays a continuous fat phase having high calorie and the fat reduction system can be achieved by the incorporation of gelatin. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of gelatin from chicken as fat replacement in *spreadability* and stability of *spread* for 90 days of storage at 10 °C, 20 °C and 30 °C using methodology response surface (MSR) and verification of consumer acceptance through sensory analysis. *Spreads* were developed using using a central composite rotatable design varying the fat replacement levels and concentration of gelatin. The formulations were evaluated in terms of *spreadability* at different storage temperatures and monitored over 90 days. Was analyzed the viability of the formulations through by the analysis costs and sensory acceptability. The formulations with 50% and 75% fat replacement and 0.5% to 1.0% gelatin had satisfactory *spreadability* at 10 °C. All formulations were *spreadable* at 20 °C. Low-fat samples with low gelatin concentrations, at 30 °C, had very low consistency. Statistically, the properties were significantly influenced by the factors analyzed according to the mathematical models. During the 90 days of storage the *spread* consistency increased at all temperatures because of possible polymorphic transformations of fats and interactions of the network formed by the gelatin. The averages obtained in the sensorial analysis indicated that there was a positive trend towards increase for all parameters to the formulation with 75% fat replacement followed by reduction of the sample values with 100%. In general, the formulation with 75% fat replacement and 0.8% gelatin concentration showed the highest index judges approval. The results of the cost analysis showed that the low-fat *spreads* showed a significant decrease in costs of ingredients. However, the chocolate *spread* production with gelatin addition is recognized as feasible with promising market potential.

Keywords: *Spread* chocolate, chicken gelatin, response surface methodology, shelf life, sensory analysis.

4.1 INTRODUÇÃO

O termo *spread* se referia, antigamente, a todos os produtos descritos como manteiga, margarina e suas alternativas *low-fat*. No entanto, dois outros grupos de produtos surgiram, os *spreads* doces e os salgados, com inserção significativa no mercado (ROBINSON, RAJAH, 2002).

Dos *spreads* doces, destacam-se os de chocolate, já que de acordo com Racolta et al. (2014), dos produtos de confeitaria mais importantes estão os a base de chocolate, que são populares especialmente para o público infantil e possuem fonte de energia além de alto valor nutricional.

A popularidade dos *spreads* de chocolate está aumentando. Estes produtos são normalmente armazenados em temperatura ambiente não solidificando e estando prontos para serem utilizados (NORBERG, SWEDEN, 2006; MANZOCCO et al., 2014). Podem ser considerados uma pasta consumida, principalmente, espalhada em pães, torradas ou similares e também podendo ser consumidos como tal, puro (JEYARANI et al., 2015).

O conteúdo de gordura dos *spreads* é frequentemente ao redor de 30 a 40 % misturado com diferentes ingredientes secos (NORBERG, SWEDEN, 2006; MANZOCCO et al., 2014) em uma fase contínua de gordura. Como em todos os sistemas com a fase contínua gordurosa, as propriedades da gordura tem maior influência sobre o comportamento sensorial. Para os *spreads*, a estrutura é preferencialmente macia e conferem uma sensação cremosa (NORBERG, SWEDEN, 2006).

Devido ao alto teor de gordura, estes produtos possuem alto valor calórico e uma das demandas da nutrição moderna em relação ao aumento da obesidade humana é a redução no consumo de gordura (HADNADEV et al., 2011). Com base nessa concepção, já há algum tempo os produtos com reduzido teor de gordura (menores que 40 %), têm tido um crescente interesse do mercado e atraído ampla atenção dos tecnólogos de alimentos (CHENG et al., 2008).

No entanto, a diminuição do conteúdo de gordura de *spreads* pode modificar profundamente a estabilidade do produto e suas propriedades físicas (MANZOCCO et al., 2014), visto que a estabilidade e propriedades reológicas de materiais complexos como os alimentos são determinados pela natureza das forças entre os

constituintes dos blocos de construção – grandes e pequenas moléculas e vários tipos de partículas (DICKINSON, 2007).

As emulsões são sistemas termodinâmicos instáveis devido ao contato desfavorável entre as fases de óleo e água e em consequência da diferença de densidade das duas fases (MCCLEMENTS, 2004).

Uma emulsão alimentícia estável requer uma formulação contendo pelo menos três componentes, uma fase contínua, uma dispersa e um emulsificante. Para *spreads* típicos, isto se resume a ter uma fase lipídica, uma fase aquosa e uma interface (BOT et al., 2003).

Nesse sentido, um dos principais objetivos dos fabricantes de alimentos é desenvolver produtos baseados em emulsão que mantenham seus atributos de qualidade desejáveis (aparência, textura e sabor) por um longo *shelf life*. Para alcançar essa estabilidade durante o armazenamento são utilizados ingredientes conhecidos como estabilizantes (MCCLEMENTS, 2004).

A gelatina é um biopolímero anfipático e agente gelificante e pode, portanto, ser utilizada como um emulsificante e/ou modificador de textura de emulsões, com mecanismo de estabilização das emulsões realizada principalmente pela adsorção na interfase óleo-água formando uma película fina em torno da fase dispersa (HATTREM, DRAGET, 2014).

Suas propriedades de fusão (derrete a $< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$), estabilização, formação de filme, texturização e retenção de água torna a gelatina um ingrediente alimentício muito funcional e desejável para várias aplicações (TARTÉ, AMUNDSON, 2006; SCHRIEBER, GAREIS, 2007).

Além das fontes tradicionais de gelatina (pele suína, couro e ossos bovinos) e mais atualmente o pescado, os pés de frango também são importantes fontes de colágeno (ALMEIDA, 2012; ALMEIDA, LANNES, 2013; FERREIRA, 2013; SARBON et al., 2013; NIK AISYAH et al., 2014; WIDYASARI, RAWDKUEN, 2014; LEE et al., 2015), que possuem propriedades importantes ao processamento de alimentos, como elevada força de gel e adequados parâmetros de textura, embora raras pesquisas sobre sua aplicação em produtos alimentícios (ALMEIDA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2013).

Durante o armazenamento, transporte e utilização dos *spreads*, podem ocorrer uma série de mudanças texturais indesejáveis. Estas alterações são, em parte, devido ao fato de que os *spreads* não estão completamente em equilíbrio

termodinâmico ao saírem da linha de produção, e em parte devido a flutuações de temperatura durante o armazenamento e transporte. Tais alterações podem resultar em defeitos no produto, provocadas por alterações na rede de cristal de gordura e à instabilidade da emulsão (BOT et al., 2007).

A formulação, processamento, transporte e condições de armazenamento regem a microestrutura cristalina e, assim, a estabilidade de prateleira desses produtos alimentícios (BUND, HARTEL, 2010). Segundo Hattrem e Draget (2014), estudos indicam que a presença de gelatina na fase interna aquosa das emulsões pode aumentar sua estabilidade durante o armazenamento.

Ao decidir sobre os aspectos importantes de introdução de um produto alimentício para a competição de mercado, o conhecimento de sua vida de prateleira e, em particular, a dependência da perda de qualidade sob as condições de temperatura é essencial (STEEL, 2004).

A vida de prateleira é um período finito de tempo, após a produção e embalagem, durante o qual o produto alimentício mantém um nível necessário de qualidade aceitável para o consumo, em condições de armazenamento bem definidas (NICOLI, 2012). De acordo com Martin (1996), a vida de prateleira dos produtos de chocolate refere-se ao período de tempo durante o qual eles manterão a aparência, o aroma, o sabor e textura aceitáveis.

Uma prática comum empregada para avaliar a vida de prateleira de um determinado produto alimentício é determinar alterações em características de qualidade selecionadas ao longo de um período de tempo (SINGH, 1996). Segundo Steel (2004), para a maioria dos alimentos processados perecíveis ou semiperecíveis, a vida de prateleira é baseada principalmente na qualidade sensorial e microbiológica.

A textura é uma das características de qualidade mais importantes dos alimentos e pode ser avaliada por métodos sensoriais ou instrumentais (SAHIN, SUMNU, 2006), sendo a espalhabilidade um fator crítico de qualidade para um *spread* (SHEWFELT et al., 2016). Propriedades físicas, incluindo a dureza ou consistência dos *spreads*, são geralmente analisadas no acompanhamento da vida de prateleira (KILCAST, SUBRAMANIAM, 2000).

Já a avaliação sensorial, conforme Lawless e Heymann (2010), compreende um conjunto de técnicas para a medição precisa das respostas humanas aos

alimentos fornecendo informações importantes e úteis para o desenvolvimento de produtos.

A avaliação sensorial é uma importante ferramenta que vincula o atributo do produto com a preferência dos consumidores (EL-WASEIF et al., 2013). A maioria dos estudos sensoriais são com chocolate ao leite, recheios, produtos de confeitaria e há pouca literatura sobre a aceitabilidade de produtos baseados em chocolate amargo (TORRES-MORENO et al., 2012).

Diante do exposto, investigaram-se neste estudo os efeitos da adição de gelatina de subproduto de frango na espalhabilidade de *spread* de chocolate com reduzido teor de gordura utilizando metodologia de superfície de resposta (MSR), bem como sua influência na estabilidade durante a vida de prateleira e aceitação dos consumidores por meio de avaliação das propriedades sensoriais.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Subproduto de frango

Os pés de frango foram obtidos na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, São Paulo, Brazil) e adequadamente transportados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos III da Universidade de São Paulo, onde foram lavados em água corrente e estocados em refrigerador até a utilização.

4.2.1.1 Processo de extração da gelatina

Os pés de frango foram cortados, pré-tratados com ácido acético a 4,0 % por 16h e as peles e os tendões foram separados. Após, extraiu-se a gelatina por um processo a quente com água destilada por 6h a 55 °C. A solução resultante foi filtrada e submetida a secagem em estufa a 50 °C por 13h. A gelatina em pó foi obtida por trituração das folhas de gelatina formadas no processo de secagem (ALMEIDA, LANNES, 2013).

4.2.2 Elaboração dos *spreads* de chocolate

Os materiais adicionais utilizados para a elaboração dos *spreads* de chocolate foram: gordura vegetal Al Bake P41 LT (Cargill®, São Paulo, Brasil), açúcar refinado (União®, Camil Alimentos S.A., São Paulo, Brasil); xarope de glicose (Arcolor®, Arco Iris Brasil, São Paulo, Brasil); açúcar líquido invertido e lecitina de soja (Tradal® Brazil, São Paulo, Brasil); leite em pó desnatado (La Serenissima®, Mastelloni Hnos S.A., Buenos Aires, Argentina); chocolate amargo (Harald®, Melken Dark, São Paulo, Brasil) e água purificada.

A composição do *spread* de chocolate com 0 % de substituição de gordura incluiu chocolate amargo (38,46 %), gordura vegetal (28,67 %), xarope de glicose (14,43 %), açúcar refinado (9,52 %), água (5,71 %), açúcar líquido invertido (1,93 %), leite em pó desnatado (0,91 %) e lecitina de soja (0,4 %).

Para a otimização do *spread* de chocolate, utilizou-se delineamento composto central rotacional (DCCR), sendo um fatorial completo 2^2 , contendo 4 pontos fatoriais, acrescidos de 4 ensaios nas condições axiais (combinações dos níveis – α e + α) e 3 repetições no ponto central (0,0) totalizando 11 ensaios.

As variáveis independentes investigadas foram os níveis de substituição de gordura (15 %, 25 %, 50 %, 75 % e 100 %) e a concentração de gelatina (0,3 %, 0,5 %, 0,8 %, 1,0 % e 1,2 %), baseando-se na formulação controle. Considerou-se como variáveis dependentes os valores dos testes de consistência das amostras em diferentes temperaturas.

Inicialmente, dissolveu-se o açúcar (1,82 %) em água (0,91 %) a 100 °C com posterior mistura do leite em pó desnatado (0,91 %) e gordura vegetal (0,22 %), originando um creme.

Este creme foi adicionado na segunda etapa onde o restante do açúcar é homogeneizado com o açúcar líquido invertido e xarope de glicose sob ebulição (103 °C por 2 minutos). Atingido 70 °C, acrescentou-se a lecitina de soja. A calda produzida juntamente com a gordura vegetal (28,45 %) foram homogeneizadas até alcançarem a temperatura de 35 °C para então ser adicionado o chocolate amargo previamente fundido. A mistura foi homogeneizada por 6 minutos, embaladas em

potes de polipropileno (PP) e armazenadas nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C para posterior análise.

Nas formulações experimentais utilizou-se água para dissolução da gelatina a 60 °C em quantidades definidas para se completar o nível de substituição de gordura. A solução foi adicionada junto à calda de açúcares na última etapa do processamento.

4.2.3 Análise de consistência

A avaliação das alterações físicas durante a vida de prateleira dos *spreads* de chocolate foi realizada por meio de análises de consistência, em triplicata. As análises foram executadas no período de 3 meses em amostras armazenadas sob as temperaturas de 10, 20 e 30 °C em estufa BOD. Os dados foram obtidos após 24 h de produção e a cada 15 dias totalizando 7 medições.

Realizou-se as análises de consistência por meio do teste de penetração com determinação da força de compressão e distância de 10 mm, velocidade de 2 mm/s em 5 s (LANNES, 1997), utilizando-se um cone de ângulo de 45 ° em texturômetro (TA-XT2, *Stable Micro System*, Inglaterra, Reino Unido). Os dados foram tratados pelo programa *Texture Expert for Windows* versão 1.2 (Texture Technologies Corp., Inglaterra, Reino Unido). Para se identificar o nível de espalhabilidade das formulações, utilizou-se a equação (4.1) proposta por Haighton (1959), de tensão de cisalhamento inicial, convertendo-se os dados de penetração em um parâmetro independente do peso e tipo de cone (LANNES, 1997; SILVA, GIOIELLI, 2006; RACT, 2006; GONÇALVES, 2011; HARES JR., 2013).

$$C=K.W/p^{1,6} \quad (4.1)$$

Em que:

C: consistência, em N/cm²

K: fator que depende do ângulo do cone (cone de 45 °, K = 4.700)

W: força em compressão, em N (para tempo de 5 s) e

p: profundidade de penetração em 0,1 mm.

4.2.4 Análise de custos das formulações

Para a investigação dos custos das formulações de *spread* de chocolate realizou-se um levantamento dos preços de venda, em reais (R\$), dos ingredientes utilizados no processamento dos produtos em empresas brasileiras atacadistas de alimentos. O custo da água foi estimado por meio de informações divulgadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP.

4.2.5 Análise sensorial

Para a análise sensorial levou-se em consideração as formulações de *spread* de chocolate com maiores níveis de redução de gordura e concentração de gelatina em nível intermediário (0,8 %), equivalente ao ponto central do planejamento experimental. Para tanto, foi padronizado a concentração de gelatina com variação no nível de substituição de gordura de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Formulações de *spread* de chocolate testadas na análise sensorial.

Ingredientes (%)	Formulações			
	Níveis de substituições de gordura			
	0 %	50%	75%	100%
Chocolate amargo	38,46	38,46	38,46	38,46
Gordura vegetal	28,45	14,23	7,11	0,00
Gordura vegetal (creme)*	0,22	0,22	0,22	0,22
Xarope de glicose	14,43	14,43	14,43	14,43
Açúcar refinado	9,52	9,52	9,52	9,52
Água	5,71	5,71	5,71	5,71
Açúcar invertido	1,93	1,93	1,93	1,93
Leite em pó desnatado	0,91	0,91	0,91	0,91
Lecitina de soja	0,4	0,4	0,4	0,4
Água dissolução gelatina	-	13,43	20,54	27,65
Gelatina	-	0,8	0,8	0,8
Total	100	100	100	100

Como se observa na Tabela 1, as formulações testadas foram a com conteúdo total de gordura e as demais com reduzido teor de gordura, 50, 75 e 100 % de substituição por solução de gelatina com concentração padronizada de 0,8 % na

formulação total de cada amostra. Os produtos foram preparados cerca de 48h antes dos testes e mantidos em temperatura de 20 °C.

Para mensurar a vinculação do produto e a preferência, a escala hedônica de 9 pontos é provavelmente o método sensorial mais utilizado. A escala é facilmente compreendida e tem sido amplamente utilizada por muitas empresas com considerável sucesso no que diz respeito à confiabilidade e validade (STONE et al., 2012).

Trata-se de uma escala pré-estabelecida de 1 a 9 pontos, sendo que os pontos correspondem a: 1 – desgostei muitíssimo, 2 – não gostei muito, 3 – não gostei regularmente, 4 – não gostei ligeiramente, 5 – indiferente, 6 – gostei ligeiramente, 7 – gostei regularmente, 8 – gostei muito e 9 – gostei muitíssimo (STONE, SIDEL, 1993; LAWLESS, HEYMANN, 2010).

Tal escala é muito utilizada devido à sua confiabilidade e sensibilidade para detectar diferenças de aceitação entre amostras (CARDELLO, SCHUTZ, 1996). As seguintes características foram avaliadas: aspecto geral, aroma, sabor, cor e textura e ainda quanto à intenção de compra, com escala estipulada de 1 – certamente não compraria até 5 – certamente compraria.

Nesse sentido, o julgamento contou com a participação de 90 (noventa) provadores não treinados (alunos de graduação, pós-graduação e funcionários da Universidade de São Paulo) considerados consumidores potenciais, abrangendo indivíduos maiores de idade de ambos os sexos, no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica-FCF/USP.

Antes da degustação, os participantes foram instruídos a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo III), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo conforme o Parecer nº 1.317.581 de 11 de novembro de 2015 (Anexo II).

Os *spreads* de chocolate foram servidos de forma monódica, em copos plásticos codificados contendo 30 g do produto, acompanhados de colher plástica. Foi solicitado aos provadores que entre uma amostra e a seguinte provassem água e biscoito de sabor neutro (água e sal) para diminuir a interferência de sabor entre as amostras.

Após provarem cada amostra, os participantes foram orientados a preencher a ficha de avaliação sensorial (Anexo IV), fornecida juntamente com a primeira amostra.

4.2.6 Análise estatística

Os resultados do teste de consistência do 2º dia de produção dos *spreads* de chocolate foram avaliados mediante a análise de variância (ANOVA) e metodologia de superfície de resposta (MSR), determinando-se os efeitos e coeficientes de regressão para a construção dos modelos matemáticos.

Os resultados da análise sensorial e do acompanhamento durante a vida de prateleira das formulações foram tratados por meio do teste de Tukey a 5 % de significância. Para tanto, utilizou-se o software *Statistica*® versão 11 (StaSoft, Inc., Oklahoma, EUA).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.3.1 Consistência

A consistência e características de espalhabilidade de produtos tipo *spread* são propriedades de estudo essenciais em seu desenvolvimento. Várias pesquisas têm sido realizadas sobre consistência em alimentos tipo *spread*, como de Hadnadev et al. (2011 e 2014) em sistemas de recheios para confeitaria e Di Monaco et al. (2008) em creme de avelã.

Além de Cheng et al. (2008) em aplicação de gelatina de peixe e pectina na elaboração de *spread* com reduzido teor de gordura, Manzocco et al. (2014) em *spread* de chocolate com reduzido teor de gordura, Shamsudin (2013) em *spread* de chocolate sem açúcar, Daubert et al. (1998) que descreveram metodologia de avaliação de espalhabilidade, Shamsudin (2004 e 2005) em *spread* de chocolate a base de palma, Gonçalves (2011) em formulações de *fondue* de chocolate, Ract (2006) que desenvolveu lipídios estruturados a partir de diferentes gorduras para aplicação em *spreads* e Hares Jr. (2013) na formulação de creme de amendoim.

De acordo com Daubert et al. (1998), espalhabilidade é um termo subjetivo de textura e pode ser definida como uma tensão necessária para criar uma distribuição uniforme ao longo de uma superfície e tal informação proporciona aos fabricantes um parâmetro adicional de controle e melhoria da qualidade.

Segundo Deman (1983), espalhabilidade é um termo usado frequentemente em conexão com a consistência e pode ser definido como a força requerida para espalhar com o uso de uma faca.

A espalhabilidade de produtos com alto teor lipídico, tipo *spreads*, podem ser classificadas por meio da análise de textura em temperatura controlada com base na tensão de cisalhamento, conforme descrito por Haighton (1959) na Tabela 2, sendo representada, neste estudo, pelos valores de consistência.

Tabela 2 – Classificação de espalhabilidade de produtos com alto teor lipídico em função da tensão de cisalhamento.

Tensão de cisalhamento (N/cm ²)	Consistência
< 0,49	Muito macia, quase fluída
0,49 – 0,98	Muito macia, não espalhável
0,98 – 1,96	Macia, já espalhável
1,96 – 7,85	Plástica e espalhável
7,85 – 9,81	Dura, satisfatoriamente espalhável
9,81 – 14,71	Muito dura, limite de espalhabilidade
> 14,71	Muito dura

Fonte: Haighton (1959).

Os resultados dos experimentos conduzidos de acordo com o delineamento experimental DCCR estão apresentados na Tabela 3 e propiciaram a obtenção de modelos matemáticos para os parâmetros de consistência, em diferentes temperaturas (10, 20 e 30 °C), das formulações de *spread* de chocolate com 24h de produção, de forma a simular o comportamento dos produtos frente às condições climáticas de distintas regiões do país e diferentes épocas do ano.

A consistência das amostras de *spread* com reduzido teor de gordura a 10 °C variou de 1,84 a 183,58 N correspondendo aos ensaios 6 e 5, respectivamente. O ensaio 5, com apenas 15 % de substituição de gordura e 0,8 % de concentração de gelatina apresentou uma consistência (183,58 N) cerca de 20,5 % menor que a formulação controle (230,83 N).

Tabela 3 – Delineamento experimental (DCCR) com variáveis independentes e resultados de consistência de *spread* de chocolate com 24h de produção.

Ensaio	Nível de substituição de gordura (%)		Concentração de Gelatina (%)		Consistência (N/cm ²)		
					10 °C	20 °C	30 °C
1	-1	(25)	-1,5	(0,5)	107,75	4,53	2,11
2	1	(75)	-1,5	(0,5)	2,74	2,31	0,00
3	-1	(25)	1	(1,0)	132,30	5,80	4,05
4	1	(75)	1	(1,0)	5,56	2,53	1,28
5	-1,41	(15)	0	(0,8)	183,58	6,31	2,02
6	2,0	(100)	0	(0,8)	1,84	1,71	0,00
7	0	(50)	-2,5	(0,3)	6,78	2,57	0,00
8	0	(50)	2,0	(1,2)	14,17	4,73	3,35
9	0	(50)	0	(0,8)	11,24	3,49	1,65
10	0	(50)	0	(0,8)	8,88	3,30	1,97
11	0	(50)	0	(0,8)	13,74	3,34	1,88
Controle	-	-	-	-	230,83	4,19	0,00

*() valores reais das variáveis independentes para cada nível

Enquanto que a formulação 6, caracterizada no planejamento pela máxima substituição de gordura (100 %) e 0,8 % de gelatina, exibiu uma consistência (1,84 N) de 99 % menor que a controle. A Figura 1 demonstra a consistência dos *spreads* de chocolate nas diferentes temperaturas.

Observa-se na Figura 1a, o contraste das formulações controle, 1, 3 e 5 em relação às demais formulações, indicando que a substituição parcial da gordura por solução de gelatina provocou uma diminuição expressiva na consistência dos produtos a 10 °C.

Os valores de consistência máximo e mínimo, obtidos a 20 °C (Figura 1b), são os correspondentes aos ensaios axiais do planejamento, sendo 1,71 N para o ensaio 6, com consistência cerca de 59 % menor que a controle e 6,31 N para o ensaio 5, que apesar de apresentar 15 % de substituição de gordura retratou uma consistência maior que a controle (4,19 N), podendo denotar uma influência da adição de gelatina (0,8 %) na estrutura.

Figura 1 – Consistência das formulações de *spread* de chocolate em temperaturas de a) 10 °C, b) 20 °C e c) 30 °C.

Na temperatura de 30 °C (Figura 1c), os resultados variaram de 0,0 para os ensaios 2, 6, 7 e controle até 4,05 N para o ensaio 3. As amostras que apresentaram os valores 0,0 referem-se à consistência muito baixa que não pôde ser detectada segundo o nível de sensibilidade do equipamento.

Em temperatura de refrigeração representada pela Figura 1a, as formulações 2, 4 e 7 compõem a faixa de espalhabilidade (1,96 – 7,85 N) mais adequada para *spreads* proposta por Haighton (1959) sendo classificadas como plásticas e espalháveis.

Macia e já espalhável pode ser considerada a formulação 6 a 10 °C, enquanto que a formulação 8 com a maior concentração de gelatina 1,2 % e as formulações referentes ao ponto central (9, 10 e 11) com 50 % de substituição de gordura e 0,8 % de gelatina estão no limite de espalhabilidade a 10 °C.

As formulações 1, 3 e 5 expostas na Figura 1a a 10 °C são consideradas muito duras (> 14,71 N) e de acordo com Bot et al. (2003), produtos muito firmes são pobres em espalhabilidade.

No entanto, nas temperaturas de 20 e 30 °C manifestaram uma diminuição na consistência podendo ser classificadas como plásticas e espalháveis. Houve também uma queda na consistência da formulação controle com a diminuição da temperatura, sendo que a 30 °C não foi possível realizar a análise devido a amostra apresentar um valor muito baixo de consistência.

A dureza e espalhabilidade de um produto tipo *spread* são principalmente, embora não exclusivamente, relacionadas com o conteúdo de gordura sólida (ROLLER, JONES, 1996).

Segundo Manzocco et al. (2014), a consistência de *spreads* de chocolate depende da natureza e quantidade de lipídios utilizados na sua preparação, ressaltando que as propriedades físicas da fração lipídica são as principais responsáveis pela consistência final do *spread*.

A Figura 2 ilustra a curva de sólidos em diferentes temperaturas da gordura vegetal utilizada neste estudo.

Figura 2 – Curva de conteúdo de gordura sólida da gordura vegetal Al Bake P41 LT fornecida pelo fabricante, Cargill®.

A presença predominante da gordura vegetal, com ponto de fusão em torno de 42 °C e conteúdo de gordura sólida a 33 °C variando de 7,0 a 10 %, segundo o laudo de análise do fornecedor (ANEXO I), nas formulações controle, 1, 3 e 5 pode ter influenciado no comportamento das mesmas nas condições expostas neste estudo, já que segundo Marangoni e Narine (2002), a temperatura influencia fortemente as propriedades físicas dos cristais de gordura. No entanto, não pode-se deixar de citar, a provável interação existente entre a gordura presente no chocolate utilizado nas formulações com a gordura vegetal.

O ponto de fusão de *spreads* de chocolate comerciais, segundo Shamsudin (2005), é em torno de 39,7 a 42,6 °C, semelhante ao encontrado em sua formulação (39,3 a 42,6 °C) baseada em óleo de palma com finalidade de se obter um produto livre de gordura trans. Tais valores são muito próximos ao ponto de fusão da gordura vegetal utilizada na elaboração dos produtos deste estudo. Já Hadnadev et al. (2011), adotaram uma gordura vegetal com ponto de fusão um pouco inferior, cerca de 30 a 32 °C para aplicação em recheios de confeitaria.

O aumento da temperatura proporciona plasticidade à gordura por causar a fusão gradual dos cristais gerando com isso a destruição da rede cristalina (DEMAN, 1983).

Em temperaturas elevadas as gorduras não apresentam consistência devido o baixo teor de gordura sólida, geralmente inferior a 10 %, não sendo suficiente para

formar a rede cristalina (RACT, 2006). O conteúdo de gordura sólida é uma função da temperatura e essa relação explica a grande queda da firmeza com o aumento da temperatura (BOT et al., 2003).

Ract (2006) em seu estudo sobre lipídios estruturados para emprego em *spreads* verificou que a gordura do leite apesar de possuir 6 % de sólidos também não apresentou consistência a 30 °C. A autora ressaltou ainda que em temperaturas mais baixas maior quantidade de triacilgliceróis participa do processo de cristalização, esclarecendo os altos valores de consistência para as formulações com maiores níveis de gordura na composição, enquanto que em temperaturas mais altas, apenas os triacilgliceróis contendo maiores teores de ácidos graxos saturados de cadeia longa cristalizam, formando a rede cristalina responsável pela consistência/plasticidade da gordura.

Além da quantidade de cristais de gordura, a dureza de um *spread* está relacionada com fatores de processo, como em misturas de cristalização lenta, os produtos continuam a cristalizar após sua embalagem, o que favorece a formação de uma rede forte, já as altas velocidades de cristalização originam vários pequenos cristais e com isso, produtos macios (HEERTJE, 2014).

Todas as formulações a 20 °C demonstraram-se plásticas e espalháveis segundo os valores sugeridos por Haighton (1959), exceto a formulação 6 (1,71 N) com consistência menor, porém classificada como macia e já espalhável.

A formulação 2 com 75 % de substituição de gordura e 0,5 % de gelatina a 30 °C pôde ser classificada como muito macia, quase fluida devido sua consistência muito baixa, enquanto que a formulação 4 com o mesmo nível de substituição (75 %), no entanto o dobro da concentração de gelatina (1,0 %) exibiu um resultado de 1,28 N (macia, já espalhável), podendo denotar a influência da gelatina na consistência do *spread* a 30 °C.

Em *spreads* com teor reduzido de gordura, a fase dispersa deve contribuir significativamente para a firmeza do produto. Isto se aplica particularmente para produtos contendo fase aquosa estruturada com hidrocolóides (BOT et al., 2003), como é o caso desse estudo. A Tabela 4 apresenta os efeitos das variáveis independentes sob a consistência dos *spreads* de chocolate a 10 °C.

Tabela 4 – Estimativa dos efeitos para a consistência a 10 °C em *spread* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	18,17	1,327	13,69	0,0053
Nível de substituição de gordura (L)*	-132,88	1,703	-78,00	0,0002
Nível de substituição de gordura (Q)*	66,16	1,484	44,58	0,0005
Concentração de gelatina (L)*	6,57	1,498	4,39	0,0482
Concentração de gelatina (Q)	-0,62	1,380	-0,45	0,6974
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina*	-14,27	2,405	-5,93	0,0273

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

A maior influência sob a consistência das formulações é exercida pela gordura, conforme a Tabela 4, que apresenta um forte efeito linear negativo, indicando que com a diminuição da gordura na formulação há uma queda expressiva na consistência (-132,88 N/cm²) a temperatura de 10 °C.

Verifica-se também uma influência positiva quadrática que segundo Hair et al. (2009), para fins de interpretação, o termo quadrático positivo indica uma curva em forma de U, enquanto que o coeficiente negativo indica uma curva em forma de $\cap$, o que pode ser comprovado nas superfícies de respostas originadas pelos modelos matemáticos.

A concentração de gelatina, em seu termo linear, desempenhou atuação significativa positiva sob o valor de consistência, nesse sentido, variando-se a concentração de gelatina de 0,5 a 1,0 % há uma intensificação da consistência dos *spreads*. Já o termo quadrático da concentração de gelatina não influenciou significativamente a resposta em questão.

A interação entre os fatores foi significativa ($p < 0,05$) causando uma diminuição da consistência em -14,27 N/cm² a temperatura de refrigeração. Isso pode ser explicado pelas interações de diferentes macromoléculas que devem diminuir a força de gel das proteínas (SIKORSKI, 2007).

No estudo de Hadnadev et al. (2011), menores valores de consistência foram encontrados em misturas de gordura vegetal e maltodextrina, sugerindo uma interação em que a rede contínua de gordura foi interrompida pela fase hidratada

dispersa de maltodextrina. A Tabela 5 expõe os efeitos das variáveis independentes sob a consistência dos *spreads* de chocolate a 20 °C.

Tabela 5 – Estimativa dos efeitos para a consistência a 20 °C em *spread* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	3,30	0,055	60,42	0,0003
Nível de substituição de gordura (L)*	-2,90	0,070	-41,32	0,0006
Nível de substituição de gordura (Q)*	0,70	0,061	11,37	0,0076
Concentração de gelatina (L)*	1,02	0,062	16,58	0,0036
Concentração de gelatina (Q)	0,22	0,057	3,93	0,0591
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina*	-0,56	0,099	-5,61	0,0303

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Assim como na temperatura de refrigeração, a 20 °C, o efeito que exerceu maior influência sobre a consistência foi o nível de substituição de gordura, porém trata-se de um efeito menor comparado com o de 10 °C.

Ao diminuir a quantidade de gordura nas formulações a 20 °C, de acordo com o efeito linear, provoca-se uma queda na consistência de -2,90 N/cm² e o aumento da concentração de gelatina acarreta um maior valor de consistência (1,02 N/cm²). Na produção de *spreads* de chocolate utilizando mistura de géis de maltodextrina como substitutos de gordura, Hadnadev et al. (2014) verificaram o aumento nos valores de firmeza do produto a 20 °C.

Observa-se na Tabela 5 que os efeitos lineares, bem como a interação dos fatores em questão foram significativos ($p < 0,05$), assim como o efeito quadrático da substituição de gordura.

A Tabela 6 expõe os efeitos das variáveis independentes sob a consistência dos *spreads* de chocolate a 30 °C. A concentração de gelatina apresentou efeito linear significativo ($p < 0,05$) na consistência dos *spreads* de chocolate a temperatura de 30 °C, sendo o maior efeito (1,74 N/cm²) visualizado na Tabela 6, seguido pelo efeito linear negativo do nível de substituição de gordura (-1,67 N/cm²). Nesta temperatura não foi constatada interação significativa entre as variáveis independentes.

Tabela 6 – Estimativa dos efeitos para a consistência a 30 °C em *spread* de chocolate.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (2)	p – valor
Média	1,65	0,090	18,35	0,0030
Nível de substituição de gordura (L)*	-1,67	0,116	-14,40	0,0048
Nível de substituição de gordura (Q)	-0,16	0,101	-1,54	0,2632
Concentração de gelatina (L)*	1,74	0,102	17,11	0,0034
Concentração de gelatina (Q)	0,10	0,094	1,07	0,3980
Nível de substituição de gordura x Concentração de gelatina	-0,18	0,163	-1,07	0,3960

*() termos lineares (L) e quadráticos (Q) das variáveis.

*Parâmetros estatisticamente significativos.

Para verificação da conformidade dos modelos matemáticos pode-se verificar na Tabela 7, os valores de F e do coeficiente de determinação obtidos por meio do cálculo de regressão dos coeficientes na Análise de Variância (ANOVA). Os coeficientes de regressão não significativos estatisticamente a 95 % de nível de confiança foram excluídos dos modelos.

Tabela 7 – Porcentagem da variação explicada (R^2), valores de F e modelo matemático para consistência (N/cm^2).

Resposta	R^2 (%)	F calculado	F tabelado	Equações
10 °C	96,79	2.140,86	19,25	$Y = 18,41 - 67,91x_1 + 33,21x_1^2 + 2,65x_2 - 5,71x_1x_2$ (4.2)
20 °C	96,66	526,06	19,25	$Y = 3,56 - 1,49x_1 + 0,30x_1^2 + 0,40x_2 - 0,22x_1x_2$ (4.3)
30 °C	89,58	287,09	19,00	$Y = 1,81 - 0,88x_1 + 0,69x_2$ (4.4)

*F calculado e F tabelado a 5 % de significância

* x_1 = nível de substituição de gordura; x_2 = concentração de gelatina. *Y = resultados de consistência

A análise de variância demonstrou o bom ajuste do modelo quadrático aos valores experimentais de consistência nas temperaturas 20 °C e do modelo linear ou de primeira ordem para 30 °C.

Esta adequação pode ser verificada pelos altos valores de F calculado em relação ao F tabelado e dos elevados coeficientes de determinação de 96,79 %, 96,66 % e 89,58 %.

96,66 % e 89,58 %. Na temperatura de 10 °C a falta de ajuste foi significativa ($p < 0,05$), no entanto, os altos valores de R^2 e F calculado demonstram que o modelo é significativo e útil na explicação do fenômeno estudado.

A Figura 3 demonstra a boa concordância dos modelos, como era de se esperar segundo os resultados da análise de variância, descrevendo os valores observados experimentalmente e os previstos para a consistência em diferentes temperaturas.

Figura 3 – Valores observados *versus* valores previstos pelos modelos para consistência de *spreads* de chocolate a 10, 20 e 30 °C

Nesse sentido, os modelos matemáticos (Equações 4.2, 4.3 e 4.4) representam o comportamento da consistência dos *spreads* de chocolate em diferentes temperaturas e descrevem suas respectivas superfícies de respostas, como está ilustrado nas Figuras 4 (a), (b) e (c).

Para uma maior praticidade do consumidor, seria interessante um produto macio e espalhável em uma ampla faixa de temperatura (de refrigeração à temperatura ambiente) conforme ressaltado por Shamsudin (2004). Os produtos comerciais de *spread* de chocolate geralmente são considerados muito duros à

temperatura de refrigeração, alcançando melhor plasticidade com o aumento da temperatura segundo os resultados da pesquisa de Shamsudin (2013).

Analisando a superfície de resposta da Figura 4(a), com a intenção de se obter produtos com menores valores de consistência em temperatura de refrigeração, mas que sejam considerados plásticos e espalháveis, verifica-se que os valores codificados da variável independente nível de substituição de gordura que podem proporcionar esses resultados estão localizados na região correspondente a 50 e 100 % de substituição de gordura, com menores concentrações de gelatina.

Figura 4 – Superfícies de respostas para consistência dos *spreads* de chocolate em diferentes temperaturas: (a) 10 °C, (b) 20 °C, (c) 30 °C.

Ressalta-se que a quantidade requerida de proteína para a estabilização de uma emulsão aumenta com o volume da fase dispersa (SIKORSKI, 2007), ou seja, para maiores substituições de gordura sugerem-se maiores concentrações de gelatina.

As Figuras 4 (b) demonstram um comportamento semelhante, com presença de curvas de interações mais acentuadas e a obtenção de produtos plásticos e espalháveis podem ser obtidos na ampla faixa de variações estudadas. No entanto nota-se que a adição de concentrações acima do limite estudado ($> 1,2\%$), para consumo a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ podem propiciar a elaboração de *spreads* de chocolate com maiores consistências podendo chegar ou ultrapassar o limite de espalhabilidade.

Sob temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, como pode se verificar na Figura 4 (c), para se obter produtos com maior consistência e plasticidade, deve se empregar as condições de menores níveis de substituição de gordura unido a maiores concentrações de gelatina. Porém, observa-se que a combinação mais adequada seria de 50 a 100 % de substituição de gordura com concentrações de gelatina na faixa de 1,0 a 1,2 %, o que proporciona a elaboração de produtos espalháveis com teor de gordura reduzido.

4.3.2 Vida de prateleira (*Shelf-life*) dos *spreads* de chocolate

A vida de prateleira de produtos de chocolate é mais frequentemente discutida em termos de aparência e textura, incluindo a formação de *bloom* (NATTRESS et al., 2004; SUBRAMANIAM, 2011).

A maioria das mudanças nos atributos de textura dos alimentos durante a estocagem, referida como envelhecimento, é causada pelas alterações estruturais no produto (SUBRAMANIAM, 2011). A textura e estabilidade de um *spread* são determinadas em geral pela microestrutura da emulsão, que envolve propriedades como firmeza, espalhabilidade e plasticidade (BOT et al., 2003).

A Tabela 8 expõe os resultados do acompanhamento da vida de prateleira dos *spreads* de chocolate, em termos de consistência, em diferentes temperaturas ao longo de 3 meses.

Tabela 8 – Estudo da consistência (N/cm²) dos *spreads* de chocolate em função da temperatura e tempo de armazenamento

Média da consistência (N/cm²) ± DP												
Dias	Formulações											Controle
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	10 °C											
2º	107,75 ± 5,2	2,74 ±0,22	132,28±3,2	5,56 ±0,3	183,58±8,7	1,84±0,03	6,78±1,72	14,17±0,4	11,24±0,40	8,88±0,42	13,74±0,69	230,83±15,7
15º	138,09 ± 5,3	4,50 ±0,54	144,91±4,8	7,44±0,7	190,82±5,9	2,38±0,11	8,44±0,73	21,00±0,4	12,38±0,73	12,83±0,73	19,11±0,67	216,24±2,5
30º	157,76 ± 2,5	5,74 ±0,39	164,17 ±1,2	7,66±0,3	215,21±5,8	2,45±0,08	9,87±0,19	18,14±1,3	11,34±0,26	11,36±0,87	18,81±0,93	224,92±11,0
45º	161,65±1,9	6,68 ±0,54	168,59 ±1,4	10,24±0,3	222,25±12,4	2,66±0,07	11,79±0,25	21,01±1,1	17,09±0,26	18,05±0,17	20,41±0,60	221,97±11,6
60º	175,05±12,2	9,01 ±0,30	180,21±1,0	11,62±0,8	239,12±7,8	3,67±0,20	12,13±0,96	25,38±2,3	18,54±0,54	18,23±0,90	20,21±0,37	228,88±3,2
75º	181,66 ±7,2	9,29 ±0,63	186,97±0,7	12,48±0,5	222,30±10,4	3,61±0,31	12,61±0,36	25,12±0,2	19,61±0,44	18,44±0,09	21,32±0,50	257,37±11,3
90º	200,13±16,6	9,24 ±0,33	206,55± 3,4	12,86±1,1	228,77±17,6	3,70±0,25	13,65±1,67	26,73±0,3	20,86±0,50	20,30±0,43	22,70±0,77	267,98±7,4
20 °C												
2º	4,52 ± 0,42	2,31 ±0,40	5,80±0,12	2,53±0,33	6,31±0,32	1,71±0,07	2,57±0,14	4,73±0,20	3,49±0,15	3,30±0,21	4,09±1,61	4,19±0,15
15º	14,63 ±0,37	4,22 ±0,03	21,43±1,69	6,16±0,65	16,46±0,45	2,34±0,14	6,56±1,50	15,16±2,91	14,32±0,85	12,67±1,28	14,44±0,45	6,63±0,33
30º	15,56 ±0,31	-	21,28±0,93	-	17,34±0,39	-	10,82±0,93	20,48±0,33	18,52±0,17	18,24±0,41	17,57±1,17	14,22±1,03
45º	17,93 ±0,19	-	27,20±0,04	-	18,75±0,89	-	-	22,91±0,61	21,13±0,30	20,00±0,51	21,45±0,68	19,48±0,99
60º	18,36 ±0,16	-	27,22±1,15	-	18,86±0,62	-	-	24,93±0,65	-	-	-	22,45±1,07
75º	20,48 ±0,29	-	27,33±0,67	-	20,06±0,86	-	-	24,04±0,68	-	-	-	23,75±0,39
90º	21,33 ±0,38	-	29,05±0,28	-	21,66±1,30	-	-	25,45±1,09	-	-	-	25,62±1,07
30 °C												
2º	2,11 ± 0,02	-	4,05±0,32	1,28±0,14	2,02±0,08	-	-	3,35±0,20	1,65±0,41	1,97±0,13	1,88±0,22	-
15º	2,44 ± 0,06	-	5,18± 0,24	-	2,85±0,07	-	-	4,04±0,12	2,51±0,10	3,08±0,16	3,14±0,16	-
30º	2,71 ± 0,08	-	5,85± 0,24	-	3,13±0,11	-	-	4,87±0,23	3,34±0,09	3,44±0,19	3,49±0,07	-
45º	2,77 ± 0,08	-	6,14± 0,09	-	3,41±0,16	-	-	4,89±0,10	-	-	-	-
60º	2,86 ± 0,15	-	8,48±0,69	-	3,55±0,06	-	-	5,75±0,58	-	-	-	-
75º	2,74 ± 0,09	-	9,12±0,07	-	4,01±0,10	-	-	-	-	-	-	-
90º	2,86 ± 0,05	-	9,99± 0,47	-	3,99±0,13	-	-	-	-	-	-	-

A consistência é um indicativo da espalhabilidade, que por sua vez é um fator crítico na funcionalidade de produtos tipo *spread* (GONÇALVES, 2011). Nota-se na Tabela 8 que, em geral, as formulações apresentaram um aumento no valor de consistência ao longo dos dias de armazenamento em todas as temperaturas, o que pode ser consequência de possíveis transformações polimórficas das gorduras (PEYRONEL et al., 2010), devido a continuação da cristalização (MOHOS, 2010), interações reforçadas com a rede de proteína e provável perda de água (SOUISSI et al., 2016).

Sob a temperatura de 10 °C, oito das formulações (2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 e 11) demonstraram-se espalháveis na primeira medição (2º dia de produção). No entanto, com o tempo houve uma mudança nesse panorama.

A formulação 2 se manteve plástica e espalhável até os 45 dias, sendo classificada como dura, satisfatoriamente espalhável ($< 9,81$) até o final dos 90 dias, conforme as faixas estabelecidas na Tabela 2.

Já a formulação 4, permaneceu na faixa de plasticidade até um mês de produção, 15 dias antes da formulação 2, devido a maior concentração de gelatina contida.

A formulação 6, inicialmente foi classificada como macia e já espalhável, mas até o final dos 90 dias de produção dobrou o valor de consistência permanecendo plástica e espalhável em temperatura de refrigeração.

Classifica-se a formulação 7 como dura mas satisfatoriamente espalhável até o 15º dia, entrando na faixa limítrofe de espalhabilidade até o final dos 90 dias. Nesta mesma faixa encontravam-se, logo no segundo dia de produção, as formulações 8, 9, 10 e 11 que ao final dos 90 dias mostraram valores de consistência maiores que a faixa limite ($> 14,71$ N) estabelecida por Haighton (1959).

A Figura 5 ilustra o comportamento de todas as formulações (a) e com exclusão das que obtiveram valores muito elevados (b) (F1, F3, F5 e controle), para melhor visualização do desempenho das amostras a 10 °C.

Analisando-se a Figura 5a verifica-se que, mesmo com diferentes concentrações de gelatina, as formulações 1 e 3 demonstraram curvas com comportamento semelhante ao longo dos 90 dias de armazenamento, expressando a forte atuação do conteúdo de gordura (75 %) nessas duas formulações a 10 °C. Já na Figura 5b é possível identificar certa tendência das curvas à estabilidade por volta

dos 45 dias de produção, exceto para a formulação 8 que aparenta uma continuidade leve ascendente, em razão da maior concentração da gelatina (1,2 %).

Figura 5 – Consistência *versus* tempo de armazenamento dos *spreads* de chocolate a 10 °C.

Diante do exposto, as formulações que podem ser consideradas adequadas para a aplicação de *spread* de chocolate no decorrer de todo o período avaliado, em temperatura de refrigeração, são as: F2, F4, F6 e F7. Trata-se de amostras que

representam os maiores níveis de substituição de gordura, sendo que a F7, apesar de ter 50 % de substituição, possui a menor concentração de gelatina desse estudo (0,3 %). Ou seja, tais formulações possuem os maiores teores de umidade (fase aquosa) do planejamento.

As formulações 9 e 10 apresentam essa adequação, a 10 °C, somente até o 30º dia de armazenamento. Apesar da amostra 11 ser uma das triplicatas (representando o ponto central do planejamento experimental) juntamente com a F9 e F10, ela exprimi uma variação maior, no entanto, por volta dos 45 dias de produção essa variação é minimizada das outras. Todas as formulações apresentaram seus valores de consistência maiores significativamente ($p < 0,05$) ao final de 90 dias.

Observando a Tabela 8 na temperatura de 20 °C, nota-se que a formulação controle exibiu-se plástica e espalhável até o 15º dia e dentro do limite de espalhabilidade até o 30º dia juntamente com a formulação 7. As formulações 1 e os pontos centrais (9, 10 e 11) ficaram no limite já no 15º dia, enquanto que a 8 e 3 ultrapassaram a faixa de espalhabilidade nesse mesmo período, não sendo indicadas para o uso como *spread*.

As formulações 2, 4 e 6 mostraram-se adequadas para aplicação em *spread* sob temperatura de 20 °C, no entanto após 15 dias de produção apresentaram pontos de bolor indicando deterioração. O mesmo foi verificado para a formulação 7 depois de 30 dias de armazenamento e as formulações 9, 10 e 11 após os 45 dias, inviabilizando a continuidade das análises. O prazo de validade de tais formulações foi coerente, tendo em vista que foram formuladas com maiores níveis de substituição de gordura e assim maiores teores de água.

Isso pode ser constatado nas formulações 7, 8, 9, 10 e 11, que embora tenham o mesmo nível de substituição (50 %), possuem concentrações de gelatina e água diferentes. Nesse sentido, a amostra com menor concentração de gelatina (0,3 %) possui maior quantidade de água (F7) e por isso, se conservou por um tempo menor (cerca de 30 dias), enquanto que a formulação 8 com maior concentração de gelatina (1,2 %) e menor quantidade de água manteve-se sem indicativos de contaminação no decorrer de todo o tempo de armazenamento.

Produtos sem adição de aditivos que possam impedir o desenvolvimento microbiano apresentam vida de prateleira inferior, como foi verificado por Gonçalves (2011) que desenvolveu formulações especiais de *fondue* de chocolate enriquecidas

com ingredientes funcionais e identificou que a formulação com maior teor de umidade quando armazenada a 20 °C apresentou os primeiros sinais de desenvolvimento microbiológico na quarta semana. A Figura 6 apresenta as curvas de consistência das amostras no período de armazenamento a 20 °C.

Figura 6 – Consistência *versus* tempo de armazenamento dos *spreads* de chocolate a 20 °C.

Analisando-se a Figura 6, pode se perceber que a temperatura de 20 °C contribuiu para geração de curvas de consistência com maior oscilação quando comparadas as curvas originadas a 10 °C. Como era previsto, quando os alimentos são resfriados, a mobilidade molecular diminui proporcionando uma maior estabilidade, ressaltando que moléculas maiores requerem temperaturas maiores para se movimentarem (REID, FENNEMA, 2010).

Comparando-se as formulações 8, 9, 10 e 11 nas duas temperaturas (10 e 20 °C), nota-se que apesar das amostras estarem armazenadas em temperatura superior, apresentaram valores de consistência maior ou muito próximos dos obtidos em refrigeração. Este mesmo comportamento ocorreu no estudo de Gonçalves (2011), onde se verificou que as amostras de *fondue* de chocolate com adição de colágeno hidrolisado comercial e extrato de aveia, logo na segunda semana de

armazenamento a 20 °C demonstraram-se mais consistentes que aquelas armazenadas a 10 °C.

Segundo Schrieber e Gareis (2007), o resfriamento rápido do produto tem influência sobre a força do gel da gelatina. A queda rápida de temperatura acarreta o aumento rápido da viscosidade e o sistema tem pouco tempo para alcançar o equilíbrio (caracterizado por uma ótima estrutura tridimensional) e esse mau alinhamento das moléculas de gelatina é responsável pela menor consistência na temperatura de refrigeração.

Como discutido anteriormente, algumas amostras sujeitas à temperatura de 30 °C, não possuíram consistência suficiente para serem realizadas as análises, como é o caso das formulações 2, 6, 7 e controle. Embora a formulação 4, representada por um dos maiores níveis de substituição, demonstrar-se macia e já espalhável na primeira medição, não resistiu à essas condições de temperatura, manifestando desenvolvimento microbiológico logo com 10 dias.

A formulação 8, também sofreu a influência da temperatura demonstrando-se apta ao consumo por maior tempo (60 dias de produção), exibindo deterioração cerca de 30 dias antes de quando mantida a 20 °C. A Figura 7 ilustra o comportamento das formulações frente à maior temperatura (30 °C).

Figura 7 – Consistência *versus* tempo de armazenamento dos *spreads* de chocolate a 30 °C.

Todas as formulações foram classificadas como plásticas e espalháveis durante todo o tempo de armazenamento estudado, exceto a amostra 3, que a partir dos 60 dias de produção mostrou uma consistência dura mas satisfatoriamente espalhável com contínuo aumento da consistência como pode ser verificado na Figura 7, chegando a ser classificada nos 90 dias de produção como muito dura, no limite de espalhabilidade.

Essa tendência observada pode ser em consequência da junção de maiores quantidades de gordura com maior concentração de gelatina, resultando em produto com elevada consistência, que necessita de maior tempo para a estabilização do sistema. A Tabela 9 exibe o tempo de vida de prateleira das formulações testadas.

Tabela 9 – Vida de prateleira das formulações de *spread* de chocolate segundo a deterioração microbiológica visual.

Formulações	Vida de Prateleira (dias)		
	Temperaturas		
	10 °C	20 °C	30 °C
1	acima de 210	acima de 210	acima de 210
2	acima de 210	17	8
3	acima de 210	acima de 210	acima de 210
4	acima de 210	19	10
5	acima de 210	acima de 210	acima de 210
6	acima de 210	17	7
7	acima de 210	32	16
8	acima de 210	153	70
9	acima de 210	48	32
10	acima de 210	50	33
11	acima de 210	52	38
Controle	acima de 210	acima de 210	acima de 210

De acordo com a Tabela 9, as formulações com maiores quantidades de gordura, nas temperaturas de 20 e 30 °C demonstraram maior resistência à deterioração microbiológica no decorrer do tempo analisado, devido, sobretudo a baixa atividade de água.

O fato das formulações terem se mantido estáveis durante longos períodos de tempo, levando em consideração suas peculiaridades em termos de fatores intrínsecos e mesmo não possuindo conservantes, evidencia que o processamento dos produtos foi realizado adequadamente respeitando-se as condições de temperatura e umidade específicas dos produtos à base de chocolate. Segundo Martin (1996) e Subramaniam (2011), os produtos a base de chocolate, adequadamente embalados para protegê-los contra a luz e suportarem os efeitos de elevada umidade relativa, possuem uma vida de prateleira que pode variar entre 9 e 12 meses em climas tropicais e temperados, respectivamente.

Conforme o serviço de atendimento ao consumidor (SAC) do grupo Ferrero®, o tempo de vida de prateleira do *spread* comercial Nutella® é de 12 meses sendo indicada a temperatura ambiente de até 25 °C para o armazenamento.

Na temperatura de 10 °C, todas as formulações apresentaram cerca de 7 meses de vida de prateleira, conforme o acompanhamento até o presente momento, podendo ainda alcançar os meses indicados por Martin (1996) e Subramaniam (2011), principalmente para as formulações com maiores quantidades de gordura (Controle, F1, F2, F3 e F5), já que nas temperaturas superiores de 20 e 30 °C também alcançaram 210 dias o que equivale a 7 meses.

As formulações F2, F4 e F6 foram estáveis por um período semelhante, tanto na temperatura de 20 °C quanto 30 °C, sendo que na maior temperatura o tempo de vida útil caiu quase que pela metade. Tratam-se das formulações com os menores tempos de vida de prateleira do planejamento nessas temperaturas, em consequência da maior atividade de água.

Na temperatura de refrigeração, durante o período de armazenamento acompanhado (7 meses) as amostras não apresentaram alterações quanto a textura, cor e sabor que pudessem ser perceptíveis sensorialmente. No entanto, as formulações 1, 3, 5 e controle a 20 °C, por volta dos 4 meses de produção, exibiram textura granulosa. A formulação 3 apresentou o mesmo fenômeno a 30 °C após 3 meses de fabricação.

De acordo com Hartel (2002), a textura granulosa em produtos de chocolate é decorrente de transformações polimórficas durante o período de estocagem. Sob condições em que as moléculas de gordura tenham mobilidade suficiente, elas podem recristalizar para uma forma polimórfica mais estável e este rearranjo é

frequentemente acompanhado pela formação de cristais visíveis na superfície do produto.

Essa transformação refere-se à transição polimórfica da forma β' para a forma mais estável β durante a estocagem e isto leva a formação de cristais largos que são percebidos como “granuloso” ou “arenoso” na boca (BUND, HARTEL, 2010. MCCLEMENTS, DECKER, 2010).

A fase tipo β' é funcional em produtos a base de gordura devido seus pequenos tamanhos de cristais e sua morfologia no formato de agulhas finas. Este relativamente pequeno cristal resulta em boa plasticidade e proporciona maciez adequada aos produtos (GARTI, YANO, 2001).

Na manteiga de cacau presente no chocolate das formulações, embora a forma estável V eventualmente converter-se para a forma maior VI, também denominada estável, esta conversão ocorre no decorrer de um longo período de tempo a 20 °C (SUBRAMANIAM, 2011), como pode ser verificado neste estudo.

Em *spreads*, os agregados de cristais β se desenvolvem dentro de 2 a 3 semanas de armazenamento que originam produtos finais com textura granulosa e sensação de areia na boca. Este evento pode ser retardado ou completamente eliminado pela adição de emulsificantes (FAERGEMAND, KROG, 2003). A recristalização pode ser frequentemente controlada pelo controle das condições de estocagem como temperaturas e umidade relativa (BUND, HARTEL, 2010).

Subramaniam (2011) destaca ainda, que as maiores alterações deteriorativas dos produtos de chocolate são *fat bloom*, *sugar bloom* e ainda secagem na superfície do produto. Vários estudos reportam os efeitos da temperatura de estocagem sobre a formação de *bloom* em produtos de chocolate, sendo que alguns denotam que o *fat bloom* visual ocorre em temperaturas de armazenamento mais elevadas, enquanto que em temperaturas de armazenamento mais baixas isso não ocorre (DEPYPERE et al., 2009).

4.3.3 Análise sensorial

Participaram desta pesquisa 90 provadores, dos quais integraram 59 % do sexo feminino e 41 % do sexo masculino. A Figura 8 ilustra as amostras de *spread*

de chocolate, com diferentes níveis de substituição de gordura (0 %, 50 %, 75 % e 100 %), servidas aos provadores.

Figura 8 – Amostras das formulações de *spread* de chocolate fornecidas na análise sensorial.

A Tabela 10 expõe os resultados médios sensoriais obtidos no teste para as amostras de *spread* de chocolate com diferentes conteúdos de gordura e concentração de gelatina padronizada (0,8 %).

Tabela 10 – Avaliação sensorial a 20 °C dos *spreads* de chocolate formulados.

Atributos sensoriais	Níveis de substituição de gordura			
	0 %	50 %	75 %	100 %
Cor	6,41 ± 1,91 ^a	7,52 ± 1,45 ^b	8,13 ± 1,05 ^c	7,77 ± 1,39 ^{bc}
Aroma	6,58 ± 1,46 ^a	7,10 ± 1,22 ^a	7,70 ± 0,99 ^b	6,65 ± 1,74 ^a
Textura	5,62 ± 1,41 ^a	6,57 ± 1,59 ^b	7,81 ± 0,93 ^c	6,33 ± 1,79 ^b
Sabor	5,71 ± 1,27 ^a	7,04 ± 1,17 ^b	7,95 ± 0,89 ^c	6,08 ± 1,66 ^a
Aspecto geral	6,01 ± 1,16 ^a	6,89 ± 1,40 ^b	7,79 ± 1,00 ^c	6,35 ± 1,57 ^a

*Média ± desvio padrão

Obs: Letras diferentes na mesma linha representam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas por meio do teste de Tukey.

Analisando-se a Tabela 10, constata-se a existência de diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os atributos sensoriais das formulações. Esta constatação também foi indicada por 100 % dos provadores nas fichas de análise sensorial. A cor de *spreads* de chocolate com reduzido teor de gordura é mais escura que os com conteúdo total de gordura (Hadradev et al., 2014) e essa diferença foi observada pelos provadores.

Segundo as notas obtidas para esse parâmetro, que variaram de 6,41 a 8,13 verifica-se que houve uma maior preferência pela coloração mais escura dos produtos, destacando-se a formulação com 75 % de substituição representada pela nota correspondente a “gostei muito”.

Kumar (2014) obteve pontuações médias para cor e aparência de *spreads* de chocolate de 6,4 a 8,6 com o valor mínimo para o experimento com maior quantidade de gordura sólida, assim como o verificado nesta pesquisa na formulação com 0 % de substituição de gordura. O mesmo autor constatou que a maior média foi para a formulação contendo uma relação de menor gordura sólida (10 %) com maior teor de óleo (30 %).

Embora o aroma não tenha sido um fator alterado nas formulações dos *spreads* de chocolate, houve diferença significativa na percepção do mesmo para a formulação com 75 % de substituição de gordura como pode ser visualizado na Tabela 10.

A estrutura da matriz do alimento pode afetar a liberação e percepção do aroma nas emulsões (BAYARR, COSTELL, 2009). Esses efeitos sobre os aspectos das propriedades sensoriais do chocolate podem ser de forma qualitativa (sabor/aroma), quantitativa (intensidade) e temporal (isto é, liberação de aroma) (GUINARD, MAZZUCHELLI, 1999). Segundo Bayarr e Costell (2009), as diferenças na estrutura do produto podem alterar a afinidade dos compostos voláteis pela matriz do alimento devido à modificação da natureza e número de sítios de ligação que estão disponíveis para os componentes responsáveis pelo aroma.

No entanto, de acordo com Afoakwa (2010) a maioria dos estudos sobre liberação e percepção de flavor durante o consumo tem sido realizados em sistemas simples e relativamente pouco se conhece sobre sistemas complexos como produtos de chocolate.

Em relação aos resultados apresentados para o atributo aroma, verificou-se que a maior média obtida foi para a formulação com 75 % de substituição de gordura considerada significativamente diferente em termos de aceitabilidade das demais formulações, que por sua vez não diferiram entre si. No estudo de Hadnadev et al. (2014), as formulações com nível reduzido de gordura e incorporação de gel de maltodextrina também apresentaram aroma mais expressivos que a formulação controle.

Em produtos *low-fat* microestruturados com géis, como a gelatina neste estudo, a taxa de liberação do aroma pode ser reduzida. Bayarri e Costell (2009) ressaltaram que neste tipo de microestrutura, as gotículas de óleo são envolvidas na fase de gel, criando uma camada de difusão estática ao redor das gotículas de gordura que podem reduzir a taxa de liberação de aroma e esta estruturação pode ser eficaz em equilibrar o perfil de sabor e aroma em produtos *low-fat*.

A formulação com total conteúdo de gordura (0 %) apresentou a menor nota média para o atributo textura (5,62) próxima de “gostei ligeiramente”, seguida pela formulação com 100 % e 50 % de substituição de gordura, com valores de 6,33 e 6,57 %, respectivamente. As formulações 0 % e 50 % foram consideradas mais consistentes segundo os provadores e a 100 % pouco consistente.

De fato, as primeiras formulações foram caracterizadas pelos maiores valores de consistência em teste instrumental entre as quatro testadas sensorialmente, sendo que a 100 % caracterizou-se pela menor consistência. Nesse sentido, observou-se que a formulação com 75 % de substituição de gordura foi definida como a melhor consistência e textura em comparação com as demais formulações.

Apesar das formulações conterem a mesma quantidade de açúcar, o nível de sabor doce percebido pelos provadores aumentou com o teor de gordura, de acordo com as observações listadas nas fichas sensoriais. Este mesmo fato foi verificado em chocolate ao leite, iogurtes e sorvetes (GUINARD, MAZZUCHELLI, 1999). Tal efeito aditivo do açúcar e gordura pode ter contribuído para as diferenças significativas nas notas atribuídas no sabor das formulações.

Tanto para o parâmetro sabor quanto para aspecto geral, as formulações extremas (0 % e 100 %) apresentaram as menores médias não demonstrando diferença significativa entre si em termos de aceitabilidade dos provadores. A formulação com 100 % de substituição de gordura foi citada como “muito amarga” em algumas observações dos provadores e isso pode ser devido ao predomínio do sabor do chocolate amargo em decorrência da total substituição da gordura.

Torres-Moreno et al. (2012) verificaram que pessoas que não eram consumidores habituais de chocolate amargo, em geral deram as menores notas na avaliação sensorial, com valores variando de 3,3 a 5,4 (desgostei ligeiramente a indiferente), podendo afetar a avaliação total de aceitabilidade do produto.

A Figura 9 representa graficamente o perfil hedônico das médias obtidas na análise sensorial para melhor visualização. O ponto zero da escala está localizado

no centro da figura em ordem crescente para o perímetro da circunferência, sendo que as notas médias estão localizadas no eixo correspondente de cada atributo para sua respectiva amostra delineando o perfil sensorial pela ligação dos pontos.

Figura 9 – Distribuição em escala hedônica das médias obtidas dos atributos sensoriais das formulações de *spread* de chocolate.

Percebe-se a distinção entre as amostras pela localização bem delimitada de cada amostra no gráfico (Figura 9). Exceto para o parâmetro cor, a formulação com 75 % de substituição de gordura comportou-se de forma superior as demais em todos os demais atributos. No aspecto geral, cerca de 21 % dos provadores indicaram que gostaram regularmente desta amostra, enquanto que 42 % gostaram muito e 25 % gostaram muitíssimo, totalizando 88 % de aprovação total, que se somados às notas de “gostei ligeiramente” alcançou-se quase 100 % de aceitabilidade.

A formulação com 50 % de substituição de gordura demonstrou boa aceitabilidade, principalmente para os atributos cor, aroma e sabor. No quesito sabor, cerca de 31,6 % dos provadores indicaram a escala 7 correspondente a “gostei regularmente”, que se somadas as maiores escalas indicadas (8 e 9) chegou

a 64,6 % das notas e unindo-se as indicações da escala 6, representou 93 % da aceitabilidade dos provadores.

A formulação com 100 % de substituição destacou-se principalmente pela coloração, seguida pelo aroma, aspecto geral e textura. A menor nota foi obtida no atributo sabor, que pode ter sido influenciado pelo acentuado sabor amargo do chocolate em virtude da maior substituição de gordura com acréscimo da fase aquosa. Sugere-se para atingir a aceitação de um público maior, a utilização de chocolate meio amargo nesta formulação.

Já a amostra com conteúdo total de gordura, apesar de ter demonstrado as menores médias sensoriais para todos os atributos, de acordo com o aspecto geral avaliado, cerca de 40 % provadores a avaliaram como “gostei ligeiramente”, 16 % como “gostei regularmente”, 9 % como “gostei muito” e 3 % como “gostei muitíssimo”, totalizando 68 % das indicações consideradas positivas.

A Figura 10 destaca a intenção de compra das amostras disponibilizadas na análise sensorial.

Figura 10 – Frequência dos valores atribuídos em intenção de compra das formulações de *spread* de chocolate.

Como pode ser observado, cerca de 38 % e 32,9 % dos julgadores assinalaram que certamente comprariam e provavelmente comprariam respectivamente a formulação de 75 % de substituição de gordura, sendo esta caracterizada como a amostra com maior intenção de compra entre as quatro testadas.

A amostra com 50 % de substituição de gordura obteve o segundo maior percentual de intenção de compra na escala de “certamente compraria” com 19 % dos apontamentos, seguida pelas amostras de 100 % e 0 % de substituição com 12,7 % e 3,8 % respectivamente.

Tratam-se de resultados de convicção de compra, porém de uma forma geral, para as quatro formulações (0 %, 50 %, 75 % e 100 %) cerca de 49 %, 71 %, 97 % e 62 % dos julgadores poderiam vir a comprar os produtos somando-se os apontamentos de certamente compraria, provavelmente compraria e tenho dúvidas de compraria.

A aparência geral das formulações com maiores índices de aprovação e intenção de compra é ilustrada na Figura 11.

Figura 11 – Aparência geral das formulações de *spread* de chocolate com 50 % (a) e 75 % de substituição de gordura (b).

De uma forma geral, para se ampliar os índices de aprovação de compra das formulações, deve-se aprimorar as propriedades sensoriais das mesmas, principalmente nos atributos em que possuíram as menores médias.

De modo que o foco desta pesquisa é o desenvolvimento de *spread* com reduzido teor de gordura por incorporação de gelatina, sugere-se a otimização do atributo textura da formulação com 50 % de substituição, por meio de adição de menor concentração de gelatina ($< 0,8\%$), já que tal parâmetro apresentou a menor média pelos julgadores.

E para a formulação com maior nível de substituição (100 %) de gordura, propõe-se na formulação o emprego de chocolate meio amargo atenuando-se o sabor a fim de atingir o maior número de público e o ajuste da textura com maior concentração de gelatina ($> 0,8\%$).

4.3.4 Análise de custos das formulações

Para a comparação da viabilidade das formulações, levou-se em consideração os preços dos ingredientes utilizados no processo de produção conforme mostra a Tabela 11.

Observa-se que os itens de maior custo da formulação controle são o chocolate amargo (R\$ 27,50) e a gordura vegetal (R\$ 50,17).

O chocolate amargo contribuiu com quase 40 % do custo da formulação controle, possuindo uma composição complexa com elementos de alto valor agregado como massa de cacau, açúcar, manteiga de cacau, emulsificantes: lecitina de soja e poliglicerol polirricinoleato, além de aromatizante (HARALD, 2015).

Já a gordura vegetal, o componente de custo mais elevado, foi responsável por mais da metade (54 %) do custo total na formulação controle. Trata-se de um ingrediente elaborado com finalidades específicas, que segundo a Cargill (2015) deve proporcionar a estrutura adequada em aplicações como: recheios, pães e bolos.

Como não há comercialização de gelatina de pés de frango atualmente, utilizou-se como referência os valores de mercado das gelatinas tradicionais, já que no estudo de Almeida (2012) foi abordado os custos de extração de gelatina de pés de frango revelando que os preços finais de venda seriam muito próximos das gelatinas comerciais.

Tabela 11 – Custos das formulações de *spread* de chocolate com adição de gelatina de subproduto de frango.

Ingredientes (%)	Formulações R\$/100 g										
	R\$/kg*	Controle	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Chocolate amargo	27,50	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Gordura vegetal		1,43	1,07	0,36	1,07	0,36	1,21	0,00	0,71	0,71	0,71
Gordura vegetal (creme)*	50,17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Xarope de glicose	7,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Açúcar refinado	2,19	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Água	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Açúcar invertido	5,90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Leite em pó desnatado	15,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Lecitina de soja	15,90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Água dissolução gelatina	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gelatina	30,00	-	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02
Total R\$/100 g		2,65	2,31	1,59	2,32	1,61	2,46	1,25	1,94	1,97	1,96
Total R\$/kg		26,49	23,08	15,94	23,23	16,09	24,59	12,46	19,45	19,71	19,60

*Valores obtidos em 01/11/2015

Apesar de ser um dos maiores valores expostos na Tabela 11, utiliza-se a gelatina em pequenas quantidades no processamento, não acarretando um aumento de custo relevante.

O custo total da formulação controle foi R\$ 26,49/kg, sendo o maior custo entre os produtos. As formulações 2 e 4, com 75 % de substituição de gordura, apresentaram custos de R\$15,94 e R\$16,09, respectivamente, sendo esta pequena diferença entre as duas decorrente da maior concentração de gelatina na formulação 4. Nestas amostras, atingiu-se uma redução de custo expressiva de cerca de 39,83 % (F2) e 39,26 % (F4).

O menor valor foi exibido pela formulação 6 (R\$ 12,46/kg), isto representa uma redução de custo de quase 53 % em relação a controle, sendo uma importante alternativa industrial. Mesmo as formulações com menores níveis de substituições também demonstraram reduções de custos interessantes como 12,90 % e 12,33 % para as formulações 1 e 3 respectivamente.

Nesse sentido, percebe-se que a substituição da gordura vegetal por soluções de gelatina contribuiu para o alcance de *spreads* de chocolate teoricamente mais rentáveis e vantajosos do ponto de vista industrial.

4.4 CONCLUSÕES

Os *spreads* de chocolate com adição de gelatina de frango foram desenvolvidos por meio de planejamento experimental, observando-se que a consistência foi controlada, dependente da temperatura, principalmente pelas propriedades da fase de gelatina utilizada na substituição de gordura e em menor intensidade, porém significativa, pela concentração de gelatina nas formulações.

Em temperatura de refrigeração as formulações com maiores quantidades de gordura comportaram-se como um sólido, adquirindo plasticidade em temperaturas maiores. No entanto as formulações com 50 e 75 % de substituição de gordura com 0,5 a 1,0 % de gelatina apresentaram adequada espalhabilidade para um produto tipo *spread* a 10 °C. Em temperatura de 20 °C todas as formulações foram consideradas plásticas e espalháveis, já em 30 °C as formulações com maiores níveis de substituição e baixas concentrações de gelatina demonstraram comportamento quase fluido, sendo muito macias e de consistência muito baixa.

O acompanhamento da vida de prateleira por meio da análise de textura revelou que em geral todas as amostras apresentaram um aumento na consistência ao longo de 90 dias de armazenamento em todas as temperaturas. Sendo que no decorrer do tempo algumas formulações ultrapassaram o limite de espalhabilidade.

Em temperatura de 10 °C as formulações consideradas adequadas para a aplicação de *spread* de chocolate ao longo de todo o período avaliado, são as com maiores níveis de substituição de gordura (F2, F4, F6 e F7). Estas mesmas formulações a 20 °C foram plásticas e espalháveis e apresentaram menor tempo de vida de prateleira devido ao maior conteúdo de umidade. Todas as formulações foram classificadas como plásticas e espalháveis a 30 °C, exceto a amostra 3, que no final dos 90 dias de produção chegou ao limite de espalhabilidade.

Portanto, segundo o nível de espalhabilidade, para consumo tipo *spread* até os 30 dias de fabricação, sob temperatura de 20 °C, as formulações 7 e controle são

adequadas para consumo até 15 dias, praticamente todas podem ser empregadas, exceto as formulações 3, 5 e 8.

A 30 °C, as formulações que puderam ser analisadas foram classificadas como plásticas e espalháveis durante 3 meses, exceto a formulação 3. Nesta temperatura o desenvolvimento microbiológico foi propiciado nas formulações com maiores níveis de substituição de gordura reduzindo a vida de prateleira.

Contudo, as amostras que não apresentaram o comportamento de espalhabilidade ideais para um *spread* podem ter outra destinação como recheios de confeitaria entre outros produtos a base de chocolate.

As pontuações de aceitação atribuídas pelos provadores na análise sensorial apresentaram uma tendência de elevação até a formulação com 75 % de substituição de gordura, seguido por uma redução dos valores para a amostra com 100 %. Dessa forma, observa-se que a elevada percentagem de substituição de gordura provocou alterações nos atributos sensoriais capazes de limitar sua aceitabilidade. Os *spreads* de chocolate com 75 % seguido pelo de 50 % de substituição de gordura e 0,8 % de concentração de gelatina foram caracterizados pela melhor aceitabilidade com propriedades sensoriais de potencial mercadológico.

Os resultados da análise de custo indicaram que o desenvolvimento de *spreads* de chocolate com reduzido teor de gordura utilizando-se gelatina de frango contribuiu para a obtenção de produtos teoricamente mais rentáveis e vantajosos do ponto de vista industrial, já que foi possível uma redução de custo de 7 % (F5) a 53 % (F6) em relação a formulação controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P.F. **Análise da qualidade de gelatina obtida de tarsos de frango e aspectos envolvidos no processo produtivo**. São Paulo, 2012. 121p. Dissertação de Mestrado – Universidade Nove de Julho.

ALMEIDA, P.F.; ARAÚJO, M.G.O.; SANTANA, J.C.C. Collagen extraction from chicken feet for jelly production. **Acta Scientiarum Technology**, v.34, p.345-351, 2012.

ALMEIDA, P.F.; CALARGE, F.A.; SANTANA, J.C.C. Production of a product similar to gelatin from chicken feet collagen. **Engenharia Agrícola**, v.33, p.1289-1300, 2013.

ALMEIDA, P.F.; LANNES, S.C.S. Extraction and physicochemical characterization of gelatin from chicken by-product. **Journal of Food Process Engineering**, v.36, p.824-833, 2013.

AFOAKWA, E.O. **Chocolate Science and Technology**. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing, 2010. 275p.

BAYARRI, S.; COSTELL, E. Optimising the flavour of low-fat foods. In: MCCLEMENTS, J.; DECKER, E.A. **Designing functional foods: measuring and controlling food structure breakdown and nutrient absorption**. New York: Woodhead Publishing, p.431-447, 2009.

BOT, A.; FLOTER, E.; PELAN, L.; PELAN, E. Controlling the texture of *spreads*. In: MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food: semi-solid foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. p.350-370. (Woodhead Publishing in food science and technology).

BOT, A.; FLOTER, E.; LAMMERS, J.G.; PELAN, E.G. The texture and microstructure of *spreads*. In: MCCLEMENTS, D.J., eds. **Understanding and controlling the microstructure of complex foods**. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. p.575-595. (Woodhead Publishing in food science, technology and nutrition).

BUND, R.K.; HARTEL, R.W. Crystallization in foods and food quality deterioration. In: SKIBSTED, L.H.; RISBO, J.; ANDERSEN, M.L., eds. **Chemical deterioration and physical instability of food and beverages**. Oxford: Woodhead Publishing; Boca Raton: CRC Press, 2010. p.186-213. (Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition, n.186).

CARDELLO, A.V.; SCHUTZ, H.G. Food appropriateness measures as an adjunct to consumer food preferences/acceptability. **Food Quality and Preference**, v.7, n.3/4, p.239-249, 1996.

CARGILL. **Gorduras vegetais**. Disponível em: www.cargillfoods.com. Acesso em: 14 out. 2015.

CHENG, L.H.; LIM, B.L.; CHOW, K.H.; CHONG, S.M.; CHANG, Y.C. Using fish gelatin and pectin to make a low-fat *spread*. **Food Hydrocolloids**, v.22, p.1637–1640, 2008.

DAUBERT, C.R.; TKACHUK, J.A.; TRUONG, V.D. Quantitative measurement of food *spreadability* using the vane method. **Journal of Texture Studies**, v.29, p.427-435, 1998.

DEMAN, J.M. Consistency of fats: a review. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.60, n.1, p.82-87, 1983.

DEPYPERE, F.; CLERCQ, N.; SEGERS, M.; LEWILLE, B.; DEWETTINCK, K. Triacylglycerol migration and bloom in filled chocolates: Effects of low-temperature storage. **Europe Journal Lipid Science Technology**, v.111, p.280–289, 2009.

DI MONACO, R.; GIANCONE, T.; CAVELLA, S.; MAIS, P. Predicting texture attributes from microstructural, rheological and thermal properties of hazelnut *spreads*. **Journal of Texture Studies**, v.39, p.460-479, 2008.

DICKINSON, E. Colloidal systems in foods containing droplets and bubbles. In: McCLENTS, D.J., eds. **Understanding and controlling the microstructure of complex foods**. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. p.154-184. (Woodhead Publishing in food science, technology and nutrition).

EL-WASEIF, M.A.; HASHEM, H.A.; EL-DAYEM, H.H.A. Using flaxseed oil to prepare therapeutical fat *spreads*. **Annals of Agricultural Science**, v.58, n.1, p.5-11, 2013.

FAERGEMAND, M.; KROG, N. Using emulsifiers to improve food texture. In: MCKENNA, B.M., ed. **Texture in food: semi-solid foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. p.216-248. (Woodhead Publishing in food science and technology).

FERREIRA, M.F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango: pés**. Campo Mourão: Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. 48p. [Trabalho de Conclusão de Curso].

GARTI, N.; YANO, J. The roles of emulsifiers in fat crystallization. In: GARTI, N.; SATO, K. **Crystallization process in fats and lipids systems**. New York: Marcel Dekker, 2001. p.211-250.

GONÇALVES, E.V. **Desenvolvimento e caracterização reológica de formulações especiais de fondue de chocolate**. São Paulo, 2011. 90p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

GUINARD, J.-X.; MAZZUCHELLI, R. Effects of sugar and fat on the sensory properties of milk chocolate: descriptive analysis and instrumental measurements. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v.79, p.1331-1339, 1999.

HADNADEV, M.; DOKIC, L.; HADNADEV, D.T.; PAJIN, B.; KRSTONOSIC, V. The impact of maltodextrin-based fat mimetics on rheological and textural characteristics of edible vegetable fat. **Journal of Texture Studies**, v.42, p.404-411, 2011.

HADNADEV, M.; HADNADEV, D.T.; DOKIC, L.; PAJIN, B.; TORBICA, A.; SARIC, L.; IKONIC, P. Physical and sensory aspects of maltodextrin gel addition used as fat replacers in confectionery filling systems. **LWT - Food Science and Technology**, v.59, n.1, p.495-503, 2014.

HAIGHTON, A.J. The measurement of the hardness of margarine and fats with cone penetrometers. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.36, n.8, p.345-348, 1959.

HAIR, J.F.; BLACK, B.; BABIN, B.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. São Paulo: Artmed, 2009. 686p.

HARALD. **Produtos**. Disponível em: www.harald.com.br. Acesso em: 10 out. 2015.

HARES JR., S.J. **Funcionalidade de gorduras na formulação de creme de amendoim**. São Paulo, 2013. 98p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

HARTEL, R.W. Crystallization in foods. In: MYERSON, A. **Handbook of industrial crystallization**. 2.ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2002. p.287-305.

HATTREM, M.N.; DRAGET, K.I. Gelatins: physicochemical properties, source dependence and applications. In: WILLIAMS, P.A.; PHILLIPS, G.O., eds. **Gums and stabilisers for the food industry 17: the changing face of food manufacture: the role of hydrocolloids**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014. p.19-27. (Special publication (Royal Society of Chemistry (Great Britain)), n.346).

HEERTJE, I. Review structure and function of food products: a review. **Food structure**, v.1, p.3-23, 2014.

JEYARANI, T.; BANARJEE, T.; RAVI, R.; GOPALA KRISHNA, A.G. Omega-3 fatty acids enriched chocolate *spreads* using soybean and coconut oils. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.2, p.1082-1088, 2015.

KILCAST, D.; SUBRAMANIAM, P. **The stability and shelf-life of food**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2000. p.8.

KUMAR, P. Process optimization for the preparation of chocolate *spread* incorporating whey protein concentrate, cocoa powder, olive oil and butterfat using response surface methodology. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.6, p.745-757, 2014.

LANNES, S.C.S. **Estudo das propriedades físico-químicas e de textura de chocolates**. São Paulo, 1997. 175p. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. 2.ed. New York: Springer, 2010. 587p.

LEE, J.-H.; LEE, J.; SONG, K.B. Development of a chicken feet protein film containing essential oils. **Food Hydrocolloids**, v.46, p.208-215, 2015.

MANZOCCO, L.; CALLIGARIS, S.; CAMERIN, M.; PIZZALE, L.; NICOLI, M.C. Prediction of firmness and physical stability of low-fat chocolate *spreads*. **Journal of Food Engineering**, v.126, p.120-125, 2014.

MARANGONI, A.G.; NARINE, S.S. **Physical properties of lipids**. New York: Marcel Dekker, 2002. 589p.

MARTIN, A.V.P. Chocolate confectionery. In: MAN, C.M.D.; JONES, A.A. **Shelf life evaluation of foods**. New York: Chapman & Hall, 1996. p.216-234.

MCCLEMENTS, D.J. Role of hydrocolloids as emulsifiers in foods. In: WILLIAMS, P.A.; PHILLIPS, G.O. **Gums and stabilisers for the food industry 12**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. p.381-393. (Special publication, n.294).

MCCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. Lipídeos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.131-178.

MOHOS, F. **Confectionery and chocolate engineering**: principles and applications. Chichester: Wiley-Blackwell Publishing, 2010. 668p.

NATTRESS, L.A.; ZIEGLER, G.R.; HOLLENDER, R.; PETERSON, D.G. Influence of hazelnut paste on the sensory properties and shelf life of dark chocolate. **Journal of Sensory Studies**, v.19, p.133-148, 2004.

NICOLI, M.C. An introduction to food shelf life: definitions, basic concepts and regulatory aspects. In: NICOLI, M.C. **Shelf life assessment of food**. New York: CRC Press, 2012. p.1-16.

NIK AISYAH, N.M.; NURUL, H.; AZHAR, M.E.; FAZILAH, A. Poultry as an alternative source of gelatin. **Health and the Environment Journal**, v.5, n.1, p.37-49, 2014.

NORBERG, S.; SWEDEN, A. Chocolate and confectionery fats. In: GUNSTONE, F.D. **Modifying lipids for use in food**. Cambridge: Woodhead Publishing; Boca Raton: CRC Press, 2006. 500p.

PEYRONEL, M.F.; ACEVEDO, N.C.; MARANGONI, A.G. Structural and mechanical properties of fats and their implications for food quality. In: SKIBSTED, L.H.; RISBO, J.; ANDERSEN, M.L., eds. **Chemical deterioration and physical instability of food and beverages**. Oxford: Woodhead Publishing; Boca Raton: CRC Press, 2010. p.216-254. (Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition, n.186).

RACOLTA, E.; MUSTE, S.; MURESAN, A.E.; MURESAN, C.; BOTA, M.; MURESAN, V. Characterization of confectionery *spreadable* creams base on roasted sunflower kernels and cocoa or carob powder. **Bulletin UASVM Food Science em Technology**, v.71, n.1, p.62-67, 2014.

RACT, J.N.R. **Desenvolvimento de lipídios estruturados obtidos a partir de gordura do leite, óleo de girassol e ésteres de fitosteróis para aplicação em spreads**. São Paulo, 2006. 167p. Tese de Doutorado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

REID, D.S.; FENNEMA, O.R. Água e gelo. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.26-72.

ROBINSON, D.J.; RAJAH, K.K. *Spreadable products*. In: RAJAH, K.K., ed. **Fats in food technology**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2002. p.192. (Sheffield food technology).

ROLLER, S.; JONES, S.A. **Handbook of fat replacers**. Boca Raton: CRC Press; Weimar: Chips, 1996. 325p.

SAHIN, S.; SUMNU, S.G. **Physical properties of foods**. New York: Springer, 2006. 257p.

SARBON, N.M.; BADII, F.; HOWELL, N.K. Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. **Food Hydrocolloids**, v.30, p.143-151, 2013.

SINGH, R.P. Scientific principles of shelf life evaluation. In: MAN, C.M.D.; JONES, A.A. **Shelf life evaluation of foods**. New York: Chapman & Hall, 1996. p.3-24.

SIKORSKI, Z.E. The role of proteins in foods. In: SIKORSKI, Z.E. **Chemical and functional properties of food components**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p.130-172.

SILVA, R.C.; GIOIELLI, L.A. Propriedades físicas de lipídios estruturados obtidos a partir de banha e óleo de soja. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.42, n.2, p.223-235, 2006.

SCHRIEBER, R.; GAREIS, H. **Gelatine handbook**. Weinheim: Wiley-VCH GmbH, 2007. 345p.

SHEWFELT, R.L.; ORTA-RAMIREZ, A.; CLARKE, A.D. **Introducing food science**. 2.ed. New York: CRC Press, 2016. p.139.

SHAMSUDIN, S.Y. **Sugar-free chocolate spread**. Malaysian Palm Oil Board, n.542, 2013, (MPOG Information series). Disponível em: <http://www.mpob.gov.my/en/technologies-for-commercialization/list-of-technologies-2013>. Acesso em 16 out. 2015.

SHAMSUDIN, S.Y. **Trans-free palm-based chocolate spread**. Malaysian Palm Oil Board, n.251, 2004, (MPOG Information series). Disponível em: <http://www.mpob.gov.my/en/technologies-for-commercialization/previous-technologies/860-tot-2004>. Acesso em 15 jul. 2015.

SHAMSUDIN, S.Y. **Low-fat chocolate spread based on palm oil**. Kuala Lumpur: Malaysian Palm Oil Board, 2005. p.27-30 (Palm Oil Developments, 45). Disponível em: http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/palmoilis.mpob.gov.my/ContentPages/24261290.pdf. Acesso em: 15 jul. 2015.

SOUISSI, N.; JRIDI, M.; NASRI, R.; SLAMA, R.B.; NJEH, M.; NASRI, M. Effects of the edible cuttlefish gelatina on textural, sensorial and physicochemical quality of octopus sausage. **LWT – Food Science and Technology**, v.65, p.18-24, 2016.

STEELE, R., ed. **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Boca Raton: CRC Press; Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. 311p. (Woodhead Publishing in food science and technology).

STONE, H.; BLEIBAUM, R.N.; THOMAS, H.A. **Sensory evaluation practices**. 4.ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. 438p.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1993. 338p.

SUBRAMANIAM, P. The stability and shelf life of confectionary products. In: KILCAST, D.; SUBRAMANIAM, P. **Food and beverage stability and shelf life**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. p.716-740. (Food science, technology and nutrition, n.210).

TARTÉ, R.; AMUNDSON, C.M. Protein interactions in muscle foods. In: GAONKAR, A.G. **Ingredient interactions: effects on food quality**. 2.ed. New York: CRC Press, 2006. p.257.

TORRES-MORENO, M.; TARREGA, A.; COSTELL, E.; BLANCH, C. Dark chocolate acceptability: influence of cocoa origin and processing conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p.404-411, 2012.

WIDYASARI, R.; RAWDKUEN, S. Extraction and characterization of gelatin from chicken feet by acid and ultrasound assisted extraction. **Food and Applied Bioscience Journal**, v.2, n.1, p.85-97, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processo de extração de gelatina de diferentes partes dos pés de frango identificou-se que as peles e tendões proporcionaram a obtenção de gelatina com características notáveis em termos de rendimento, menor conteúdo de resíduos minerais, elevada força de gel (*Bloom*) e alto valor proteico, além de parâmetros de textura adequados para aplicação como ingrediente na tecnologia de alimentos.

A adição de gelatina na formulação de *spread* de chocolate propiciou a obtenção de produtos diferenciados na ampla faixa de estudo do planejamento experimental, devido à influência significativa dos níveis de substituição de gordura e concentração de gelatina sobre as propriedades físico-químicas das formulações. O valor nutricional das amostras foi coerente com as fórmulas comerciais, sendo que a gelatina contribuiu significativamente para a elevação do conteúdo proteico das formulações. Além disso, as substituições de gordura possibilitaram a redução considerável em termos de calorias dos produtos.

Baseado nos resultados de espalhabilidade dos *spreads* de chocolate constatou-se que na temperatura de refrigeração (10 °C) as formulações com os maiores níveis de substituição de gordura apresentaram características mais apropriadas, enquanto que a 20 °C todas as formulações demonstraram esse mesmo comportamento, no entanto com o acompanhamento da vida de prateleira observou-se alterações nas faixas de plasticidade das formulações.

As formulações demonstraram boa estabilidade durante o acompanhamento da vida de prateleira e como era de se esperar, sob maiores temperaturas as amostras com maior teor de umidade manifestaram menor tempo de vida útil em termos de alterações microbiológicas como o aparecimento de pontos de bolor na superfície.

A análise sensorial foi uma ferramenta fundamental para averiguar a percepção dos consumidores em potencial. Os provadores perceberam diferenças significativas entre as amostras e os resultados revelaram que as formulações com 75 % e 50 % de substituição e concentração de gelatina de 0,8 % alcançaram maior aceitabilidade e intenções de compra. Tais amostras foram também responsáveis por expressiva redução de custo da formulação.

Diante do exposto, reconhece-se a viabilidade da aplicação da gelatina obtida de pés de frango em *spread* de chocolate, como substituto parcial de gordura com propriedades físico-químicas e sensoriais satisfatórias e potencial comercialização.

ANEXOS

ANEXO I – Laudo de análise da gordura vegetal Al Bake P41 LT

CERTIFICADO DE ANÁLISES
 GORDURA VEGETAL

FAVOR ENCAMINHAR AO LABORATÓRIO

Produto AL BAKE P41 LT
Cliente USP FACULDADE
Data de Fabricação 15/08/15
Lote 84

Resultados Analíticos:

Acidez - % (Ácido Palmítico)	0,04	Máx. 0,05
Acidez - mg KOH/g	0,08	Máx. 0,10
Cor Lovibond - 5 ¼ - Vermelho	3,2	Máx. 4,0
Índice de Peróxidos - mEq/kg	0,2	Máx. 1,0
Sabor e Odor	Neutro	Neutro
Aparência / Aspecto	Sólido à temp. Ambiente	Sólido a temperatura ambiente
Ponto de Fusão Mettler - °C	43,4	40 - 44

Especificação**Curva de Sólidos SFC - %**

SFC - 10,0°C	50,1	45 - 54
SFC - 21,1°C	24,9	19 - 25
SFC - 26,7°C	16,0	12 - 16
SFC - 33,3°C	9,2	7 - 10
SFC - 37,8°C	5,6	4 - 7
SFC - 45,0°C	0,0	0

Composição de Ácidos Graxos - %

% Trans Total	0,6	Máx. 2,0
% Saturados + Trans	50,7	Máx. 56,0

Análises de Monitoramento:*Microbiologia:**

Bolores - ufc / g	<10
Leveduras - ufc / g	<10
Enterobactéria - ufc / g	<10
Escherichia coli - ufc / g	<10
Staphylococcus coagulose positiva - ufc / g	<10
Bacillus cereus - ufc / g	<10
Contagem total de mesófilos - ufc / g	<10
Coliformes 35°C - NMP / g	<3
Coliformes termotolerantes - NMP / g	<3
Listeria monocytogenes - / 25g	Ausente
Salmonella sp. - / 25g	Ausente

Metais Pesados:

Alumínio - mg / kg	<0,5
Arsênio - mg / kg	<0,1
Cádmio - mg / kg	<0,01
Chumbo - mg / kg	<0,02
Cobre - mg / kg	<0,1
Ferro - mg / kg	0,2
Mercurio - mg / kg	<0,005
Níquel - mg / kg	0,8

*Obs.: Monitoramento anual de microbiologia e metais pesados. Testes realizados em outubro de 2014.
 Laboratório Eurofins do Brasil - Indaiatuba - SP

***Aditivos:**

TBHQ (ppm)	200
Ac.citrico (ppm)	20

*Teor de Aditivo: O resultado declarado neste laudo é proveniente de cálculo matemático através de balanço de massa. A quantidade de aditivo a ser dosada ao produto é determinada conforme a quantidade produzida do produto. Referência Procedimento Interno GQD02045.

Prazo de validade:

Produto envasado:	6 meses a partir da data de fabricação
Produto a granel:	30 dias a partir da data de fabricação

Analista de Laboratório

ANEXO II – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

FACULDADE DE CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em spread de chocolate

Pesquisador: Suzana Caetano da Silva Lannes

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 49252015.9.0000.0067

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.317.581

Apresentação do Projeto:

As grandes tendências do setor alimentício estão relacionadas à busca por desenvolvimento de produtos que além de possuir propriedades sensoriais agradáveis ao consumo tenham também funções benéficas à saúde com especial atenção ao aproveitamento de subprodutos industriais. Tendo em vista a grande produção avícola brasileira e consequente geração de subprodutos de baixo valor comercial como os pés de frango considerados ricos em colágeno, unindo-se ao fato de o chocolate ser um produto de alto consumo e também apresentar propriedades funcionais, o objetivo deste estudo será o aprimoramento da extração e caracterização da gelatina de pés de frango e posterior verificação da viabilidade e os efeitos de sua aplicação em spread (pasta) de chocolate como substituto parcial de gordura em diferentes concentrações. Os processos de extração da gelatina e do desenvolvimento dos produtos serão realizados no laboratório de Física Industrial do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-farmacêutica da Universidade de São Paulo. Para se identificar as propriedades físico-químicas da gelatina pretende-se realizar análises de composição centesimal, força de gel (Bloom) e perfil de textura. Serão formulados, a partir de planejamento experimental, 11 ensaios de spreads de chocolate tendo como fatores os teores de gordura e gelatina. As amostras serão submetidas à análises de pH, composição centesimal, valor calórico, back extrusion e consistência, além de se verificar o

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112

Bairro: Butantã

CEP: 05.508-000

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-3622

Fax: (11)3031-8986

E-mail: cepfci@usp.br

**FACULDADE DE CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

Continuação do Parecer: 1.317.581

comportamento das formulações no período de 3 meses de armazenamento em diferentes temperaturas. Para a análise sensorial, serão produzidas formulações com maiores níveis de substituição de gordura e concentração de gelatina.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral: Verificar os efeitos da adição de gelatina extraída de fonte alternativa (extraída de peles e tendões de pés de frangos) em spread de chocolate como substituto de gordura em diferentes proporções e concentrações de gelatina por meio de avaliação física, físico-química e análise sensorial.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O risco do projeto é mínimo. O benefício da pesquisa baseia-se na substituição da gelatina proveniente dos pés de frango, ao invés do uso de gelatinas tradicionais encontradas no mercado, as quais são obtidas por hidrólise parcial do colágeno oriundo de pele de suíno, couro e ossos de bovinos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem relevância científica e prática, pois procura resolver problemas relacionados a saúde pública, como a ocorrência de doenças em bovinos e religiosas, como é o caso de suínos não serem aceitos por algumas religiões e, ainda, devido ao crescente interesse na valorização econômica de subprodutos industriais com novas potenciais aplicações, cresce a demanda por fontes alternativas de gelatina. O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo, gerando com isso grandes quantidades de subprodutos como os pés de frango, que por sua vez são ricos em colágeno e podem ser aproveitados para a produção de gelatina.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos de apresentação obrigatória estão adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este CEP entende que o projeto pode ser aprovado.

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112

Bairro: Butantã

CEP: 05.508-000

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-3622

Fax: (11)3031-8986

E-mail: cepfci@usp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.317.581

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_587770.pdf	05/11/2015 16:44:56		Aceito
Brochura Pesquisa	cartacorrecao.pdf	05/11/2015 16:42:42	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto291015.pdf	05/11/2015 16:40:28	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE291015.pdf	05/11/2015 16:40:04	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Folha de Rosto	folharostospread.pdf	14/09/2015 15:01:04	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaosuzana.pdf	10/09/2015 10:44:33	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaopart.pdf	10/09/2015 10:43:19	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracaodept.pdf	10/09/2015 10:40:25	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	10/09/2015 09:59:32	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	10/09/2015 09:54:08	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 11 de Novembro de 2015

Assinado por:
Mauricio Yonamine
(Coordenador)

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112
Bairro: Butantã **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3622 **Fax:** (11)3031-8986 **E-mail:** cepf@usp.br

ANEXO III – Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

1. Informações do Participante da Pesquisa

Nome:		
Documento de Identidade (tipo): RG	Nº.:	Sexo: () M () F
Local de Nascimento:	Data de Nascimento:	
Endereço:	Nº.:	
Complementos:	Bairro:	
Cidade:	Estado:	
CEP:	Telefones:	

2. Informações do Responsável Legal

Nome:		
Documento de Identidade (tipo): RG	Nº.:	Sexo: () M () F
Local de Nascimento:	Data de Nascimento: / /	
Endereço:	Nº.:	
Complementos:	Bairro:	
Cidade:	Estado:	
CEP:	Telefones:	

3. Título do Projeto de Pesquisa

Aplicação de gelatina obtida de subproduto animal como substituto parcial de gordura em <i>spread</i> (pasta) de chocolate.

4. Duração da Pesquisa

4 anos

5. Nome do Pesquisador Responsável

Suzana Caetano da Silva Lannes	
Cargo/ Função:	Nº de registro do Conselho Regional:

6. Instituição/Instituições

Universidade de São Paulo – USP – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Programa de Pós-graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.
--

Somos pesquisadoras da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Estamos realizando uma pesquisa para conhecer e aprimorar preparações de pastas (*spreads*) de chocolate. Serão servidas amostras com 30 g de pasta de chocolate, em copo plástico com colher plástica, sob temperatura de 10 °C, preparados com até 48 h de antecedência, produzidos e acondicionados de acordo com as Boas Práticas de Fabricação de Alimentos, no Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

da Universidade de São Paulo. O Sr. (a) receberá amostras de pastas de chocolate formulados contendo os seguintes ingredientes: gordura vegetal, açúcar refinado, xarope de glicose, açúcar líquido invertido, leite em pó desnatado, lecitina de soja, gelatina e chocolate amargo. As análises serão realizadas sempre duas horas antes ou depois das refeições. Convidaremos pessoas que apreciem pastas de chocolate a experimentar quatro amostras de produtos, identificadas por diferentes números, a registrar suas impressões referentes à textura, sabor, cor, aspecto geral e intenção de compra de cada uma delas. As quatro amostras serão servidas de forma separada, uma por vez, e entre uma amostra e outra o Sr. (a) tomará um pouco de água e, se quiser poderá comer um biscoito água e sal. As avaliações são rápidas e não levarão mais do que 10 minutos e com suas informações poderemos aprimorar a qualidade dos produtos que estamos desenvolvendo, bem como verificar a aceitação dos mesmos, conjugando as suas informações com as conseguidas em laboratório.

Os benefícios serão novas formulações e a melhoria do processo de fabricação para que futuramente o consumidor tenha acesso a produtos diferenciados, com sabor agradável e com características benéficas à saúde.

Poderão participar da pesquisa homens e mulheres que gostem de comer pastas de chocolate (alunos e funcionários da Universidade), maiores de 18 anos, em bom estado de saúde e que não estejam fazendo nenhuma dieta especial. Serão tomados cuidados especiais para evitar que indivíduos subordinados ou diretamente ligados ao pesquisador se sintam obrigados a participar do estudo.

A pesquisa apresenta risco mínimo. Em caso de possíveis problemas alérgicos a algum dos componentes da formulação, estaremos à disposição para o devido amparo, utilizando para assistência médica o Hospital Universitário do campus da capital, cujo encaminhamento se procederá através da pesquisadora responsável pelo projeto (orientadora).

A participação é voluntária e o Sr.(a) terá o direito de desistir a qualquer momento, com inteira liberdade de participar ou não da pesquisa, sem quaisquer represálias. O Sr.(a) será identificado por um número e todas e quaisquer opiniões e dados pessoais serão mantidos em sigilo. Em caso de dúvidas ou quaisquer outros problemas o Sr.(a) poderá interromper sua participação a qualquer momento.

Dessa forma, convido Sr.(a) a participar de nossa pesquisa e caso concorde, por gentileza, assine este documento.

Observações complementares:

Estamos à disposição para responder a quaisquer dúvidas quanto às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa através dos contatos:

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes (Orientadora)
Av.Prof. Lineu Prestes, 580 bloco 16
Fone: 30913691

Poliana Fernandes de Almeida (aluna de Doutorado)
Av.Prof.Lineu Prestes, 580 bloco 16
Fone: 3091 2689

Consentimento Pós-Esclarecido

Declaro que, após ter sido convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante de Pesquisa
ou do Responsável Legal

Assinatura do Pesquisador Responsável

Para qualquer questão, dúvida, esclarecimento ou reclamação sobre aspectos éticos relativos a este protocolo de pesquisa, favor entrar em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da **Faculdade de Ciências Farmacêuticas** da **Universidade de São Paulo**: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13 A, Butantã, São Paulo, CEP 05508-000, Telefones 3091-3622 e 3091-3677, e-mail: cepfcf@usp.br.

ANEXO IV – Ficha de avaliação sensorial**FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE SPREAD DE CHOCOLATE COM ADIÇÃO DE GELATINA COMO SUBSTITUTO DE GORDURA**

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo amostras de pasta de chocolate com adição de gelatina como substituto de gordura. Por favor, prove e avalie as amostras para cada atributo – cor, sabor, aroma, textura e aspecto geral de acordo com as escalas abaixo.

- (1) Desgostei muitíssimo
 (2) Desgostei muito
 (3) Desgostei regularmente
 (4) Desgostei ligeiramente
 (5) Indiferente
 (6) Gostei ligeiramente
 (7) Gostei regularmente
 (8) Gostei muito
 (9) Gostei muitíssimo

AMOSTRA	COR	AROMA	TEXTURA	SABOR	ASPECTO GERAL

Marque com uma X sim existe diferença entre as amostras

Sim		Não	
-----	--	-----	--

Caso positivo qual?

2. Indique na escala abaixo o grau de certeza que você estaria disposto a comprar se o encontrasse a venda.

- (1) Certamente não compraria
 (2) Provavelmente não compraria
 (3) Talvez comprasse, talvez não comprasse
 (4) Provavelmente compraria
 (5) Certamente compraria

Amostra	Avaliação

a. Justifique sua intenção de compra dizendo:

O que você mais gostou:

E o que você menos gostou:

AGRADECEMOS SUA PARTICIPAÇÃO!