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

Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos

Raquel Vallerio Rios

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2014

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

Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos

Versão corrigida da Dissertação conforme Resolução CoPGr 5890.
O original encontra-se disponível no Serviço de Pós-Graduação da FCF/USP.

Raquel Vallerio Rios

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2014

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

Rios, Raquel Vallerio
R586e Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos / Raquel Vallerio Rios. -- São Paulo, 2014.
131p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica.
Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Panificação 2. Bolos 3. Lipídeos 4. Textura I. T. II. Lannes, Suzana Caetano da Silva, orientador.

664.752 CDD

Raquel Vallerio Rios

Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

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

_____
1º. examinador

_____
2º. examinador

São Paulo, _____ de _____.

Dedico este trabalho a minha Mãe Mª de Fátima Vallerio Rios que acreditou em meu potencial e proporcionou meus estudos para que eu chegasse nesta etapa de minha carreira.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e proteção para a realização de mais uma conquista em minha vida.

À minha orientadora, Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes pelas oportunidades, apoio e compreensão durante esses anos de pesquisa, e pelo crescimento profissional e pessoal.

À minha família e aos verdadeiros amigos que sempre estiveram ao meu lado nos momentos bons, mas principalmente nas horas mais difíceis.

À Faculdade de Ciências Farmacêuticas, da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de ingressar no curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Às empresas: BUNGE, AGROPALMA, COPRA ALIMENTOS, DANISCO e COOPEROVOS, pelo fornecimento das matérias primas.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Nogueira de Moraes Pitombo e a todos os professores, pela confiança ao me aceitar como monitora do PAE na disciplina de Física Industrial.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica e da Universidade, em especial: Beatriz, Poliana, Douglas, Fernando, Alline, Alexandre, Nilton, Ivani, Miriam, Tânia, Juarez e Elza pelo auxílio, apoio e paciência.

À minhas amigas-irmãs Ludmila Cristina Baldi R. Moreno e Gabriella Vicentini Stoque que me incentivaram, ajudaram e, principalmente, me fizeram acreditar no impossível.

E a todos que direta ou indiretamente me incentivaram e me ajudaram neste projeto.

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total,
buscar seu último limite e dar o melhor de si”.
Ayrton Senna

RESUMO

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

Muitas famílias não têm tempo de preparar bolos caseiros e acabam optando pela praticidade de comprar produtos prontos. A atitude dos consumidores, em relação aos problemas de saúde que podem advir do consumo de alimentos com alto teor de gorduras, é de consumir alimentos formulados de maneira que apresentem menores teores, mas com as mesmas características sensoriais dos produtos originais. O objetivo deste estudo foi determinar o efeito da substituição de gordura vegetal hidrogenada por outros lipídeos (gordura de palma, óleo de soja, óleo de castanha do Brasil, óleo de coco) e por extrato de aveia em formulações de bolos. Foram elaboradas nove formulações contendo farinha de trigo, açúcar, ovo em pó, gordura, água, leite em pó integral, emulsificante, fermento químico e sal, substituindo-se a gordura vegetal hidrogenada pelos diferentes tipos de lipídeos e extrato de aveia. Formulações: (controle) gordura vegetal hidrogenada (GVH) – 100%; (1): gordura de palma – 100%; (2): óleo de soja – 100%; (3): óleo de castanha do Brasil – 100%; (4): óleo de coco – 100%; (5): extrato de aveia – 100%; (6): GVH – 50% + óleo de castanha do Brasil – 50%; (7): GVH – 50% + óleo de coco – 50%; (8): GVH – 50% + extrato de aveia – 50%. Através das análises de textura com probes *back extrusion* e de compressão (TPA-análise do perfil de textura) pode-se avaliar, respectivamente, o comportamento das massas de bolos e o *shelf-life* dos produtos finais durante seis dias de armazenamento. Foram feitas avaliações de volume específico, densidade, porosidade, composição centesimal e atividade de água - aw. A análise sensorial com 60 provadores foi realizada utilizando-se as formulações controle, óleo de coco, óleo de castanha do Brasil e extrato de aveia de acordo com a escala hedônica (9 pontos) e intenção de compra. A análise de textura (*back extrusion*) apontou diferentes comportamentos reológicos, embora todas as formulações caracterizaram-se como fluido dilatante (n>1). O resultado do *shelf-life* mostrou que o bolo produzido com extrato de aveia obteve melhores características de qualidade. O bolo produzido com GVH apresentou maior volume (2,65 mL/g), menor densidade (0,39 g/mL)e maior incorporação de ar (16,45 mm^2). A análise de cor apontou que o bolo elaborado com GVH + óleo de coco apresentou-se mais amarelado (35,94) e o bolo com GVH + extrato de aveia com maior brilho (75,27). A composição centesimal mostrou as variações obtidas de acordo com a substituição de gordura por extrato de aveia e o menor valor calórico (257,62 kcal) para este produto. O resultado de aw mostrou maior valor para a formulação com extrato de aveia (0,94), sendo esperado devido ao maior conteúdo de água da formulação. A análise sensorial, através da avaliação de painel não treinado, indicou que o bolo elaborado com óleo de coco obteve a maior aceitação e, consequentemente, a maior intenção de compra, entretanto, apresentou pouca diferença em relação ao bolo controle. Em geral, os resultados mostraram ótimo padrão de qualidade dos bolos elaborados com a substituição da gordura vegetal hidrogenada, podendo-se assim, obter produtos com outras opções de ingredientes e com agregação de valor nutricional.

Palavras-chave: Massas de bolos, óleos e gorduras, textura;

ABSTRACT

RIOS, R. V.; LANNES, S. C. S. **Effects of replacing hydrogenated vegetable fat on the structural properties of cakes.** São Paulo, 2014. 131 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Many families do not have time to prepare homemade cakes and usually opt for the convenience of buying ready products. Consumers' attitudes regarding health issues, that may arise from the consumption of foods high in fat, is to consume foods that have formulated so low in fat, but with the same sensory characteristics of the original products. The purpose of this study was to determine the effect of replacing hydrogenated vegetable fat for other lipids (fat palm, soybean oil, Brazil nut oil, coconut oil) and oat extract in cake formulations. Nine formulations containing flour, sugar, egg powder, fat, water, whole milk powder, emulsifier, baking powder, and salt were elaborated by replacing the hydrogenated vegetable fat for different types of lipids and oat extract. Formulations: (control) hydrogenated vegetable fat (GVH) - 100%; (1): palm fat - 100%; (2) soybean oil - 100%; (3): Brazil nut oil - 100%; (4) coconut oil - 100%; (5): oat extract - 100%; (6): GVH - 50% + nut oil from Brazil - 50%; (7) GVH - 50% Coconut oil + - 50%; (8): GVH - 50% + oat extract - 50%. The behavior of cakes batters and shelf life of the final product during six days of storage were assessed through the texture analysis with probes back extrusion and compression (TPA-texture profile analysis), respectively. The evaluation of specific volume, density, porosity, chemical composition and water activity – aw was made. Sensory analysis was performed with 60 tasters using the control formulations, coconut oil, Brazil nut oil l and oat extract according to the hedonic scale (9 points) and purchase intent. Texture analysis (back extrusion) showed different rheological behaviors, although all formulations were characterized as a dilatant fluid (n> 1). The result of the shelf-life showed that the cake made with oat extract produced better quality characteristics. The cake produced with GVH showed higher volume (2,65 mL/g), lower density (0,39 g/mL) and greater incorporation of air (16,45 mm^2). The color analysis showed that the cake made with coconut oil + GVH presented more yellowness (35,94) and cake with GVH + oat extract presented higher brightness (75,27). The chemical composition showed variations obtained in accordance with the substitution of fat for oat extract and lower caloric value (257,62 kcal) for this product. The result showed higher aw value (0,94) for the formulation with oat extract, it is expected due to the higher water content of the formulation. The sensory analysis, through evaluating untrained panel, indicated that the cake prepared with coconut oil had the highest acceptance and, consequently, the higher purchase intention, although it presented little difference from the control cake. In general, the results showed great standard of quality cakes prepared by replacing the hydrogenated vegetable fat, leading to products with other options of ingredients and with added nutritional value.

Key words: Cake batters, oils and fats, texture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Volume em vendas de pães e bolos industrializados no Brasil(ABIMA & NIELSEN, 2014). 22

Figura 2 - Tipos de bolos industrializados no mercado brasileiro. 23

Figura 3 - Emulsão W/O (a), e emulsão O/W (b). 26

Figura 4 - Etapas de batimento do creme e da massa final em massas de bolos (Adaptado de Wilderjans et al., 2013). 28

Figura 5 - Estrutura molecular dos isômeros cis e trans de C18:1 (Adaptada de GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002). 31

Figura 6 - Fusão da gordura durante o assamento de massas de bolos preparadas em um único estágio (Adaptada de Wilderjans et al., 2013). 37

Figura 7 - Microscopia eletrônica de varredura (Magnificação 10 x) de massa de bolo produzida com gordura vegetal hidrogenada (KUMARI et al., 2011). 38

Figura 8 - Fruto da palmeira onde se extrai o óleo de palma. 44

Figura 9 - Castanhas do Brasil. 47

Figura 10 - Etapa de dosagem na produção de mini bolos. 52

Figura 11 - Análise do perfil de textura com interpretação dos parâmetros: Firmeza: F1; Coesividade: A2/A1; Gomosidade: F1x(A2/A1); Elasticidade: L2/L1; Adesividade: A3; Mastigabilidade: Gomosidade * L2/l1; Resiliência: A5/A4. Modificado de Stable Micro System. 53

Figura 12 - Modelo tridimensional CIELab. 55

Figura 13 - Fluxograma para obtenção do extrato de aveia 60

Figura 14 - Fluxograma de produção de bolos em escala laboratorial. 61

Figura 15 - Principais etapas de produção dos bolos: Pesagem dos ingredientes (A), batimento da massa (B), assamento (C) e o bolo após o assamento (D). 62

Figura 16 - Análise de *back extrusion* em massa de bolo utilizando o texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Reino Unido). 63

Figura 17 - Análise de dupla-compressão no Texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Reino Unido). 64

Figura 18 - Análise de volume utilizando micro esferas 65

Figura 19 - Espectrofotômetro ColorQuest® XE HunterLab utilizado para análise de cor do miolo dos bolos. 66

Figura 20 - Estufa utilizada para análise de umidade. 67

Figura 21 - Aparelho Kjeldahl para determinação de proteínas. 69

Figura 22 - Análise de lipídios em aparelho tipo Sohxlet. 70

Figura 23 - Aparelho para medição de atividade de água (Aw). 71

Figura 24 - Curva típica obtida na análise de textura por *back extrusion* (massa de bolo - Formulação com gordura vegetal hidrogenada). 73

Figura 25 - Variação da firmeza *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia. 79

Figura 26 - Variação da elasticidade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia. 81

Figura 27 - Variação da coesividade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia. 83

Figura 28 - Variação da mastigabilidade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia. 85

Figura 29 - Variação da resiliência *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia. 87

Figura 30 - Análise de porosidade nas nove formulações de bolos. 95

Figura 31 - Pontuação da Escala Hedônica referente à avaliação sensorial de bolos com diferentes tipos de substitutos de gordura. 104

Figura 32 - Escala de intenção de compras de bolos com diferentes tipos de substitutos de gordura vegetal hidrogenada. 105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos diferentes de bolos 25

Tabela 2 - Desenho experimental utilizado para as nove formulações de massas de bolos. 59

Tabela 3 - Resultados obtidos na análise de compressão-extrusão das nove formulações de massas de bolos (médias ± desvio padrão). 74

Tabela 4 - Valores de volume específico (mL/g) e da densidade (g/mL) das formulações de bolos (médias e ± desvio padrão). 89

Tabela 5 - Resultados (L*, a*, b*) da análise de cor do miolo dos bolos (médias ± desvio padrão). 91

Tabela 6 - Médias ± desvio padrão dos valores de porosidade dos bolos elaborados com diferentes tipos de substitutos de gordura. 94

Tabela 7 - Médias ± desvio padrão da composição centesimal e valor calórico total dos bolos formulados. 97

Tabela 8 - Informação de composição em Rotulagem Nutricional das formulações de bolos. 100

Tabela 9 - Médias ± desvio padrão de aw nas amostras de bolos. 102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição de ácidos graxos na gordura de palma (O'BRIEN, 2009). 45

Quadro 2 - Composição dos ácidos graxos no óleo de coco (O'BRIEN, 2009). 46

Quadro 3 - Composição de ácidos graxos do óleo de castanha do Brasil obtido por prensa hidráulica (SANTOS et al., 2012). 48

Quadro 4 - Composição de ácidos graxos do óleo de soja (O'BRIEN, 2009). 49

Quadro 5 - Composição nutricional de quatro marcas de bolos do mercado brasileiro. 101

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - 42

Equação 2 - 63

Equação 3 - 68

Equação 4 - 68

LISTA DE SIGLAS

AOAC	*Association of Official Analytical Chemists*
ABIMA	Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias
AGT	Ácidos Graxos *Trans*
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AW	Atividade de água
CNS	Conselho Nacional de Saúde
FCF	Faculdade de Ciências Farmacêuticas
FDA	*Food and Drugs Administration*
GVH	Gordura Vegetal Hidrogenada
HDL	*High Density Lipoprotein*
LDL	*Low Density Lipoprotein*
MS	Ministério da Saúde
O/W	*Oil/Water*
TAG	Triacilglicerol
TCM	Triglicerídios de Cadeia Média
TPA	*Texture Profile Analysis*
PPS	Pontos por segundo
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SFC	*Solid Fat Content*
USP	Universidade de São Paulo
W/O	*Water/Oil*

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alpha
β	Beta
β'	Beta prima
K	Coeficiente de consistência
a*	Coordenada cromática do vermelho para o verde
b*	Coordenada cromática do azul para o amarelo
ºC	Graus Celsius
n	Índice de viscosidade
L*	Luminosidade
N	Newton
ω	Ômega
$\check{y}$	Taxa de cisalhamento
σ_o	Tensão inical de cisalhamento
σ	Tensão de cisalhamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20

1.1 Tendências nutricionais 20
1.2 Bolos Industrializados 21
1.3 Tipos de bolos 23
1.4 Massas de bolos – Emulsão 26
1.5 Óleos e gorduras 29
1.6 *Shortening* para bolos 33
1.6.1 O papel da gordura em massas de bolos 35
1.7 Alternativas às gorduras vegetais hidrogenadas 38
1.8 Ingredientes 40
1.8.1 Açúcar 41
1.8.2 Ovos 41
1.8.3 Fermento químico 41
1.8.4 Leite em pó 42
1.8.5 Sal 42
1.8.6 Água 42
1.8.7 Emulsificante 43
1.9 Matérias primas substitutas da gordura hidrogenada 44
1.9.1 Gordura de palma 44
1.9.2 Óleo de coco 45
1.9.3 Óleo de castanha do Brasil 47
1.9.4 Óleo de Soja 48
1.9.5 Aveia 49
1.10 Textura 51
1.10.1 Análise de compressão-extrusão (back extrusion) 52
1.10.2 Análise do perfil de textura 53
1.11 Vida de prateleira (*Shelf life*) 54
1.12 Cor (CIELab) 54
1.13 Análise sensorial 55

2 OBJETIVOS 56
2.1 Objetivo Geral 56
2.2 Objetivos específicos 56

3 MATERIAL E MÉTODOS 57

3.1 Material 57
3.2 Parte experimental 58
3.2.1 Formulações 58
3.2.2 Obtenção do extrato de aveia 59
3.2.3. Processamento dos bolos 60
3.3 Métodos 62
3.3.1 Análise de compressão-extrusão (back extrusion) 62
3.3.2 Análise do perfil de textura – Vida de prateleira 64
3.3.3 Análise de volume específico e densidade 65
3.3.4 Análise de cor 65
3.3.5 Composição centesimal 66
3.3.6 Atividade de água 70
3.3.7 Análise de porosidade 71
3.3.8 Análise sensorial 71
3.3.9 Análise estatística 72

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 73

4.1 Análise de compressão-extrusão (*back extrusion)* 73
4.2 Análise de perfil de textura – Vida de prateleira 78
4.2.1 Firmeza 78
4.2.2 Elasticidade 81
4.2.3 Coesividade 83
4.2.4 Mastigabilidade 85
4.2.5 Resiliência 86
4.3 Volume específico e densidade dos bolos 88
4.4 Cor (L*, a*, b*) 91
4.5 Análise de porosidade (estrutura alveolar) 93
4.6 Caracterização das formulações dos bolos 96
4.6.1 Composição centesimal 96
4.6.2 Atividade de água (aw) 101
4.7 Análise sensorial 103

5 CONCLUSÃO 106

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 107

ANEXO I – Certificado de Qualidade: BUNGE PROPAN 44 121
ANEXO II – Laudo de Qualidade: AGROPALMA 370 B 122
ANEXO III – Ficha técnica: DANISCO GRINDSTED®GA 530 123
ANEXO IV – Parecer Consubstanciado do CEP..... 124
ANEXO V – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido..... 126
ANEXO VI – Ficha de avaliação sensorial..... 128
ANEXO VII – Tabela de reconstituição: COOPEROVOS GEMA PASTEURIZADA DESIDRATADA 129
ANEXO VIII – Tabela de reconstituição: COOPEROVOS CLARA PASTEURIZADA DESIDRATADA 130
ANEXO IX - Cálculo de custo.....131

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tendências nutricionais

Os produtos de panificação estão entre os mais consumidos no mundo. Entre esses, os bolos são populares e associados pelos consumidores como produtos deliciosos e com características sensoriais particulares (MATSAKIDOU; BLEKAS; PARASKEVOPOULOU, 2010).

O mercado de bolos vem apresentando nos últimos anos uma crescente importância dentro do setor Trigo. A explicação desta evolução no consumo de bolos se deve a vários fatores como praticidade, aumento de preço do pão francês, passando pela modernização dos sistemas de misturas até a aplicação de novos emulsificantes e fermentos de alto desempenho. E ainda dentro deste setor existem as tendências, observadas dentro das indústrias de bolos, entre as quais se podem destacar o crescimento de bolos tipo *premium*, as porções individualizadas, formulações livres de gorduras *trans*, uso de farinhas integrais e, principalmente, a manutenção de alto padrão de qualidade do produto, focando-se especialmente sua maciez e frescor (ADITIVOS INGREDIENTES, 2012).

Muitas famílias não têm mais tempo de preparar bolos caseiros e acabam optando pela praticidade de comprar produtos prontos, que agora chegam com muito mais variedade às prateleiras dos pontos de venda.

No entanto, os bolos industrializados, por apresentarem altas quantidades de açúcares e gorduras em suas formulações, têm levado os consumidores a optarem por produtos *light*, *diet*, integrais, entre outros em sua dieta alimentar. Tem crescido muito nos últimos anos o mercado de consumidores adeptos a dietas mais saudáveis, alimentos com menos sal, calorias, gordura saturada, gordura *trans* e colesterol.

Estas tendências do consumo por alimentos mais saudáveis levam o surgimento de pesquisas na área de tecnologia de alimentos, no setor de panificação, para a aplicação de novas formulações com teores reduzidos de gorduras e açúcares, uso de farinhas integrais, e principalmente a manutenção dos padrões de alta qualidade, como maciez e frescor que esses produtos exigem.

O papel da gordura em bolos industrializados e em produtos de panificação em geral é muito importante tanto do ponto de vista tecnológico como do ponto de vista sensorial. Muitos produtos de panificação necessitam de proporções relativamente altas quanto ao teor de gordura como relatou Sowmya et al. (2009). Os autores descrevem funções importantes da gordura em bolos como contribuintes de maciez, incorporação de ar, entre outros.

Mas, a presença de ácidos graxos *trans* provenientes das gorduras vegetais hidrogenadas, ainda muito utilizadas pelas indústrias, é um grande problema para estes produtos. A quantidade de ácidos graxos *trans* nos produtos que contêm gordura parcialmente hidrogenada é bastante variável, principalmente em alimentos processados e/ou industrializados tais como chocolates, bolos, *snacks*, *fast food*, entre outros (ALMEIDA, 2008).

O alto consumo de alimentos gordurosos está associado com o aumento da gordura corporal, obesidade e ao maior risco de se desenvolver doenças cardiovasculares.

A obesidade é uma doença crônica cada vez mais comum, cuja prevalência já atinge proporções epidêmicas. Uma grande preocupação médica é o risco elevado de doenças associadas ao sobrepeso e à obesidade, tais como diabetes, doenças cardiovasculares e alguns cânceres (MELO, 2011).

Outro ponto, de âmbito nutricional, é o baixo consumo de fibras na dieta alimentar. Os valores de ingestão recomendado de fibras alimentares são de 14 g de fibras para 1000 kcal, ou 25 g para uma mulher adulta e 38 g para homens adultos, baseados em estudos epidemiológicos que mostram a proteção contra as doenças cardiovasculares. No campo da panificação têm sido estudadas substituições parciais de gorduras por fibras alimentares. Em outros estudos, parte da farinha tem sido substituída por diferentes tipos de fibras como casca de batata, amido resistente, farelo de aveia, farelo de arroz, entre outros (MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2010).

1.2 Bolos Industrializados

Em acordo com a Resolução nº.273, de 22 de setembro de 2005, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), defini de forma generalizada produtos

prontos para o consumo como sendo aqueles alimentos preparados ou pré-cozidos ou cozidos, que para o seu consumo não necessitam da adição de outro(s) ingrediente(s).

O mercado de pães industrializados registrou avanço de 16 % no faturamento em relação a 2012, atingindo R$ 4,09 bilhões, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Massas Alimentícias e Pão & Bolo Industrializados (ABIMA, 2014). Em volume, o crescimento foi de 2 %, chegando a R$ 1,017 milhões em 2013. Os bolos industrializados, parte do mesmo segmento, tiveram crescimento de 15,8 % no período, com R$ 767,2 milhões em 2013. Segundo a Associação, os pães industrializados têm penetração de 71 % no mercado brasileiro, enquanto o segmento de bolos responde por 45 %. O crescimento do consumo *per capita* (kg/*per capita*) para pães industrializados foi de 5,0 em 2012 e 5,1 em 2013, e 1,8 em 2012 para 1,9 (kg/*per capita*) para bolos industrializados em 2013.

Na Figura 1 pode-se visualizar o desempenho das vendas de pães e bolos industrializados no Brasil, em volume (mil toneladas), em um período de cinco anos.

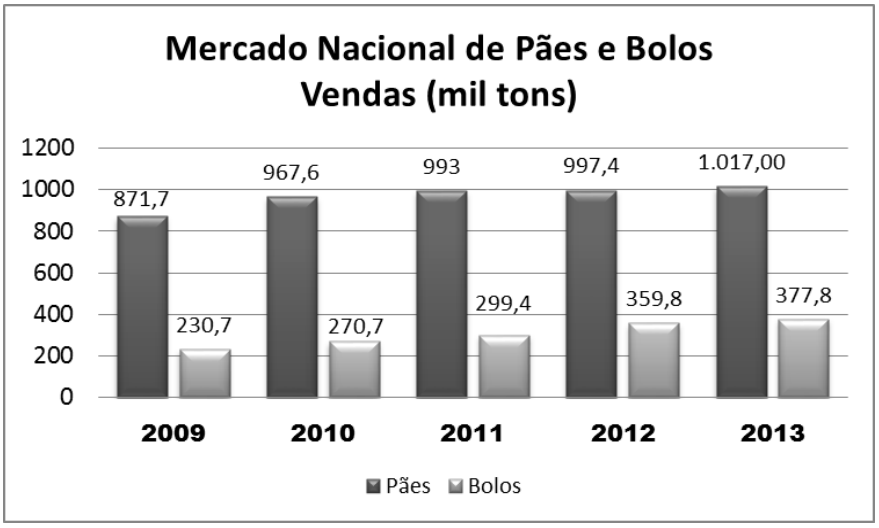


Figura 1 - Volume em vendas de pães e bolos industrializados no Brasil (ABIMA & NIELSEN, 2014).

Atualmente, esse segmento já detém uma fatia do mercado e é o preferido por pessoas entre 25 e 40 anos, preocupadas com a saúde e a boa forma (ABIMA, 2014).

O consumo de bolos industrializados está associado a sua praticidade e as qualidades sensoriais que vem sendo apresentadas e aplicadas a partir de matérias primas de alto desempenho. Os bolos se apresentam em diferentes formatos, sabores e textura, variando com a formulação e com o método empregado na elaboração (GUTKOSKI et al., 2009).

Na Figura 2 são apresentados diferentes tipos de bolos de algumas marcas do mercado brasileiro com sabores diversificados. Nas prateleiras dos supermercados são encontrados bolos industrializados de diferentes sabores e tamanhos, com ou sem recheio, normalmente pesando entre 250 g a 400 g.

Figura 2 - Tipos de bolos industrializados no mercado brasileiro.

1.3 Tipos de bolos

Na elaboração de bolos é necessário selecionar matérias primas adequadas, empregar formulação balanceada e procedimentos de mistura e cozimento de acordo com o tipo de produto que se quer produzir. Os bolos apresentam-se em diferentes formatos, sabores e textura, variando com a formulação e com o método empregado na elaboração (GUTKOSKI et al., 2009).

A definição de bolo varia pouco em diferentes partes do mundo, entretanto o termo se refere a produtos que são caracterizados pelas formulações baseadas na farinha (trigo), açúcar, ovo (inteiros) e outros líquidos como o leite e a gordura (ou

óleo). A quantidade de líquido adicionado proporciona uma massa com baixa viscosidade em relação a uma massa de pão (CAUVAIN, 2009).

Os bolos podem ser agrupados em duas categorias: bolos em base gordurosa e bolos tipo espuma. Os bolos em base gordurosa incorporam ar por meio de uma emulsão gordura-líquido criada durante o processo de batimento, e o segundo caso, a incorporação de ar depende principalmente do batimento dos ovos (TIREKI, 2008).

Os bolos são geralmente caracterizados por seus ingredientes e pelo processo de batimento. O bolo mais comum é o “bolo de manteiga” que consiste na mistura da gordura e do açúcar formando inicialmente um creme para a incorporação de ar. A incorporação de ar continua com a adição dos ovos neste mesmo creme. Os bolos tipo espumas (*Foam-type cakes*), como por exemplo, o bolo “comida de anjo” (*Angel’s food cake*) ou bolo esponja (*sponge cake*) tem em seu sistema a incorporação de ar por intermédio dos ovos (ORTIZ, 2004).

Para produzir um bolo do tipo “comida de anjo” são necessários: (1) formação de volume de espuma suficiente (também conhecido pelo termo em inglês *foamability*), (2) estabilidade durante a mistura com farinha e açúcar, e (3) estabilidade durante o cozimento (BERRY; YANG; FOEGEDING, 2009).

Antigamente, para se produzir um bolo esponja (*sponge* cake), os ovos (inteiros) ou a clara eram batidos separadamente dos outros ingredientes, para depois serem adicionados cuidadosamente no sistema. Atualmente, com os avanços de sistemas emulsionantes, os bolos esponjas podem ser feitos e um único estágio de batimento através da adição das misturas de emulsificantes (ORTIZ, 2004).

O grande número de ingredientes e a ampla variação de métodos de processos resultam em uma larga escala de tipos de bolos. Os bolos podem ser classificados como *High Ratio* e *Low Ratio cakes* baseando-se no tipo de formulação. O primeiro termo significa que a proporção de açúcar é maior em relação à farinha, ou seja, para 100% de farinha, emprega-se 140% de açúcar. Já no segundo termo, a formulação contém menos ou igual proporção de açúcar e farinha (WILDERJANS et al. 2013).

Dentro destas classificações de bolos, existem outros tipos de formulações que podem ser empregadas.

A Tabela 1 mostra, de forma simplificada, alguns tipos de bolos conforme foram estabelecidos pelos autores.

Tabela 1 - Tipos diferentes de bolos

High ratio cakes				*Low ratio cake*
Layer cake		*Egg foam cake*		
White layer cake	*Yellow layer cake*	*Angel food cake*	*Sponge cake*	*Pound cake*

(Adaptado de WILDERJANS et al., 2013).

Layer cake ou bolo de camada divide-se em duas categorias: os chamados *White layer cake*, ou bolo de camada branco, e o *Yellow layer cake* conhecido como bolo de camada amarelo. Basicamente, os dois diferenciam-se da seguinte forma: o primeiro utiliza-se somente a clara do ovo na formulação, e o segundo utiliza-se o ovo inteiro (clara e gema). Os bolos denominados *Egg foam cakes* são produtos que possuem baixa quantidade de gordura, ou não é acrescentada, na qual a incorporação de ar é obtida por meio do batimento dos ovos. O bolo de libra ou *pound cake* é um tipo de bolo comum na Europa. Neste caso, a gordura, o açúcar, os ovos e a farinha são adicionados em proporções iguais transformando-se, através do cozimento, em um bolo com miolo poroso, e com uma textura suave e sabor adocicado. (WILDERJANS; BRIJS; DELCOUR, 2010; WILDERJANS et al., 2013).

Pesquisadores utilizam essas variedades de bolos para suas pesquisas, como é o caso de Zhou, Faubion e Walker (2011) que utilizaram a formulação de um bolo do tipo *high-ratio layer cake* para avaliar diferentes tipos de gordura, assim como De La Hera, Oliete, Goméz (2013) que avaliaram as características dessas massas de bolos com misturas de farinhas de aveia e de trigo.

Kumari et al. (2011) avaliaram os efeitos de óleos vegetais, emulsificantes e hidrocolóides em bolos tipo libra (*pound cake*) a fim de observar as características reológicas, de qualidade e perfil de ácidos graxos nestes tipos de bolos.

Os autores Rodríguez-García et al. (2012) otimizaram uma formulação de bolo esponja utilizando a inulina como substituto de gordura, avaliando sua estrutura e suas propriedades físico-químicas e sensoriais.

1.4 Massas de bolos – Emulsão

Tipicamente, uma emulsão é definida como uma dispersão coloidal de dois ou mais líquidos imiscíveis em que um líquido é disperso em outro em forma de pequenas partículas (LAM; NICKERSON, 2013; DIVSALAR et al., 2012).

As emulsões podem ser classificadas de acordo com a distribuição do óleo e da fase aquosa. Um sistema que consiste em gotículas de óleo dispersas em uma fase aquosa é chamado de emulsão óleo em água ou O/W (sigla em inglês que corresponde *oil/water*), por exemplo, maionese, leite, cremes, sopas e molhos (DICKINSON, 2010; MCCLEMENTS, 1999). Um sistema que consiste em gotículas de água dispersa em uma fase oleosa é chamado de água em óleo ou W/O (sigla em inglês que corresponde *water/oil*), por exemplo, margarina, manteiga e *spreads.* A substância que compõe as gotículas em uma emulsão refere-se à fase dispersa ou interna, por outro lado, a substância que compõe o líquido envolvente é chamada de fase contínua ou externa (MCCLEMENTS, 1999).

A Figura 3 ilustra a representação esquemática e simplificada de uma emulsão W/O na primeira imagem e uma emulsão O/W na segunda imagem.

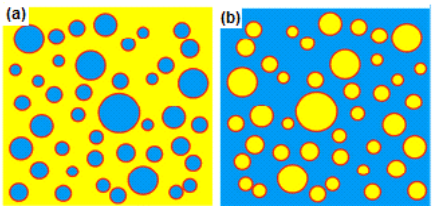


Figura 3 - Emulsão W/O (a), e emulsão O/W (b).

Para manter o sistema estável a emulsão precisa da incorporação de substâncias conhecidas como emulsificantes. Estas substâncias são moléculas de superfície ativa que adsorve a superfície da gotícula da emulsão para formar um revestimento de proteção (barreira) que evite com que as gotículas se coalesçam. Têm-se como exemplos dessas substâncias as proteínas, um fosfolipídio ou um polissacarídeo anfifílico. Um emulsificante também reduz a tensão interfacial entre o

óleo e a água e, portanto, facilita o rompimento das gotículas da emulsão durante a homogeneização (MCCLEMENTS; DEMETRIADES, 1998; ROUSSEAU, 2000).

Existem dois tipos de emulsificantes usados na fabricação de bolos: os emulsificantes de superfície ativa derivados de base lipídica, como os mono-diglicerídeos, e os materiais de base proteica como o ovo e a lecitina (SAHI, 2008). Entre outros estão o monoestearato de glicerol, monoestearato de propilenoglicol e estearato-2-lactil-lactato de sódio (ASHWINI; JYOTSINA; INDRANI, 2009; SEYHUN; SUMNU; SAHIN, 2003).

Uma massa de bolo pode ser considerada uma emulsão óleo em água (O/W) que consiste em gotículas de óleos dispersas em uma fase aquosa. Os ingredientes secos como o açúcar, a farinha, o sal e o fermento químico são incorporados na fase líquida ou aquosa, e a gordura dispersa na fase contínua (MCCLEMENTS, 1999; SAKYAN et al.,2004).

Massas de bolos tipo *Muffins* são consideradas uma emulsão complexa óleo em água composta por uma mistura de ovos-açúcar-água-gordura como fase contínua e bolhas de ar como fase descontínua em que partículas de farinha estão dispersas. Os *muffins* caracterizam-se como sendo uma estrutura porosa com grande volume conferindo uma textura esponjosa (MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2012).

Massas de bolo também podem ser consideradas como um sistema bifásico: gorduras mais outros ingredientes da mistura. A fase gordurosa apresenta-se dispersa de forma irregular com partículas de formas e tamanhos variados (ESTELLER; ZANCANARO JUNIOR; LANNES 2006).

A qualidade do bolo está muito relacionada com sua estrutura aerada, na qual é formada através da incorporação de ar, durante o batimento, assim como o desenvolvimento de bolhas durante a cocção. Massas com baixa viscosidade não aprisionam ar suficiente durante o batimento e retém as bolhas que são formadas devido à liberação de gás durante o cozimento o qual levará a um bolo com baixa expansão de volume (PSIMOULI; OREOPOULOU, 2012, MATSAKIDOU; BLEKAS; PARASKEVOPOULOU, 2010).

Kocer et al. (2007) avaliaram a estrutura da massa de bolos com polidextrose como substituto de açúcar e de gordura em bolos. Neste estudo, os autores avaliaram o tamanho e distribuição das bolhas formadas; a estrutura porosa, como tamanho, formato, e entre outras características.

Na Figura 4 está representada esquematicamente uma massa de bolo em dois estágios de processo, sendo a primeira imagem ilustrando o primeiro processo de formação do creme, e na segunda, o processo de batimento final com adição de todos os ingredientes.

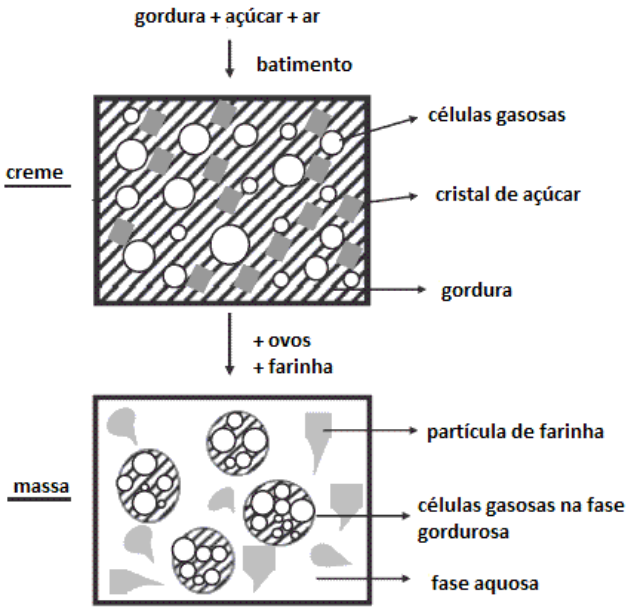


Figura 4 - Etapas de batimento do creme e da massa final em massas de bolos (Adaptado de Wilderjans et al., 2013).

Sistemas aerados são termodinamicamente instáveis. No processo de bolos, devido à alta viscosidade do creme formado com manteiga e açúcar, também conhecido como fase de pré-batimento, as bolhas em suspensão ficam retidas. Durante a cocção, estas bolhas são estabilizadas pelas proteínas do ovo e pelos cristais de gordura. As proteínas são amplamente usadas como emulsificantes para facilitar a formação promovendo a estabilidade e fornecendo propriedades físico-químicas específicas em emulsões óleo em água (CAMPBELL; MOUGEOT, 1999; MCCLEMENTS, 2004).

As proteínas são adsorvidas na superfície da gotícula de óleo recém-formada por meio da homogeneização das misturas de óleo-água-proteína, através da redução da tensão interfacial, retardando a coalescência dessas gotas e formando uma membrana de proteção ao redor destas gotículas (WALSTRA, 2003).

Massas de bolos são sistemas com baixa viscosidade em comparação as massas de pães e biscoitos e há um limite para que a estrutura do glúten se desenvolva durante o batimento; em partes por causa da baixa resistência da massa devido à ação da batedeira e em partes por conta dos efeitos de outros ingredientes que inibem a ação do glúten (CAUVAIN, 2009).

Farinha com elevado teor de proteína resulta em menor volume e textura grosseira de bolo esponja por causa da ruptura da estrutura da espuma pela matriz de glúten formada durante o batimento da massa (CHOI; BAIK, 2013).

Pesquisas têm sido realizadas com relação à eliminação do glúten das formulações de bolos, porém com propriedades nutricionais e de qualidade próximas das formulações originais (GULARTE et al., 2012, SALAS, 2011).

Gularte, Goméz e Rosell (2011) investigaram o impacto da incorporação de diferentes leguminosas (grão de bico, ervilha, lentilha e feijão) na qualidade e na composição química de bolos de camadas, sem glúten, e observaram que o bolo produzido com farinha de lentilha obteve o melhor desempenho.

1.5 Óleos e gorduras

A legislação brasileira RDC nº. 270, de 22 de setembro de 2005 (ANVISA 2005) defini as gorduras, óleos e cremes vegetais da seguinte maneira:

- Óleos Vegetais e Gorduras Vegetais: são os produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécie(s) vegetal (is). Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura.
- Creme Vegetal: é o produto em forma de emulsão plástica ou fluida, constituído principalmente de água e óleo vegetal e ou gordura vegetal, podendo ser adicionado de outro(s) ingrediente(s).

Os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25 ºC e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25 ºC.

Os óleos e gorduras representam um dos constituintes principais e importantes da nossa dieta (HASHIMOTO et al., 2013; MARANGONI et al., 2012). Estes

constituintes são relativamente grandes fornecedores de energia (9 kcal/g) quando comparados aos carboidratos e as proteínas (4 kcal/g) (O'BRIEN, 2009). Os óleos e as gorduras atuam como transportadores das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (MÉJEAN et al., 2013; MARANGONI et al., 2012), fornecem ácidos graxos essenciais, assim como desempenham outras funções importantes ao metabolismo (HASHIMOTO et al., 2013).

Em temperatura ambiente, os óleos apresentam-se no estado líquido e as gorduras apresentam-se no estado sólido, como por exemplo, as manteigas e as gorduras vegetais hidrogenadas (O'BRIEN, 2009).

A modificação dos óleos e das gorduras é um processo muito usado. As gorduras modificadas podem proporcionar sabor diferente, textura e outras características, tais como ponto de fusão e comportamento de cristal modificado (desejável), e também o aumento da vida de prateleira (PULIGUNDLA et al., 2012).

Entretanto, o consumo de óleos e gorduras também afeta a saúde humana (SHIN et al., 2013), como por exemplo, o consumo de ácidos graxos *trans*, provenientes de gorduras parcialmente hidrogenadas, e de gorduras de origem animal (IWATA et al., 2011), que aumentam os riscos de muitas doenças, entre elas as doenças cardiovasculares e a obesidade (CAMP; HOOKER; LIN, 2012; WIJESUNDERA; RICHARDS; CECCATO, 2007).

A reação de hidrogenação de óleos é basicamente a conversão de ligações duplas para ligações saturadas (simples), na presença de gás hidrogênio e de um catalisador metálico como, por exemplo, o níquel (O'BRIEN, 2009; GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002; PULIGUNDLA et al., 2012).

Durante a reação de hidrogenação reações ocorrem simultaneamente, como a saturação das duplas ligações, isomerização (*cis/trans*) e a mudança de posição das duplas ligações na cadeia dos ácidos graxos (O'BRIEN, 2009). A redução de apenas uma fração das ligações duplas resulta em gorduras parcialmente hidrogenadas (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002). A ligação dupla de um ácido graxo insaturado antes da isomerização será na forma *cis*, enquanto que após a isomerização será na forma *trans* mais estável (KALA; JOSHI; GURUDUTT, 2012) conforme ilustração na Figura 5.

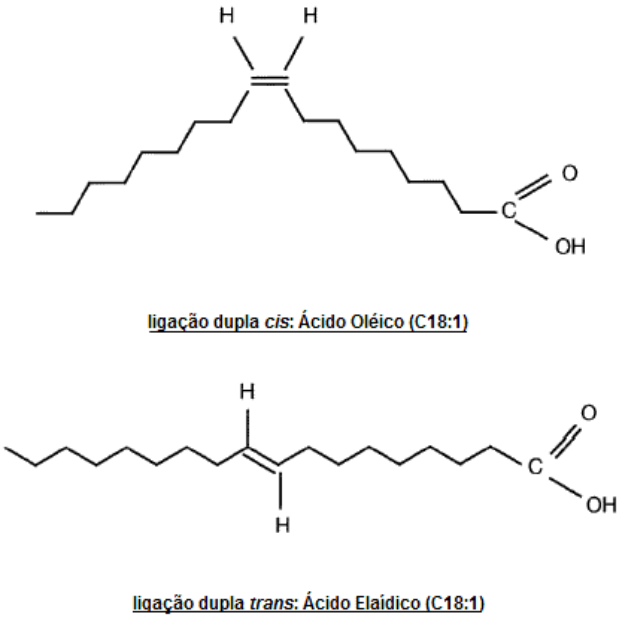


Figura 5 - Estrutura molecular dos isômeros cis e trans de C18:1 (Adaptada de GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002).

Portanto, durante a hidrogenação da gordura vegetal há a formação de ácidos graxos *trans* que aumentam os riscos para as doenças coronarianas, elevando o nível do colesterol LDL, sigla em inglês que significa *Low Density Lipoprotein* (Lipoproteína de baixa densidade), e diminuindo o nível do colesterol HDL, *High Density Lipoprotein* (Lipoproteína de alta densidade) (ZHOU; FAUBION; WALKER, 2011; ADHIKARI et al., 2010).

Os óleos parcialmente hidrogenados podem ser usados para fritura e em alimentos processados. Assim, os produtos feitos a partir de óleos hidrogenados têm vida útil relativamente longa (PULIGUNDLA et al., 2012). Adhikari et al. (2010) apontam que grande parte de margarinas e gorduras vegetais (*shortenings*) são obtidos a partir da hidrogenação parcial de óleos vegetais, resultando em produtos com ampla faixa de ponto de fusão para serem aplicados em produtos de panificação.

Nas gorduras, como margarina e *shortening*, as características funcionais de sistemas de gorduras naturais foram modificadas para proporcionar a consistência desejável, e mantendo a qualidade do produto final. Estas gorduras modificadas oferecem utilidade funcional especial para aplicações como ingredientes de

recheios, coberturas, produtos de panificação, confeitaria e culinária (GHOTRA, DYAL, NARINE, 2002).

O termo "*shortening*" refere-se à capacidade de uma gordura lubrificar, enfraquecer ou encurtar a estrutura dos componentes dos alimentos de forma que funcionem de um modo característico para proporcionar propriedades de textura desejáveis a um produto. (GHOTRA, DYAL, NARINE, 2002).

Conforme O'Brien (2009), o termo *shortening*, originalmente, foi usado para descrever a funcionalidade ocorrida naturalmente de gorduras como a banha de porco e a manteiga em produtos panificados. Segundo o autor, estas gorduras promoviam qualidade a esses produtos contribuindo com o amaciamento e prevenindo a coesão do glúten (farinha) durante o batimento e o cozimento. Mais tarde, *shortening* tornou-se o termo usado para todos os tipos de óleos processados, quando foi abandonado o conceito de substituto de banha de porco.

Conforme visto anteriormente que as gorduras parcialmente hidrogenadas contribuem para o aumento do consumo de ácidos graxos *trans*, a interesterificação tem sido um dos métodos para a modificação e produção de *shortenings low trans* (baixo teor de ácidos graxos *trans)* ou zero *trans*, em substituição às gorduras parcialmente hidrogenadas (CONFORTI, 2006; DOGAN; JAVIDIPOUR; AKAN, 2007; SOARES et al., 2012).

A interesterificação pode ser entendida como o rearranjo ou redistribuição dos ácidos graxos ao acaso (O'BRIEN, 2009), através da quebra de um triacilglicerol específico, resultando na modificação da composição, ou dentro da estrutura da molécula do triacilglicerol, ou entre os triacilgliceróis (TAGs) (GHOTRA, DYAL, NARINE, 2002). Essas reações podem acontecer por meio de catalisadores químicos, como os metais sódio, e catalisadores enzimáticos, por exemplo, os bio-catalisadores como as lipases (FARFÁN et al., 2013; SILVA et al., 2010).

Pelo fato de não ocorrer isomerização da molécula, o método de interesterificação não produz ácidos graxos *trans* (FARFÁN et al., 2013), e portanto é considerado um método indicado para a produção de gorduras saudáveis (DOGAN; JAVIDIPOUR; AKAN, 2007). Outra característica da interesterificação é a produção de gorduras semi-sólidas com propriedades físicas desejáveis como a modificação do ponto de fusão, conteúdo de gordura sólida e plasticidade (SILVA et al., 2010). Por esta razão, os óleos totalmente hidrogenados são interesterificados com óleo líquido insaturado. Gorduras como estearina de palma e óleo láurico

(ADHIKARI et al., 2010), bem como o óleo de coco, e o óleo de canola (SOARES et al., 2012).têm sido usadas para produzir margarinas zero *trans.*

As gorduras interesterificadas têm sido aplicadas para a produção de produtos de panificação. Dogan, Javidipour e Akan (2007) utilizaram o método de interesterificação química em óleo de palma (OP) e óleo de algodão (OA) em proporções de 0, 25, 50 e 100 (% m/m) para substituir a gordura hidrogenada em massas de bolos. Por meio dos resultados, os autores concluíram que as misturas (OP:OA) entre a razão 75:25 e 50:50 (% m/m) não tiveram diferenças significativas com relação as mudanças nas propriedades sensoriais em comparação a gordura hidrogenada e que, portanto, a interesterificação pode ser satisfatoriamente aplicada na produção de *shortenings* para bolos.

Li et al (2010) estudaram o método de interesterificação enzimática com óleo de girassol e óleo de soja totalmente hidrogenado, e observaram que os produtos interesterificado corresponderam às gorduras sólidas para panificação com ponto de fusão variando na faixa de 39 - 45 ºC.

1.6 *Shortening* para bolos

Os *shortenings* ou cremes vegetais para bolos, além de proporcionarem maciez ao produto também atuam como umectantes (MANZOCCO et al., 2012). Um bolo pode ser preparado com óleo ou com gorduras vegetais dando a mesma sensação de maciez, miolo úmido que um bolo preparado com a mesma formulação, porém utilizando-se uma gordura plástica emulsionada (CONFORTI, 2008).

Os bolos com funcionalidade física aprimorada são feitos a partir do uso de *shortenings* super glicerinados, pois contém mono- e di-glicerídios como emulsificantes. Estes emulsificantes são os mais utilizados nas indústrias alimentícias, principalmente na indústria de panificação, representando mais da metade do uso de emulsificantes (GHOTRA, DYAL, NARINE, 2002; O'BRIEN, 2009).

Cheong et al (2010) apontam que os *shortenings* utilizados para panificação devem conter no mínimo 20% de conteúdo de gordura sólida (*SFC*) à temperatura de 25 ºC, e 5% pelo menos de SFC à 40 ºC para promover formação estrutural em bolos.

O uso de *shortenings* líquidos tem ocorrido pelas indústrias na fabricação de bolos, proporcionando facilidade durante o uso, tanto manualmente como por bombeamento (ZHOU; FAUBOIN; WALKER, 2011; RUTKOWSKA; ZBIKOWSKA, 2010). Essas gorduras possuem em seu sistema uma pequena quantidade de gordura sólida, geralmente na forma cristalina β' em uma concentração que manterá a viscosidade baixa para o bombeamento, mas que seja alto o suficiente para manter a suspensão estável (O'BRIEN, 2009). Ribeiro et al. (2009) produziram gordura vegetal líquida que pode ser bombeada e envasada a baixas temperaturas com ponto de fusão variando entre 10 - 15 ºC a partir de misturas interesterificadas de óleo de soja (OS) com óleo de soja totalmente hidrogenado (OSH) na proporção 90:10, respectivamente. As proporções 70:30 (OS:OSH) das misturas interesterificadas produziram *shortenings* com ponto de fusão de 39 ºC. Segundo os autores, os shortenings do tipo *all-purpose* (possuem aplicações e todos os produtos), utilizados na fabricação de produtos panificados e confeitaria, podem chegar com o ponto de fusão a 42 ºC.

Os emulsificantes típicos utilizados em *shortenings* líquidos podem ser uma combinação de monoglicerídios de lactato e esteres de propilenoglicol (SAHI, 2008). Os monoglicerídios saturados são preferidos para produção de bolos, pois formam complexos com a fração de amilose do amido, resultando em bolos com miolo leve e vida de prateleira prolongada (GHOTRA; DYAL; NARINE, 2002).

A gordura vegetal líquida tem sido alvo de estudos em massas de bolos conforme Zhou, Faubion, Walker (2011) relataram. Os pesquisadores compararam formulações de bolos produzidos com óleo de soja sem adição de emulsificantes em relação à gordura vegetal emulsificada (*shortening* plástico), gordura vegetal líquida (*shortening* líquido) com e sem emulsificantes e óleo de soja combinado com diferentes tipos de emulsificantes. Neste estudo, os bolos produzidos com gordura vegetal líquida obtiveram melhores desempenhos em relação à firmeza e a outras características.

Margarina líquida tem sido usada para testar a viabilidade de seu uso em bolos. Rutkowska e Zbikowska (2010) aplicaram margarina líquida em substituição a manteiga (controle) nas formulações e relataram resultados satisfatórios em relação à textura (sem diferença significativa), embora a formulação com manteiga tenha apresentado melhores pontuações no teste sensorial.

1.6.1 O papel da gordura em massas de bolos

As gorduras são ingredientes muito importantes para a indústria de panificação, porque elas compreendem de 10 a 50% da maior parte dos produtos panificados (O'BRIEN, 2009), sendo usados em uma faixa de consistência desde o óleo líquido até gorduras sólidas com altos pontos de fusão (JACOB; LEELAVATHI, 2007).

Os *shortenings* possuem inúmeras funções em produtos de panificação. Dentre elas estão: textura, maciez, integridade da estrutura, sensação bucal (*mouthfeel*), lubrificação, incorporação de ar, transferência de calor e vida de prateleira estendida (ZHOU; FAUBION; WALKER 2011).

São três as funções básicas da gordura vegetal em bolos (KUMARI et al., 2011):

- Incorporação de ar durante o processo de batimento do creme, promovendo aeração e acabamento do bolo;
- Revestimento das proteínas e das partículas de amido, prevenindo a hidratação e a continuação da rede de glúten-amido;
- Emulsificante para os líquidos da massa, aumentando o teor de umidade do miolo, sendo os dois últimos itens responsáveis pela textura do miolo e maciez do produto final.

Em muitos sistemas de massas, as bolhas de ar são incorporadas pela ação da gordura no processo de batimento do creme, onde essas bolhas ficam retidas na fase contínua da emulsão, em temperatura ambiente (JACOB; LEELAVATHI, 2007; GOLDSTEIN; SEETHARAMAN, 2011; WILDERJANS et al., 2013), ao invés de ficarem na fase aquosa. Porém, conforme a massa se aquece durante o cozimento, essas bolhas de ar se transferem da fase gordurosa para a fase aquosa proporcionando uma estrutura esponjosa e volumosa após o cozimento (CAUVAIN, 2009).

Segundo Acevedo, Block, Marangoni (2012) e Marangoni et al. (2012), as propriedades mecânicas das gorduras são influenciadas por uma série de fatores, incluindo o conteúdo de gordura sólida, o polimorfismo no estado sólido e a estrutura da rede cristalina.

Estas propriedades podem interferir no processamento de bolos, conforme descreveu Wilderjans et al. (2013) em que as propriedades do creme são afetadas pelo conteúdo de gordura sólida e pelos tipos de cristais.

As gorduras podem cristalizar em três formas predominantes como α (alfa), β (beta) e β'(beta prima) na ordem crescente de ponto de fusão, densidade e estabilidade, respectivamente (MARANGONI et al. 2012; LANNES; IGNÁCIO, 2013). Para que os cristais de gordura auxiliem na estabilização da emulsão, é necessário que se juntem na interface da gotícula da emulsão, promovendo uma barreira física que impeça a coalescência (ROUSSEAU 2000).

Os cristais de gorduras tem um papel importante na formação das massas, devido a sua influência no volume, estrutura do miolo e características de textura no produto final (SMITH et al., 2011). Brooker (1996) diz que os cristais de gordura se ligam às células de ar da massa. Durante o cozimento a gordura se torna disponível para atuar como uma membrana. Por esta razão, a concentração de gordura sólida é necessária para um *shortening* obter um bom desempenho. É essencial que a gordura tenha a forma cristalina β' para promover um melhor desempenho na formação do creme, além de obter efetividade na dispersão do ar e também promover volume grande ao produto final (JACOB; LEELAVATHI, 2007; GHOTRA, DYAL, NARINE, 2002; CHEONG et al., 2011).

Além da capacidade de aeração que a gordura proporciona, sugere-se que a forma cristalina da gordura contribue para a estabilidade da espuma na massa e também durante o cozimento. Os cristais de gordura com o melhor desempenho são pequenos e com formatos de agulhas e podem alinhar-se entre si na interface ar-gordura, e, portanto, estabilizando assim as bolhas de ar incorporadas no processo de batimento (SAHI, 2008).

A hipótese de Brooker (1993) tem sido muito citada em recentes trabalhos para explicar o comportamento dessas partículas de gorduras em massas de bolos (WILDERJANS et al., 2013; ZHOU; FAUBION; WALKER, 2011). O autor explica que os cristais de gordura deslocam-se da gotícula de gordura, e conforme esses cristais surgem na fase aquosa da massa, tornam-se revestidos por uma proteína hidrossolúvel tenso-ativa. As proteínas, assim como os cristais de gordura, portanto, agem como partículas que estabilizam a emulsão e a espuma dentro da massa.

De acordo com a Figura 6, em massas preparadas pelo método de um único estágio de batimento, os cristais de gordura se adsorvem nas bolhas de ar durante o

processo criando uma camada contínua de proteína entre a interface ar-água e os cristais de gordura (WILDERJANS et al.,2013).

Durante o cozimento, as bolhas de ar se expandem, gerando uma nova área interfacial que necessita ser estabilizada para não ocorrer a ruptura da espuma antes que a expansão tenha sido atingida suficientemente (KOCER et al., 2007).

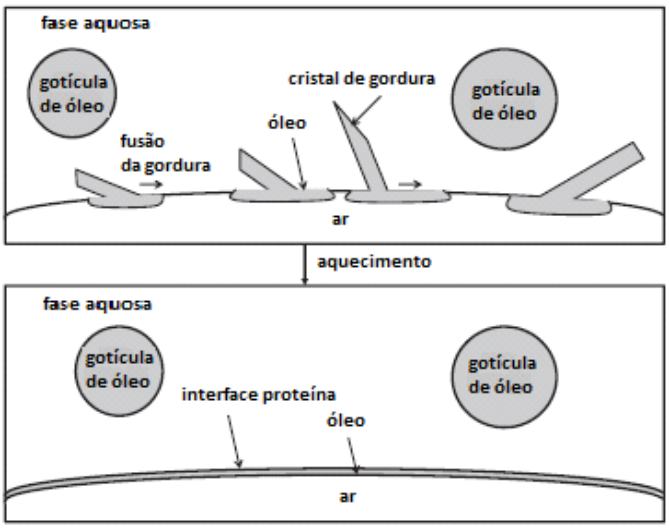


Figura 6 - Fusão da gordura durante o assamento de massas de bolos preparadas em um único estágio (Adaptada de Wilderjans et al., 2013).

A proteína que é liberada em decorrência do derretimento dos cristais de gordura torna-se disponível para estabilizar a expansão das bolhas de ar. Neste caso, os cristais de gordura atuam como um reservatório de material tenso-ativo que permanecem muito próximos das bolhas de ar conforme elas se expandem (BROOKER, 1996).

A partir do resultado deste mecanismo, a massa pode se expandir durante o cozimento sem se romper produzindo bolos de grandes volumes e estrutura fina do miolo com extensiva conectividade de células (SAHI, 2008).

A Figura 7 ilustra uma massa de bolo produzida com gordura vegetal hidrogenada.

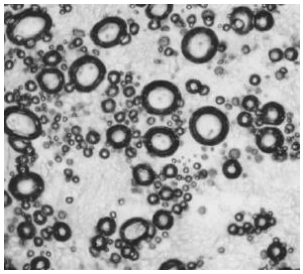


Figura 7 - Microscopia eletrônica de varredura (Magnificação 10 x) de massa de bolo produzida com gordura vegetal hidrogenada (KUMARI et al., 2011).

1.7 Alternativas às gorduras vegetais hidrogenadas

Os produtos de panificação como bolos, biscoitos e pães contam com uma proporção significativa de gorduras ingeridas (GÓMEZ et al., 2008).

Os ácidos graxos *trans* (AGT) estão fortemente correlacionados com um aumento do risco de muitas doenças, entre elas, as doenças cardiovasculares (ANSORENA et al., 2013). A obrigatoriedade de se colocar nos rótulos as quantidades de ácidos graxos *trans* em cada produto ocorreu nos Estados Unidos a partir de 2003 forçando os produtores de óleos e gorduras a substituírem a gordura hidrogenada.

Muitas são as pesquisas a favor das substituições das gorduras vegetais hidrogenadas em bolos. Essas substituições podem variar em seus ingredientes, sendo eles provenientes de lipídios (SOWMYA et al., 2009; ESTELLER; AMARAL, LANNES, 2004), fibras (LEE; PARK; LEE, 2011) e hidrocolóides (ZAMBRANO et al., 2005; GÓMEZ et al., 2007).

Um estudo realizado por Kumari et al. (2011) verificou efeitos positivos em relação ao perfil de ácidos graxos ao utilizarem óleo de coco e óleo de girassol. Também foi verificada similaridade nas características de bolos com combinações de emulsificantes e hidrocolóides (goma guar e carboximetilcelulose) em relação às massas de bolos produzidas com gordura vegetal hidrogenada.

O efeito da substituição total e parcial da margarina por óleo de oliva extra virgem em bolo Madeira foi realizado por Matsakidou, Blekas e Paraskevopoulou (2010). Neste estudo, os pesquisadores verificaram uma melhora nas características

dos bolos com a mistura de azeite de oliva extra virgem e margarina, e também revelaram que na análise sensorial a pontuação foi similar ao bolo controle (gordura vegetal hidrogenada).

Devido ao alto valor energético promovido pelas gorduras, uma das maneiras da indústria promover vantagens aos alimentos, incluindo os produtos de panificação, é substituir a gordura por fibras dietéticas (ROMERO-LOPEZ et al., 2011; KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012). O uso de ingredientes, que contenham β-glucanas, como hidrocolóides nas indústrias de alimentos é baseado em sua potencialidade como agente reológico, isto é, seu poder geleificante e sua habilidade para aumentar a viscosidade de sistemas aquosos. Além do mais, as fibras promovem benefícios à saúde protegendo contra as doenças cardiovasculares, câncer e outras doenças degenerativas (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007; AJILA; LEELAVATHI; PRASADA RAO, 2008; KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012).

Lee, Park e Lee (2011) estudaram os efeitos das β-glucanas em massas de bolos e analisaram textura, cor e volume obtendo resultados satisfatórios como volume alto, viscosidade e valores de textura maiores que a controle onde não houve aplicação da β-glucana. Portanto, neste estudo foi concluido que a aplicação destas fibras não degradaram os parâmetros de qualidade do produto final.

A inulina também tem mostrado bons resultados quando incorporada em formulações de *muffins* (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2012; ZAHN; PEPKE; ROHM, 2010) e biscoitos (VITALI; DRAGOGEVIC; SEBECIC, 2009; HEMPEL; JACOB; ROHM., 2007).

As gomas tem sido adicionadas nas formulações, como substitutos de gordura (MATUDA et al., 2008), em massas de bolos para aumentar a viscosidade e a estabilidade da massa (SEYHUN; SUMNU; SAHIN, 2003; ASHWINI; JYOTSNA; INDRANI, 2009). Os hidrocolóides podem modificar a gelatinização do amido e estender a qualidade do produto durante a vida de prateleira (GÓMEZ; RUIZ; OLIETE, 2011; MATUDA et al., 2008).

Bolos e biscoitos foram formulados com celulose microcristalina (CMC), ovo e pectina como substitutos de gordura. Os resultados mostraram que os bolos produzidos com CMC e pectina produziram bolos com teor reduzido de ácidos graxos saturados. O teste de aceitabilidade mostrou que os bolos formulados com os substitutos não tiveram diferença significativa em relação ao bolo com gordura.

Desta forma, sugeriu-se a formulação de produtos de panificação com CMC e pectina como substitutos de gordura (WAFFA et al., 2011).

Zambrano et al. (2005) avaliaram a redução de gordura em formulações de bolos com a substituição parcial (50%) pelos ingredientes goma guar, goma xantana e emulsificante. Os resultados encontrados confirmam a possibilidade de obtenção de bolos com maior volume, características internas e aspecto geral similar e com redução do teor de gordura de pelo menos 50%, quando comparados com o padrão, se substituídos na formulação níveis iguais ou superiores a 29,80% de gordura.

Em outro estudo (ZAMBRANO et al., 2004), os pesquisadores realizaram o teste de aceitabilidade com bolos formulados com substituição em 50% de gordura vegetal hidrogenada (controle) por goma xantana e goma guar. A formulação com goma xantana obteve melhores resultados em todas as características avaliadas no teste, tanto em relação com o bolo controle quanto o bolo formulado com goma guar.

1.8 Ingredientes

Os principais ingredientes de um bolo são: farinha, açúcar, gordura, ovos, leite, fermento e água entre outros ingredientes importantes, como aromas, conservantes e enzimas. Na maioria desses produtos usa-se farinha de trigo branca ao invés de farinha de trigo integral que causa volume baixo. As propriedades físicas dos bolos como volume, formato, textura, porosidade e cor são complexas e dependem de muitos fatores como os ingredientes da massa (GOMÉZ et al., 2008).

A formulação tem uma grande influência na estrutura aerada da massa, assim como influencia os fenômenos físico-químicos de todo o processo (ALLAIS; EDOURA-GAENA; DUFOUR, 2006).

1.8.1 Açúcar

Uma das funções do açúcar é resultar em uma boa incorporação de ar que conduz a uma espuma mais estável e viscosa. O açúcar afeta a estrutura física dos produtos durante a cocção, regulando a gelatinização do amido. O atraso da gelatinização do amido permite que bolhas de ar se expandam corretamente devido a pressão de vapor proveniente do dióxido de carbono e do vapor de água, antes da estruturação do bolo. Com a concentração usada em bolos (55-60%), o açúcar retarda a gelatinização do amido de 57°C para 92°C permitindo a estrutura desejada (KOCER et al., 2007).

1.8.2 Ovos

Seu papel fundamental é, entre outros, emulsificante e amaciante devido à presença de gordura na gema. Assim como outros ingredientes, os ovos possuem muitas propriedades como formador de espumas (ASHWINI; JYOTSINA; INDRANI, 2009).

Agentes tenso-ativos do ovo como as proteínas (ovoalbumina) e emulsificantes (lecitina), que estão envolvidos na complexação do amido, fortalecimento das proteínas e na aeração, desempenham um papel fundamental para a formação e estabilização das bolhas de ar (ALLAIS; EDOURA-GAENA; DUFOUR, 2006).

Há estudos que fazem a substituição parcial de ovos em formulação de bolo com hidrocolóides e emulsificantes como relataram Ashwini, Jyotsina e Indrani (2009), onde obtiveram bons resultados para a qualidade desses produtos.

1.8.3 Fermento químico

Tem ação de aerar a massa durante o batimento, melhorando as propriedades de textura e volume. O fermento químico libera dióxido de carbono quando aquecido

ou sob agitação. O gás formado exerce grande pressão dentro da massa, resultando no aumento do volume no produto final (INDRANI; RAO, 2008).

O íon de hidrogênio reage com o íon bicarbonato em uma forma simples de produzir água e dióxido de carbono. O gás dióxido de carbono expande a massa durante o aquecimento fazendo o seu volume aumentar (BAIK; MARCOTTE; CASTAIGNE, 2000), conforme é ilustrado na Equação 1.

(Equação 1)

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$$

1.8.4 Leite em pó

Sua função está na formação estrutural, contribui para o escurecimento da crosta devido à quantidade de proteína e açúcar. A lactose regula a coloração da crosta (INDRANI; RAO, 2008).

1.8.5 Sal

Ajusta o dulçor, elimina o sabor de outros ingredientes, diminui a temperatura de caramelização da massa e auxilia na coloração da crosta (INDRANI; RAO, 2008).

1.8.6 Água

A água componente dos alimentos, ao assumir o papel de solvente, atua como veículo ideal à dispersão de solutos. Além disso, sua participação é fundamental à ocorrência de processos químicos e enzimáticos.

A água dissolve o açúcar, o leite e outros ingredientes secos assim como contribui para a umidade e consistência no produto final. Desenvolve a proteína da farinha em uma extensão muito limitada a fim de reter o gás proveniente da fermentação.

1.8.7 Emulsificante

Os alimentos representam sistemas coloidais complexos e a adição de emulsificantes desempenha um papel fundamental para a garantia da textura desejada, da uniformidade do produto e da extensão do seu *shelf life (*O'BRIEN, 2009). Esses aditivos são regulamentados nos Estados Unidos pelo FDA (*Food and Drugs Administration*) e no Brasil pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) que estabelece níveis máximos permitidos para cada categoria de alimentos.

Incorpora e subdivide o ar na fase líquida para promover a formação de espuma e dispersão uniforme de gordura que contém células de ar retidas, proporcionando mais campos de expansão de gás, resultando em grande volume e textura macia. Os emulsificantes tipo gel resultam na diminuição da densidade e promove o aumento do número de bolhas (INDRANI; RAO, 2008).

Os emulsificantes promovem a incorporação de ar na forma de bolhas finas e dispersa a gordura em partículas de tamanhos pequenos promovendo desta forma o aumento do número máximo de bolhas de ar (KUMARI et al., 2011).

1.9 Matérias primas substitutas da gordura hidrogenada

1.9.1 Gordura de palma

O fruto da árvore de palma (*Elaeis guineesins*) é fonte de dois diferentes tipos de óleo: o óleo de palma bruto proveniente do mesocarpo do fruto e o óleo de palma bruto proveniente das amêndoas do fruto (NG; GIBON, 2010).

O pericarpo do fruto consiste de três camadas: o exocarpo (pele), mesocarpo (polpa exterior que contém o óleo de palma) e o endocarpo (casca dura que envolve o endosperma, onde contém reservas de óleo e carboidratos para o embrião).

A Figura 8 ilustra um fruto seccionado mostrando as três camadas que o compõe.

Figura 8 - Fruto da palmeira onde se extrai o óleo de palma.

O óleo obtido do fruto da palmeira tem crescido para ser um dos óleos vegetais mais importantes, devido as suas propriedades vantajosas, tais como grande elevação em sua produtividade, baixo custo, composição de ácidos graxos, estabilidade a oxidação elevada, grandes quantidades de vitamina E e tocoferóis, boa plasticidade em temperatura ambiente e tendem a se cristalizar na forma de cristais β' (DE LEONARDIS; MACCIOLA, 2012; RAMLI et al., 2008; NG; GIBON, 2010).

Muitas indústrias começaram a usar o óleo de palma, ao invés do óleo de soja, para obtenção de gordura zero-*trans*. Em temperatura ambiente é líquida, podendo apresentar precipitação de triacilgliceróis de maior ponto de fusão caso este produto seja estocado em ambientes frios. Por seu baixo teor de ácido linolênico (C18:3) (Quadro 1) este produto possui elevada resistência a oxidação. Por não ter sido

submetido a processos de hidrogenação artificial é livre de ácidos graxos *trans* (AGROPALMA, 2011). Isto torna os produtos de palma, especialmente a estearina de palma, como substitutos das gorduras hidrogenadas (RAMLI et al., 2008).

Ácidos graxos	**Faixa (%)**
C-12:0 Láurico	0,1 – 1,0
C-14:0 Mirístico	0,9 – 1,5
C-16:0 Palmítico	41,8 – 46,8
C-16:1 Palmitoléico	0,1 – 0,3
C-18:0 Esteárico	4,5 – 5,1
C-18:1 Oléico	37,3 – 40,8
C-18:2 Linoléico	9,1 – 11,0
C-18:2 Linolênico	0,4 – 0,6

Quadro 1 - Composição de ácidos graxos na gordura de palma (O'BRIEN, 2009).

A aplicação de gordura de palma em bolo tem mostrado efeitos desejados no produto final. Dogan, Javidipour e Akan (2007) relataram que o uso dessa gordura obteve a redução de ácidos graxos *trans* em comparação aos bolos produzidos com gordura vegetal hidrogenada.

1.9.2 Óleo de coco

A palmeira de coco (*Cocos nucifera* L) é considerada como sendo proveniente da área do oceano Pacífico e é cultivada principalmente nesta região. Em seu caroço está a origem de muitos produtos como o óleo de coco, o leite de coco, farinha, proteína e o farelo de copra (NG; GIBON, 2010).

É considerado um óleo estável, além de mais saudável, pois não apresenta gordura *trans*, que é gerada pelo processo de hidrogenação. O óleo de coco comercial pode ser composto de antioxidantes, diminuindo a ação dos radicais livres,

além de ser rico em vitamina E, Ômega 6 e Ômega 9. É extraído da fruta fresca, prensado a frio, não passando por nenhum tipo de refinamento (COPRA ALIMENTÍCIA, 2011).

Os triacilgliceróis do óleo de coco tem baixo grau de insaturação e consistem em dois ácidos graxos majoritários em sua composição: o ácido láurico e o ácido mirístico.

O óleo de coco possui os seguintes ácidos graxos, como mostra o Quadro 2.

Ácidos graxos	**Faixa (%)**
C-6:0 Capróico	0,4 – 0,6
C-8:0 Caprílico	6,9 – 9,4
C-10:0 Cáprico	6,2 a 7,8
C-12:0 Láurico	45,9 – 50,3
C-14:0 Mirístico	16,8 – 19,2
C-16:0 Palmítico	7,7 – 9,7
C-18:0 Esteárico	2,3 – 3,2
C-18:1 Oléico	5,4 – 7,4
C-18:2 Linoléico	1,3 – 2,1
C-20:0 Araquídico	<0,2
C-20:1 Gadoléico	<0,2

Quadro 2 - Composição dos ácidos graxos no óleo de coco (O'BRIEN, 2009).

Mais de 90% do óleo de coco é composto por ácidos graxos saturados que conta para sua excelente estabilidade oxidativa. O óleo de coco é uma fonte rica de triacilglicóis de cadeia média (TCM), que são compostos por ácidos graxos C-6, C-8 e C-10. Devido à alta quantidade de TCM, o óleo de coco é muito utilizado em formulações infantis e alimentos com propriedades medicinais para pessoas que não podem absorver ácidos graxos de cadeias longas. O óleo de coco encontra-se no estado sólido em temperatura ambiente (21,1 ºC), mas fundi-se completamente abaixo da temperatura corporal (O'BRIEN, 2009).

Ainda há poucos trabalhos publicados com relação à aplicação do óleo de coco em produtos industrializados como, por exemplo, na panificação.

Porém, em um estudo realizado por Kumari et al. (2011) os autores utilizaram o óleo de coco puro e misturas com emulsificantes em massas de bolos avaliando suas propriedades reológicas, o perfil de ácidos graxos e as características de qualidade (textura, cor, gravidade específica, volume e análise sensorial) utlizando como controle bolos feitos com gordura vegetal hidrogenada. Foi observado um decréscimo nos valores da viscosidade da massa, volume e em todas as características de qualidade. Os resultados da análise de perfil de ácidos graxos dos bolos detectaram a presença de 48,9% de ácido láurico na formulação feita somente com o óleo de coco.

1.9.3 Óleo de castanha do Brasil

A semente da castanheira *(Bertholletia excelsea* H. B. K.) com denominação para fins de comércio internacional de castanha-do-brasil, pertence à família das *Lecythidaceae.* A maior parte da castanha do Brasil destina-se ao consumo *in natura*. Entretanto, a castanha-do-Brasil possui uma ampla cadeia de produtos e subprodutos, sendo recomendada como matéria prima de óleo, devido ao elevado conteúdo de lipídios (FREITAS et al.,2007).

As amêndoas da castanha do Brasil (Figura 9) têm grande potencial para contribuir com a pesquisa de alimentos, principalmente devido à sua composição lipídica, proteica e antioxidante, como o selênio. Ele é um mineral essencial, e quando combinado com a vitamina E é um dos antioxidantes orgânicos mais importantes (SANTOS et al., 2013).

Figura 9 - Castanhas do Brasil.

Seu teor lipídico em torno de 60 a 70% e perfil em ácidos graxos com teores médios predominantes em ácidos graxos insaturados, com maior destaque para os ácidos oléico ω 9, linoléico ω 6, linolênico ω 3, além da presença dos ácidos palmítico, mirístico e palmitoleico (Quadro 3), mostram a importância dessa porção lipídica encontrada nessa oleaginosa (SANTOS et al., 2012). Seus níveis de tocoferol, fitoesteróis, e compostos fenólicos, entre outros fatores, têm sido relatados como potencialmente benéficos para a manutenção da saúde (SANTOS et al., 2013).

Ácidos graxos	**(%)**
C-14:0 Mirístico	0,058
C-16:0 Palmítico	14,24
C-16:1 Palmitoléico	0,01
C-18:0 Esteárico	11,19
C-18:1 Oléico	36,26
C-18:2 Linoléico	37,53
C-18:3 Linolênico	0,076

Quadro 3 - Composição de ácidos graxos do óleo de castanha do Brasil obtido por prensa hidráulica (SANTOS et al., 2012).

1.9.4 Óleo de Soja

O óleo de soja é obtido a partir das sementes de soja (*Glycina maxima*) que crescem em muitos países ao redor do mundo. O óleo de soja tornou-se um óleo vegetal popular devido às suas características nutricionais (Quadro 4), valor econômico e ampla funcionalidade.

A soja representa cerca de 60% do consumo de óleo total, e uso de sementes de soja geneticamente modificadas, para a produção de óleo de soja, tem sido continuamente crescente. O óleo de soja é o óleo vegetal mais consumido no

mundo. Ele aparece com uma grande variedade de alimentos processados e produtos industriais, sabões e biodiesel (NIKOLIC et al., 2014).

Ácidos graxos	**(%)**
C-14:0 Mirístico	<0,2
C-16:0 Palmítico	8,0 – 13,3
C-16:1 Palmitoléico	<0,2
C-18:0 Esteárico	2,4 – 5,4
C-18:1 Oléico	17,7 – 26,1
C-18:2 Linoléico	49,8 – 57,1
C-18:3 Linolênico	5,5 – 9,5

Quadro 4 - Composição de ácidos graxos do óleo de soja (O'BRIEN, 2009).

O óleo de soja contem em sua composição ácidos graxos essenciais ω 3 e ω 6 e sua estrutura dos triacilgliceróis é caracterizada por ausência quase total de ácidos graxos saturados na posição *sn*-2, distribuição aleatória de ácidos graxos oléico e linolênico nas disposições de toda molécula de glicerol e alta proporção de ácido graxo linoléico na posição *sn*-2. O óleo de soja hidrogenado com saturação quase completa possui um nível alto de ácido esteárico e critaliza na forma β (O'BRIEN, 2009).

1.9.5 Aveia

A aveia *(Avena sativa)* é um ingrediente bastante empregado em formulações alimentícias. Este cereal contém em sua composição química, ácidos graxos, aminoácidos, vitaminas e sais minerais indispensáveis ao organismo e, principalmente, pela composição de fibras alimentares como as β-glucanas (GUTKOSKI et al., 2007). O uso de ingredientes contendo β-glucanas como

hidrocolóides nas indústrias de alimentos é baseado em sua potencialidade como agente reológico, devido ao seu poder geleificante e sua habilidade para aumentar a viscosidade de sistemas aquosos.

Uma possível explicação para a elevada viscosidade apresentada por dispersões aquosas desta molécula estaria na atração por pontes de hidrogênio, verificada entre cadeias adjacentes (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007). São solúveis em água, promovendo elevada viscosidade em soluções aquosas e são componentes naturais de fibra dietética.

Grãos de aveia contêm nutrientes importantes como as fibras solúveis (β-glucanas), proteínas, ácidos graxos insaturados, vitaminas e minerais. A ingestão de β-glucanas promove a diminuição no nível de colesterol no sangue (FLANDER et al., 2008).

A aveia é um ingrediente básico em muitos produtos, incluindo aqueles com teor reduzido de gorduras ou de calorias e de alto teor de fibras. A farinha de aveia é um espessante que proporciona textura cremosa e macia (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007).

Este cereal possui muitas vantagens principalmente porque promove importantes benefícios à saúde como efeitos positivos às doenças do coração, índice glicêmico e colesterol baixo devido a sua grande quantidade de nutrientes. Nos produtos de panificação, as β-glucanas enriquecem os produtos aumentando os teores de fibras, fornecendo qualidade nutricional (LEE; PARK; LEE, 2011).

Lee, Park e Lee (2011) estudaram os efeitos das β-glucanas em massas de bolos obtendo resultados satisfatórios como volume alto, viscosidade e valores de textura maiores que a controle onde não houve aplicação da β-glucana. Conclui-se que a aplicação destas fibras não degradam os parâmetros de qualidade do produto final.

Um estudo realizado por Gularte et al. (2012) investigou o potencial das fibras solúveis e insolúveis em bolos sem glúten analisando as propriedades tecnológicas e nutricionais. Neste estudo foram aplicadas misturas de fibras solúveis e insolúveis nas formulações, substituindo parcialmente a farinha de arroz (controle). Foi observado que bolos com formulações contendo aveia e inulina obtiveram melhores resultados com relação às formulações com aveia e goma-guar. A aplicação parcial (20 g/100 g) de fibras dietéticas alterou as propriedades da massa, textura, volume e da composição nutricional dos bolos.

Lee, Kim e Inglett (2005) avaliaram as propriedades físicas e reológicas de bolos utilizando o substituto de gordura Oatrim®, produto obtido através da hidrólise enzimática da farinha de aveia, rica em fibras solúveis (β-glucanas). Nas formulações com substituições de gorduras a 20% não ocorreram mudanças significativas ($p > 0,01$), a maciez exibiu-se similar ao bolo controle, e não ocorreram perdas na qualidade do produto final. Nas formulações com 40 e 60% de substituição houve mudanças significativas em relação à gravidade específica, volume e propriedades reológicas.

1.10 Textura

A textura é uma propriedade sensorial e, portanto somente o ser humano ou um animal podem percebê-lo e descrevê-lo. Também pode ser considerada como um atributo de multi-parâmetros, não só como a mastigabilidade e a maciez, mas também uma gama de características. A textura deriva-se a partir da estrutura dos alimentos e é detectada por muitos sentidos como o senso do toque e da pressão (SZCZESNIAK, 2002).

A textura pode ser considerada como uma manifestação das propriedades reológicas de um alimento e constitui um atributo importante de qualidade, tem influência nos hábitos alimentares, na preferência do consumidor, afeta o processamento e o manuseio dos alimentos. A medida precisa, consistente e objetiva da textura tem valor inestimável no campo em que as técnicas de análise de textura são empregadas tanto na monitoração do desenvolvimento do produto, quanto na identificação de problemas de processamento, tais como na falta de uniformidade do produto (MACHADO; PEREIRA, 2010).

A aceitação dos consumidores por alimentos sólidos aerados como pães bolos e *snacks* está fortemente associada com a textura do produto. Os atributos sensoriais dos alimentos aerados são dependentes dos tamanhos das células e suas distribuições, o formato delas e a espessura da parede celular (SOZER et al. , 2011).

1.10.1 Análise de compressão-extrusão (back extrusion)

A análise de compressão-extrusão ou também conhecida como *back extrusion* é usada para avaliar as propriedades de escoamento de um fluido. É aplicada, particularmente, a produtos de consitência pastosa ou que contenham partículas em suspensão (GUJRAL; SODHI, 2002).

A partir dos dados das amostras obtém-se a curva relacionando a força no pistão *versus* a distância que o pistão percorre. Curvas a partir de diferentes amostras, envolvendo tratamentos diferentes, são comparadas para estabelecer diferenças na textura (STEFFE, 1996).

As propriedades de textura são importantes parâmetros para este tipo de massa. As mudanças físicas e estruturais durante o processo de aeração da massa podem alterar seu desempenho durante o assamento ou a qualidade final do produto. Usando este método é possível testar materiais com partículas e fibras em suspensão e determinar facilmente o valor de tensão inicial (OSORIO; STEFFE, 1991).

A Figura 10 ilustra a etapa de dosagem da massa na linha de produção de mini bolos, sendo que para este caso a análise de compressão-extrusão é importante para determinar parâmetros de controle de qualidades das massas.

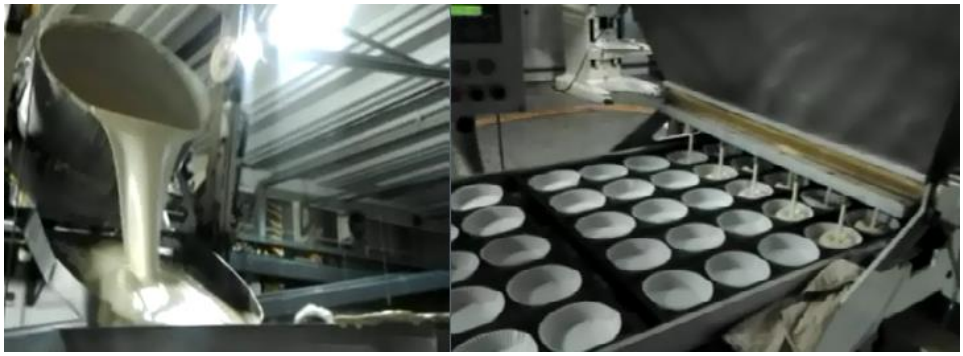


Figura 10 - Etapa de dosagem na produção de mini bolos.

1.10.2 Análise do perfil de textura

A classificação de termos de textura para os sólidos e semi sólidos deu origem a um método de perfil e de descrição de textura (*TPA - Texture Profile Analysis*), aplicável também a medições sensoriais. Com o método instrumental, o perfil de textura envolve a compressão do material de ensaio pelo menos duas vezes (*two bite*) e quantifica os parâmetros mecânicos registrados a partir da curva de deformação–força (SZCZESNIAK, 2002).

Os bolos possuem uma fragilidade maior em seu miolo comparado ao pão; portanto para a análise de TPA, a força necessária para a compressão tende a ser menor para este tipo de teste (CAUVAIN, 2009). Na Figura 11 está ilustrada a curva típica para obter os parâmetros de dureza, mastigabilidade, coesividade, elasticidade, adesividade, gomosidade e resiliência.

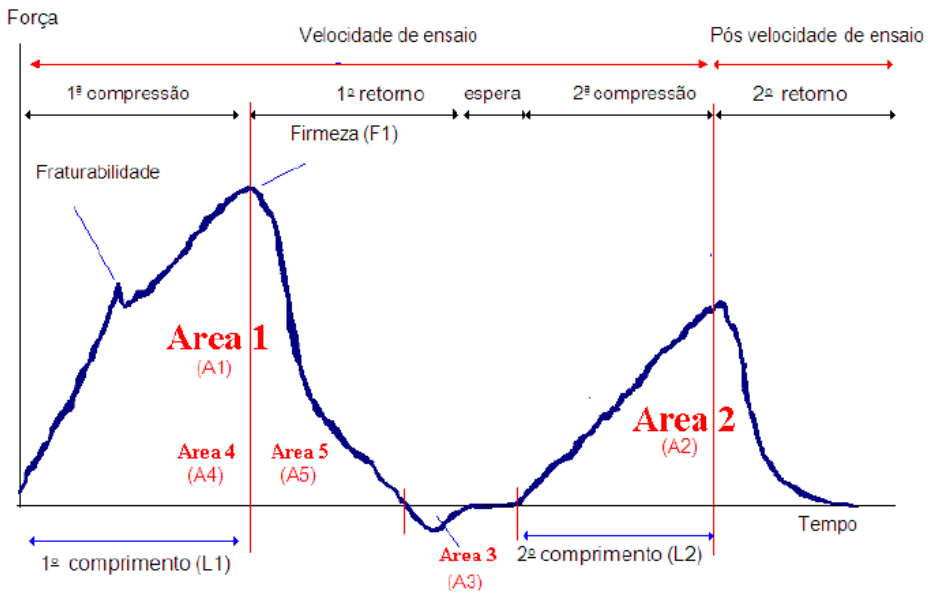


Figura 11 - Análise do perfil de textura com interpretação dos parâmetros: Firmeza: F1; Coesividade: A2/A1; Gomosidade: F1x(A2/A1); Elasticidade: L2/L1; Adesividade: A3; Mastigabilidade: Gomosidade * L2/l1; Resiliência: A5/A4. Modificado de Stable Micro System.

1.11 Vida de prateleira (*Shelf life*)

O prazo de validade dos alimentos é de crescente interesse, uma vez que seu consumo acrescenta benefícios à saúde. A manutenção da qualidade de bolos é de grande importância econômica devido a sua popularidade, pois eles são armazenados por longos períodos antes do consumo (por vezes, após a abertura da embalagem) (ZIELIŃSKI et al.,2012).

A qualidade dos produtos em escala industrial de panificação depende do controle de endurecimento desses produtos. A qualidade do bolo está fortemente dependente do tipo de ingrediente, as formulações e as condições de assamento. Sozer et al. (2011)

O tempo de vida útil de produtos de confeitaria é um aspecto crítico, uma vez que possuem grandes áreas de superfície de contato, que tendem a secar e a envelhecer rapidamente (HARTNETT; THALHEIMER, 1979).

O bolo é um dos principais produtos da panificação sujeito a todas as ameaças para uma vida de prateleira longa. Este produto está sujeito ao ressecamento, crescimento de bolor, retrogradação do amido, entre outros como perda de sabor e oxidação lipídica (EDWARDS, 2007).

1.12 Cor (CIELab)

O sistema CIELab (1976) representa um dos populares sistemas de colorimetria para mensuração de cor. Esse é um sistema com uniformidade de cor dentro do espaço que foi desenvolvido.

Neste sistema, representada pela Figura 12, a coordenada L* representa a reflectância ou luminosidade, expressa em porcentagem (de 0 para o preto a 100 para o branco). Os canais a e b comportam a* informação de cor. Em a, valores positivos indicam vermelho e negativo verde, enquanto em b*, valores positivos indicam amarelo e negativo azul.

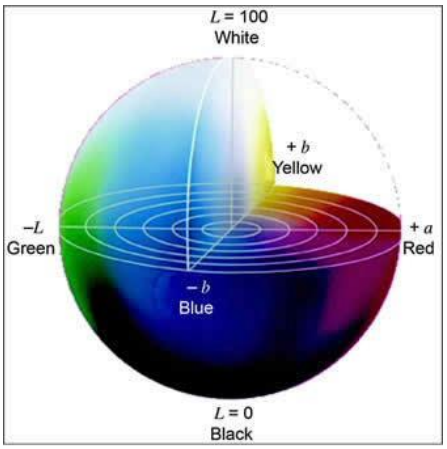


Figura 12 - Modelo tridimensional CIELab.

1.13 Análise sensorial

A análise sensorial é uma ferramenta-chave no desenvolvimento de produtos. Os testes necessários devem ser aplicados conforme os critérios do produto que se deseja avaliar. Um bom planejamento dos testes, uma criteriosa seleção dos julgadores e uma correta interpretação dos testes são fatores muito importantes para obter respostas confiáveis. O laboratório de análise sensorial deve conter: cabines individuais, para aplicação dos testes, devem ser limpos, livres de ruídos e odores e apresentar área com boa ventilação e iluminação (FERREIRA et al., 2000)

A escala Hedônica é um método de graduação da preferência em níveis de quantidade para alimentos, podendo ser usado como um teste de qualidade para outros produtos não alimentícios, em que há necessidade de avaliação subjetiva ou sensorial.

Consiste basicamente em apresentar as amostras dos produtos, de maneira inteiramente ao acaso, aos provadores e pergunta-lhes sobre a preferência entre elas, segundo uma escala estabelecida, baseada nos atributos gosta e desgosta.

Sua grande vantagem é que pose ser usada para provadores não treinados, amostras de consumidores e também para provadores treinados (CHAVES, SPROESSER, 1993).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Substituir a gordura vegetal hidrogenada por óleos de soja, castanha do Brasil e óleo de coco, gordura de palma e extrato de aveia, afim de avaliar e comparar a estrutura das formulações.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar a influência das gorduras: vegetal hidrogenada e palma, dos óleos de soja, de castanha do Brasil, e coco e do extrato de aveia nas formulações;
- ✓ Avaliar a estrutura das massas dos bolos por meio da análise de textura;
- ✓ Determinar o volume específico, a densidade e cor dos miolos dos bolos.
- ✓ Caracterizar os bolos quanto a sua composição centesimal, atividade de água e porosidade do miolo;
- ✓ Realizar a análise sensorial do bolo com gordura vegetal hidrogenada, com os óleos de castanha do Brasil e coco e do extrato de aveia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Para o preparo das massas foram utilizados os seguintes ingredientes: farinha de trigo Tipo 1 (Dona Benta, Brasil), açúcar refinado (União, Brasil), ovo em pó pasteurizado (Cooperovos, Brasil) (ANEXOS VII E VIII), gordura vegetal hidrogenada PROPAN 44 (Bunge, Brasil) (Laudo ANEXO I), gordura de palma 370 B (Agropalma, Brasil) (Laudo ANEXO II), óleo de soja (Soya, Bunge, Brasil), óleo de castanha do Brasil (obtido do trabalho de Santos (2012), por prensagem hidráulica, Universidade do Pará, Laboratório de Óleos e Gorduras), óleo de coco (COPRA Alimentos, Brasil), extrato de aveia (processado na FCF/USP), leite em pó integral (La Sereníssima, Brasil), emulsificante Grindsted® GA 530 (Danisco, Brasil) (Laudo ANEXO III), fermento químico (Royal, Fleishman, Brasil), sal refinado (Cisne, Brasil), água mineral.

Os bolos de mercados utilizados foram: Bolo pronto sabor coco Pullman® 250 g (Val.12/07/13) (Bunge, Brasil), Bolo pronto sabor coco Panco® 300 g (Val.09/07/13) (Panco, Brasil), Bolo pronto sabor coco Nutrella® (Val.27/06/13) (Bunge, Brasil) e Bolo pronto sabor coco Kim® 250 g (Val.13/07/13) (Kim Neto, Brasil).

Os equipamentos utilizados para o processamento dos bolos foram:

- ✓ Batedeira planetária Kitchen Aid 525W (Brastemp, Brasil)
- ✓ Forno elétrico tipo estacionário modelo 11-75 (LAYR, Brasil)
- ✓ Liquidificador doméstico Magic clean Duetto 450 W (ARNO, Brasil)
- ✓ Balança semi analítica ADP 3100 230 V/60 Hz (AE, Brasil)
- ✓ Câmara BOD 420 CLD (Nova Ética, Brasil)
- ✓ Instrumentos laboratoriais

3.2 Parte experimental

Os testes das formulações e a obtenção do extrato de aveia ocorreram no Laboratório de Tecnologia de Alimentos III, no Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

3.2.1 Formulações

As formulações foram conduzidas segundo metodologia de Esteller, Zancanaro Júnior e Lannes (2006) com algumas modificações, após realizações de diversos testes preliminares.

Para cada formulação obteve-se um rendimento de 1,5 Kg de massa, sendo 900 g divididos em três bolos, e o restante da massa utilizado para a análise de compressão-extrusão. Este procedimento foi reproduzido em duplicata por formulação.

A partir dos testes piloto foi possível avaliar o comportamento de cada gordura, óleos e do extrato de aveia. As formulações desenhadas foram ajustadas para os componentes que substituiram a gordura vegetal hidrogenada, e são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Desenho experimental utilizado para as nove formulações de massas de bolos.

Ingredientes (%)	***Controle***	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***
Farinha de Trigo	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95
Açúcar Refinado	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95
Ovo em pó	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95	22,95
Gordura Vegetal Hidrogenada	**11,47**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**5,73**	**5,73**	**5,73**
Gordura de Palma	**-**	**11,47**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Óleo de Soja	**-**	**-**	**11,47**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Óleo de Castanha do Brasil	**-**	**-**	**-**	**11,47**	**-**	**-**	**5,73**	**-**	**-**
Óleo de Coco	**-**	**-**	**-**	**-**	**11,47**	**-**	**-**	**5,73**	**-**
Extrato de Aveia	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**11,47**	**-**	**-**	**5,73**
Água Mineral	13,77	13,77	13,77	13,77	13,77	13,77	13,77	13,77	13,77
Leite em pó	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
Emulsificante	1,90	1,90	1,902	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Fermento em pó	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Sal Refinado	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

3.2.2 Obtenção do extrato de aveia

O extrato de aveia foi preparado de acordo com Silva Jr (2008). Na Figura 13, encontra-se o fluxograma do processo para a obtenção do extrato.

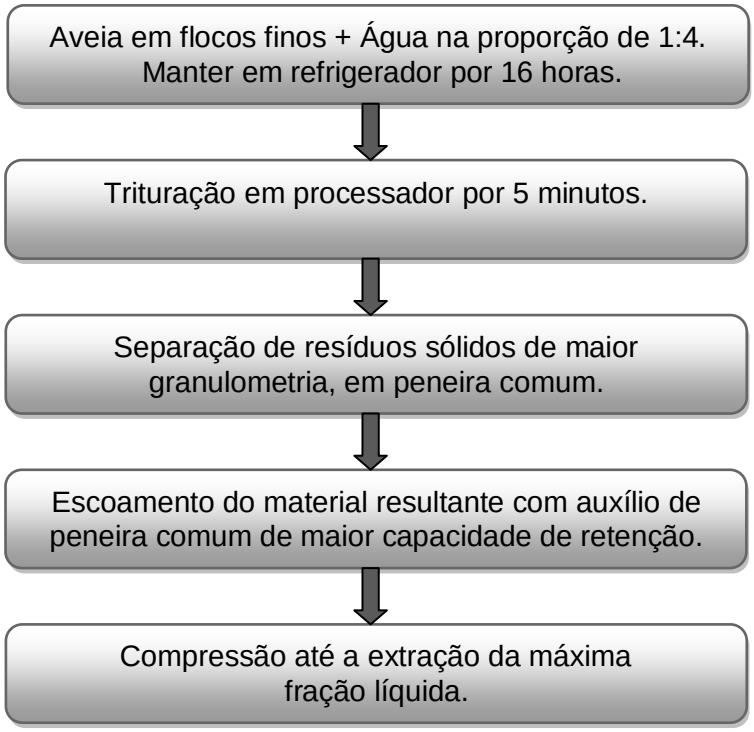


Figura 13 - Fluxograma para obtenção do extrato de aveia (SILVA Jr, 2008).

3.2.3. Processamento dos bolos

Diversos testes foram conduzidos até que se pudesse padronizar o modelo de processamento e manter os parâmetros de qualidade dos bolos como textura, tamanho, volume, cor, entre outros.

Para todas as formulações foi padronizado o mesmo processamento, conforme ilustração da Figura 14, realizado em duplicata para cada formulação.

- *Pesagem*: Todos os ingredientes em pó e os ingredientes líquidos foram pesados em balança semi-analítica;
- *Batimento I*: Em uma batedeira planetária, misturou-se a gordura, os ovos reconstituídos, a água e o emulsificante durante 3 minutos em velocidade média (nível 3 da batedeira);
- *Batimento II*: Nesta etapa acrescentou-se o restante dos ingredientes em pó, durante 5 minutos em velocidade máxima (nível 10 da batedeira);

- *Pesagem*: Foram pesadas 300 g de massas por fôrma de alumínio de tamanho 210 mm / 102 mm / 45 mm (total de 3 bolos/amostra);
- *Cozimento*: Foram colocadas duas formas por vez em um forno elétrico do tipo estacionário pré-aquecido a 180 ºC e mantida a temperatura durante o assamento por 50 minutos;
- *Resfriamento e Armazenamento*: Após serem retirados do forno, os bolos foram resfriados à temperatura ambiente e armazenados em sacos plásticos em câmara climatizadora B.O.D à temperatura de 18 ºC.

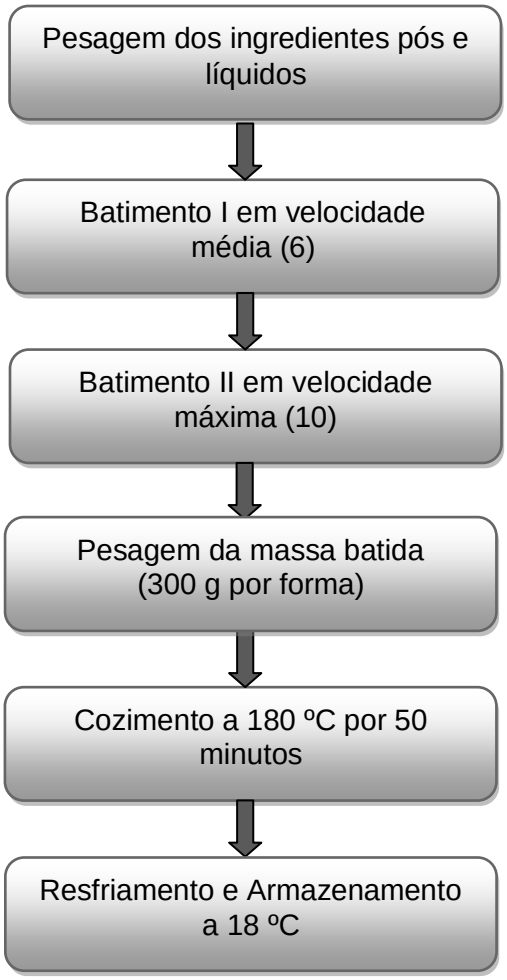


Figura 14 - Fluxograma de produção de bolos em escala laboratorial.

A Figura 15 ilustra os principais passos do processo de obtenção dos bolos, inicialmente pela pesagem das matérias primas (A), em seguida pelo batimento da massa (B) e, por fim, o assamento (C) e os bolos prontos (D).

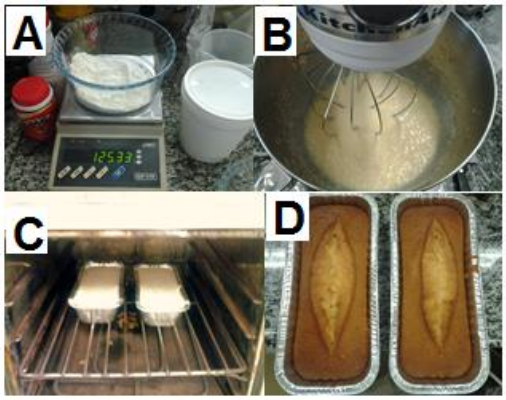


Figura 15 - Principais etapas de produção dos bolos: Pesagem dos ingredientes (A), batimento da massa (B), assamento (C) e o bolo após o assamento (D).

3.3 Métodos

3.3.1 Análise de compressão-extrusão (back extrusion)

Foi utilizado o texturômetro TA-XT2 (*Stable Micro Systems*, Reino Unido) com *probe* cilíndrico de 45 mm A / BE *back extrusion* e os dados foram avaliados através do programa *Texture Expert for Windows* – versão 1.2 (*Stable Micro Systems*, Reino Unido). A velocidade de compressão foi de 2 mm/s a uma profundidade de 25 mm.

Neste trabalho foram conduzidas as análises de *back extrusion* com as 9 formulações estabelecidas com as gorduras, os óleos o extrato de aveia e suas respectivas combinações. A Figura 16 ilustra o momento em que o *probe* penetra na amostra, podendo ser observado o espaço (*gap*) formado entre o copo e o disco.

Figura 16 - Análise de *back extrusion* em massa de bolo utilizando o texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Reino Unido).

Para a determinação das propriedades reológicas das massas, muitos cuidados foram tomados para manter todas as amostras em condições similares, como temperatura ambiente a 25 ºC, preenchimento do copo-teste com o fluido completando ¾ do seu volume (aproximadamente 80 g de massa) e verificando se não houve formação de bolsões de ar conforme preenchimento do copo. Todos os testes foram realizados imediatamente após o batimento da massa, em triplicata.

Na análise de compressão-extrusão foi determinado o ponto de quebra, firmeza, coeficiente de consistência, coesividade e o índice de viscosidade das amostras de massas de bolos.

O comportamento de fluidos não-Newtonianos foi descrito através da equação de Herschel-Bulkley conforme a Equação 2 a seguir:

(Equação 2)

$$\sigma = K\,(\check{y})^{n} + \sigma_{o}$$

Onde:

σ: tensão de cisalhamento (força/área);

K: coeficiente de consistência;

ǰ: taxa de cisalhamento;

n: índice de viscosidade;

$\sigma_{o:}$ tensão inical de cisalhamento.

3.3.2 Análise do perfil de textura – Vida de prateleira

Foi utilizado o texturômetro TA-XT2 (*Stable Micro Systems*, Reino Unido) como mostra a Figura 17, com análise de dupla compressão e probe cilíndrico de 25 mm de diâmetro (perspex P/25P). Os parâmetros utilizados para o teste foram: velocidade de pré-teste 1,0 mm/s; velocidade do teste 1,7 mm/s; velocidade do pós-teste 10 mm/s; distância de 6,2 mm/s; força 10 g; aquisição de dados 200 pontos por segundo (PPS). Os dados foram coletados através do programa *Texture Expert for Windows* – versão 1.2 (*Stable Micro Systems*, Reino Unido). Os parâmetros avaliados foram: Firmeza (N.s), Coesividade (Adimensional), Mastigabilidade (N), Elasticidade (Adimensional), Adesividade (N.s) e Resiliência (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR; LANNES, 2006). Três fatias de cada amostra tinham a espessura de 2,5 mm. A análise da vida de prateleira (*shelf-life)* das formulações com relação à textura foi realizada ao longo de seis dias, sendo os bolos avaliados no 1º, 3º e 6º dias de armazenamento. O parâmetro adesividade teve seus valores desprezados, devido algumas amostras não apresentarem estes valores durante a análise, por conta da característica do produto final.

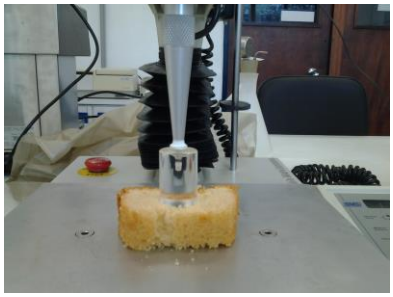


Figura 17 - Análise de dupla-compressão no Texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Reino Unido).

3.3.3 Análise de volume específico e densidade

O volume foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, porém utilizando-se micro-esferas de polietileno preenchendo um copo de vidro liso com dimensões de 7,5 cm altura x 7,5 cm de diâmetro. As amostras foram cortadas em cubos de 3 cm de arestas, substituindo parte das esferas pelo cubo e completando-se o volume do copo até a borda e nivelamento com auxílio de uma régua plástica. As esferas remanescentes, correspondendo ao volume final, foram colocadas em proveta expressando o resultado em mL, conforme ilustra a Figura 18. As amostras foram pesadas e calculou-se o volume específico (mL/g) e densidade (g/mL) (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR; LANNES, 2006).

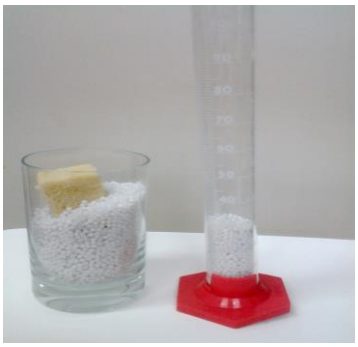


Figura 18 - Análise de volume utilizando micro esferas de polietileno.

3.3.4 Análise de cor

Os miolos das amostras foram avaliados utilizando o espectrofotômetro ColorQuest® XE HunterLab, conforme Figura 19 e sistema CIELAB com ângulo do observador de 10° e iluminante D65, ajustado para reflectância. Para a calibração foi utilizado o *software* Universal 4.10 (*Universal Inc.,*EUA). As amostras tiveram seus valores de reflectância (L^*, a^*, b^*) registrados e analisados em triplicata, no mínimo, representadas as médias e desvio padrão. Fatias com espessura de 2,5 cm foram

cortadas, na área central do bolo, e colocadas com a parte central voltada para a janela de 1'' (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR; LANNES, 2006).

Figura 19 - Espectrofotômetro ColorQuest® XE HunterLab utilizado para análise de cor do miolo dos bolos.

3.3.5 Composição centesimal

Os testes foram efetuados segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008) e AOAC (2000). As amostras foram realizados em triplicata, com temperatura ambiente de 25 ºC.

- *Umidade*

Para a realização da análise de umidade, primeiramente todos os cadinhos foram lavados e secos em estufa a 105 ºC por aproximadamente 12 horas. No dia seguinte, três fatias foram cortadas na parte central do bolo (crosta+miolo) e homogeneizadas, pesando-se 7 g da amostra em cápsulas de porcelana, e em seguida colocadas em estufa a 105 ºC por doze horas, conforme Figura 20. Após a desidratação, as amostras foram mantidas em dessecador com sílica-gel durante 24 horas. A umidade foi calculada através da diferença de peso final e inicial da amostra (ADOLFO LUTZ, 2008).

As amostras desidratadas foram reservadas para as análises de cinzas, lipídios e proteínas.

Figura 20 - Estufa utilizada para análise de umidade.

- *Resíduo mineral fixo*

Os cadinhos de porcelana foram previamente incinerados, em mufla por 1 hora a 550 ºC, resfriados em dessecador com sílica-gel (12 horas) e pesados. As amostras secas foram pesadas em aproximadamente 2 g (bolo triturado e seco) e previamente carbonizadas em chama do Bico de Bunsen (até que não fosse mais liberada fumaça das amostras). Em seguida a amostra foi incinerada em mufla a 550 ºC (por 3 horas, obtendo-se uma coloração branca ou levemente acinzentada). A amostra foi resfriada em dessecador até temperatura ambiente (25 ºC), e em seguida pesada. A quantidade de cinzas foi calculada pela diferença entre a massa de cadinho com as cinzas (final) e o peso do cadinho (inicial) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

- *Carboidratos totais*

Segundo a resolução RDC nº 360 de 2003 (ANVISA, 2003), a determinação de carboidratos é realizada por diferença, isto é, a fração de carboidratos corresponde a

100 menos a somatória das frações proteicas, lipídica, cinzas, umidade e fibras. Neste trabalho, os cálculos foram efetuados sem o teor de fibras, de acordo com a Equação 3.

(Equação 3)

% Carboidratos = 100% - (% proteínas + % lipídios + % cinzas + % umidade)

- *Proteínas*

A determinação de proteína é baseada na determinação de nitrogênio. A determinação de nitrogênio foi realizada através do método micro Kjeldahl.

Foi pesada 0,5 g de amostra, transferida e embalada em papel de seda. As amostras foram digeridas em tubos digestores com mistura catalítica (Na_2SO_4 e $CuSO_4$) e ácido sufúrico concentrado em aquecimento na chapa elétrica com temperatura incial de 50 ºC por meia hora; sendo a temperatura elevada a 50 ºC a cada meia hora até atingir a temperatura final de 400 ºC, e depois resfriadas. No aparelho de destilação de Kjeldahl (Figura 21), as amostras foram neutralizadas com hidróxido de sódio (50%), destiladas e recolhidas em um Erlenmeyer contendo ácido bórico a 4% e indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol). Em seguida foram tituladas com ácido clorídrico 0,1 mol/L (fc = 1,06489). Um tubo branco contendo os mesmos reagentes também sofreu o mesmo procedimento.

Os valores anotados foram calculados através da Equação 4 para obter a porcentagem de proteínas, considerando o fator de conversão 5,70, de acordo com o método 920.87 da AOAC (2000).

(Equação 4)

$$\% N = \frac{V \times 0{,}1 \times fc \times 0{,}014 \times 100}{P}$$

onde,

N = porcentagem de nitrogênio (%) na amostra;

V = volume (mL) de ácido clorídrico (HCl) utilizado na titulação da amostra;

fc = fator de correção do HCl;

P = peso da amostra (g).

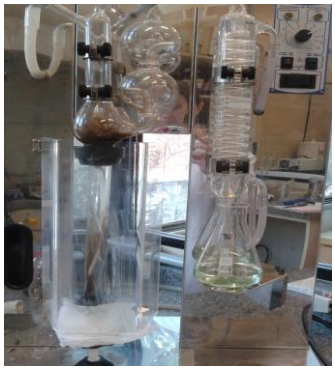


Figura 21 - Aparelho Kjeldahl para determinação de proteínas.

- *Lipídios*

Foram pesadas 3 g da amostra triturada e seca e colocada dentro de cartucho de papel filtro. O cartucho foi transferido para o extrator tipo *Soxhlet* acoplado ao um balão de fundo chato, que foi previamente seco em estufa a 105 ºC e anotado seu peso, após resfriamento. Éter de petróleo foi adicionado ao balão em quantidade suficiente para um *Soxhlet* e meio, e consequentemente acoplado ao aparelho munido com um condensador de bolas.

O aparelho foi mantido em aquecimento sob refluxo por 12 horas, conforme ilustração da Figura 22. O éter de petróleo foi evaporado em capela e o balão com o resíduo transferido para uma estufa a 105 ºC e resfriado em dessecador até a temperatura ambiente (ADOLFO LUTZ, 1995; AOAC, 2000). Os lipídios foram obtidos como o peso de resíduo restante no balão após extração.

Figura 22 - Análise de lipídios em aparelho tipo Sohxlet.

- *Valor calórico*

Foi calculado o valor energético segundo a Resolução – RDC n° 360, de 23 de dezembro de 2003 (ANVISA, 2003). Foram utilizados 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.

3.3.6 Atividade de água

A análise foi realizada no primeiro dia de elaboração das amostras no equipamento Higrômetro Decagon modelo CX-2 (AQUALAB, s/d, USA) (Figura 23), à temperatura constante (25 ± 0,3 ºC), com amostra suficente para cobrir a placa.

Figura 23 - Aparelho para medição de atividade de água (Aw).

3.3.7 Análise de porosidade

Três fatias de cada amostra foram separadas com espessura de 25 mm (desprezando-se as pontas), escaneadas em scanner HP Scanjet 2400 (Brasil), posição central do miolo 40 mm x 40 mm, 300 dpi, analisadas com o *software* de imagens Image J Launcher 1.45, (Media Cybernetics, Inc., EUA). Foram determinados os parâmetros alveolares: área (mm^2), diâmetro (mm) e perímetro (mm) (ESTELLER; ZANCANARO JUNIOR; LANNES, 2006).

3.3.8 Análise sensorial

A análise sensorial dos bolos foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da FCF/USP (ANEXO IV). A avaliação dos bolos foi realizada utilizando-se a escala hedônica de 1 a 9 pontos em que o ponto 1 corresponde a "desgostei muitíssimo" e o ponto 9 a "gostei muitíssimo", assim como a intenção de compra destes produtos com um painel de pessoas não treinadas, conforme a ficha de avaliação (ANEXO VI).

Apenas quatro bolos foram avaliados com relação ao tipo de gordura utilizada, sendo estas: Gordura vegetal hidrogenada, óleo de castanha do Brasil, óleo de coco

e extrato de aveia. Os avaliadores provaram as amostras que foram servidas sequencialmente, com relação à ordem de apresentação das mesmas. As análises foram realizadas uma hora antes e uma hora depois das refeições.

Os bolos foram preparados com 24 horas de antecedência aos testes e acondicionados em temperatura de 21 ºC de acordo com as normas de Boas Práticas de Fabricação de Alimentos até o momento de serví-los. À partir de uma fatia, foram cortados quatro pedaços (porção de aproximadamente 15 g) e servidos em pratos codificados, de acordo com cada amostra. Foi solicitado aos provadores que consumissem, entre uma amostra e outra, água e biscoito de água e sal para diminuir a interferência de sabor entre as amostras.

Recrutamento dos provadores

Para o teste foram selecionados 60 avaliadores (alunos e funcionários da Universidade de São Paulo) não treinados, com idade acima de 18 anos, de ambos os sexos, que não estivessem realizando nenhuma dieta especial, e que se intitulassem consumidores de bolos. Antes da degustação, os provadores foram instruídos a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO V), declarando-se não alérgicos aos componentes das formulações, permitindo o uso da informação prestada para seu devido fim e também possuidores do direito de desistir de participar a qualquer momento do teste.

3.3.9 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e seus resultados apresentados na forma de média e desvio padrão. As análises de textura, volume e cor foram realizadas em duplicatas, sendo feita a triplicata para cada amostra (n =6). Para as outras análises foram feitas a triplicata de uma amostra (n = 3).

As análises estatísticas deste trabalho foram realizadas através do *software Statistica version* 12 (*StatSoft*, EUA), por meio da análise de variância ANOVA entre as formulações e posteriormente pelo teste de comparação das médias *Tukey HSD* com nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

O ponto de quebra (*break point*) corresponde à quantidade mínima de força necessária para produzir o escoamento do fluido (OSORIO; STEFFE, 1991). O pico de força máxima é dado como medida da firmeza. A área da região positiva do gráfico é usada para calcular o coeficiente de consistência da amostra. A área negativa, produzida no retorno do *probe*, para cálculo do índice de viscosidade, e seu ponto máximo negativo é uma indicação da coesividade (AFOAKWA, 2010, NASARUDDIN; CHIN; YUSOF, 2012).

A Figura 24 demonstra a curva típica (força *versus* tempo) da análise de compressão-extrusão da massa de bolo (formulação com gordura vegetal hidrogenada).

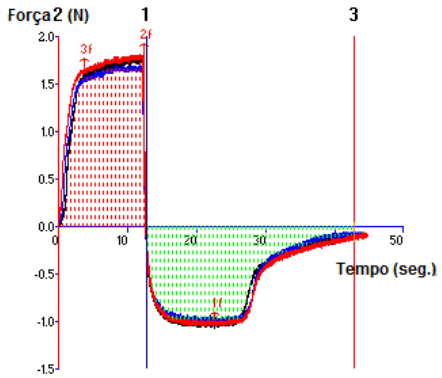


Figura 24 - Curva típica obtida na análise de textura por *back extrusion* (massa de bolo - Formulação com gordura vegetal hidrogenada).

Os resultados obtidos nas análises de compressão-extrusão (*back extrusion*), para as amostras elaboradas com variação no tipo de gordura utilizada, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados obtidos na análise de compressão-extrusão das nove formulações de massas de bolos (médias ± desvio padrão).

Formulações	**Controle**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ponto de quebra (N)	1,70±0,14[d]	1,59±0,01[d]	0,71±0,21[b]	0,94±0,04[c]	1,01±0,03[c]	0,68±0,05[b]	0,12±0,03[a]	1,69±0,28[d]	0,12±0,04[a]
Firmeza (N)	1,76±0,04[d]	1,67±0,07[d]	0,71±0,25[a]	0,94±0,03[b]	1,00±0,01[b]	0,70±0,08[a]	1,64±0,52[d]	1,74±0,30[d]	1,16±0,00[c]
Coeficiente de Consistência (N.s)	19,29±1,17[e]	18,99±0,69[e]	8,13±2,45[a]	11,0±0,25[b]	11,91±0,06[b]	8,18±0,88[a]	20,58±2,06[e]	16,91±0,78[d]	13,53±0,05[c]
Coesividade (N)	-1,23±0,25[f]	-0,98±0,06[e]	-0,59±0,47[c]	-0,51±0,02[b]	-0,54±0,01[bc]	-0,38±0,01[a]	-1,00±0,35[e]	-0,98±0,33[e]	-0,67±0,01[d]
Índice de Viscosidade (N.s)	17,48±1,05[d]	19,31±2,23[ef]	7,63±2,92[a]	10,06±0,13[b]	10,93±0,04[bc]	8,02±0,12[a]	20,70±2,33[f]	17,71±1,01[de]	12,52±0,33[c]

n: 6.
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de Aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais na mesma linha indicam variação não significativa entre as formulações analisadas (p>0,05) Tukey HSD.

De acordo com os resultados da Tabela 3, a maioria dos parâmetros analisados obtiveram diferenças significativas entre as amostras ($p<0,05$).

Em geral, as propriedades reológicas das massas de bolos foram afetadas pela substituição da gordura vegetal hidrogenada por diferentes tipos de gordura e óleos, e por extrato de aveia. A formulação controle apresentou valores maiores de ponto de quebra, firmeza e coesividade em relação às amostras analisadas, embora algumas substituições não tenham apresentado diferenças significativas ($p>0,05$).

As formulações com gordura vegetal hidrogenada (controle), gordura de palma e a mistura de gordura vegetal hidrogenada com óleo de coco apresentaram os maiores valores ($p>0,05$) de ponto de quebra e firmeza, entre si.

A textura firme observada nestas amostras pode ser explicada pelas propriedades dos alimentos gordurosos, que por sua vez, podem estar relacionados com: a composição de ácidos graxos e consequentemente à distribuição destes nas moléculas de triacilgliceróis (TAG), o polimorfismo, o ponto de fusão e o conteúdo de gordura sólida (SFC), os quais são todos fatores importantes na determinação das propriedades físicas das gorduras (OMONOV et al., 2010).

A composição dos TAGs e, consequentemente, sua forma polimórfica poderia explicar estes comportamentos nas massas de bolos. Segundo estudo conduzido por Gohtra et al. (2002), os *shortenings* possuem em sua composição boa parte em TAG saturados. Essas gorduras também apresentam polimorfismo e por isso tendem a cristalizar na forma β', embora tenham uma composição em triacilgliceróis heterogênea, que provocaria a cristalização na forma β, que por sua vez, apresentam maior estabilidade e maior ponto de fusão.

O ponto de fusão da gordura vegetal hidrogenada utilizada na elaboração das formulações é de 44 ºC, embora a gordura tenha sido fundida à temperatura de 25 ºC para melhor desempenho na fase de batimento da massa. O conteúdo de gordura sólida da gordura hidrogenada utilizada variou entre 49%, 6% e 0% a 10 ºC, 33,3 ºC e 45 ºC (ANEXO I), respectivamente.

A gordura de palma possui em sua composição proporções quase iguais de ácidos graxos saturados e insaturados, e sua estrutura tende a cristalizar na forma β' (O'BRIEN, 2009). O SFC da gordura de palma utilizada é 13,26% a 25 ºC e 23,83% a 20 ºC (Anexo II). A gordura de palma possuiem sua composição, principalmente, o ácido palmítico (C-16:0). Este ácido graxo saturado está presente em uma faixa que

varia entre 41,8 – 46,8% (O'BRIEN, 2009) e, portanto, poderia explicar o aumento desses valores na massa.

As formulações elaboradas somente com óleos e extrato de aveia apresentaram baixos valores ($p<0,05$) de firmeza e ponto de quebra, pois como é conhecido, os óleos possuem em sua maior composição, ácidos graxos insaturados, menor ponto de fusão e baixa concentração de sólidos (O'BRIEN, 2009), e o extrato de aveia possue em sua maior composição água e fibras, o que acarreta em uma massa menos firme.

A coesividade indica o quanto a massa adere ao *probe* ao voltar em sua posição inicial do teste, e por este motivo, os resultados são apresentados com o sinal negativo. Ou seja, é um parâmetro indicador das forças internas do material.

De acordo com os resultados, as massas elaboradas com substituição da GVH apresentaram valores mais baixos em relação à amostra controle, afetando significativamente ($p<0,05$) este parâmetro. Os valores variaram entre -0,38 e -1,23 N. Conforme os resultados, pode-se observar que para gorduras que possuem em sua composição menor concentração em ácidos graxos saturados a coesividade diminui.

O coeficiente de consistência manifesta a cremosidade do produto. Massas produzidas com GVH, gordura de palma e GVH + óleo de castanha do Brasil apresentaram valores altos ($p>0,05$) deste parâmetro. O menor valor se deu para a massa elaborada com extrato de aveia.

Os autores Psimouli e Oreopoulou (2013) apresentaram desempenho similar ao substituir a gordura por diferentes tipos de substitutos baseados em carboidratos. Os valores do coeficiente de consistência diminuíram com diferentes tipos e concentrações de substitutos.

A compatibilidade entre a gordura hidrogenada e o óleo de castanha do Brasil pode ter ocasionado uma rede cristalina mais rígida, resultando em uma massa mais consistente. O aumento do teor de ácidos graxos saturados de uma amostra influencia fortemente a sua consistência, devido ao seu alto ponto de fusão (CHIU; GIOIELLI, 2001) e, portanto, mais força é necessária para a deformação da massa.

Além disso, a organização da rede cristalina tridimensional e o estado polimórfico dos triacilgliceróis, afetados pelas condições de cristalização, são fatores essenciais que definem as propriedades funcionais e reológicas da estrutura dos produtos gordurosos (ACEVEDO; MARANGONI, 2014).

O índice de viscosidade (n) é um indicativo da viscosidade de um material. Mediante o índice de viscosidade pode-se dizer que valores com valor de n>1 são considerados dilatantes e n<1 são considerados pseudoplásticos (CHESTERTON et al., 2013).

As massas elaboradas com gordura de palma e GVH + óleo de castanha do Brasil apresentaram maior valor (p>0,05) do índice de viscosidade. Isto indica que a rede cristalina formada afetou significativamente a propriedade da massa em relação à formulação controle.

Em geral, as massas produzidas com óleos e extrato de aveia apresentaram os valores mais baixos de índice de viscosidade (p<0,05) entre as formulações. Este resultado foi similar ao relatado por Lee, Park e Lee (2011), em que pastas de farinha de trigo substituída por β-glucanas de aveia oxidada obtiveram perda da viscosidade da pasta devido à clivagem parcial das ligações glicosídicas mediante oxidação. Os autores também sugeriram que a perda de viscosidade pode estar relacionada com a degradação parcial da rede mediante cisalhamento, impedindo a manutenção da integridade dos grânulos.

Por este motivo, pode–se dizer que durante a preparação do extrato de aveia, quando os flocos foram submetidos à trituração e cisalhamento pelo processador, o extrato de aveia não deve ter mantido totalmente sua integridade, ocasionando a perda da viscosidade no produto final.

Em todas as formulações elaboradas, pode-se dizer que as massas caracterizam-se como um material dilatante, pois todos os valores de *n* foram maior que 1. Esta característica nem sempre apresenta similaridades entre massas de bolos, mas sim de um comportamento.

Em um estudo realizado por Çelik et al. (2007), os pesquisadores analisaram as propriedades reológicas de massas de bolos, substituindo as proteínas da clara do ovo por água e por extrato da erva saponarea “soapwort” (*Gypsophila arrostii*). As raízes desta erva possuem propriedades surfactantes, como agentes espumantes; edulcorantes, entre outras. Por meio da análise reológica foi possível caracterizar a massa dos bolos como fluidos pseudoplástico, na qual $0<n<1$, tanto para formulações com extrato da erva quanto para formulações com água (p<0,05).

Chesterton et al. (2013) e Sakiyan et al. (2004) também caracterizaram as massas de bolos como sendo fluidos pseudoplásticos. Deve-se levar em conta que

cada formulação, cada interação entre os ingredientes, as massas respondem com comportamentos diferentes.

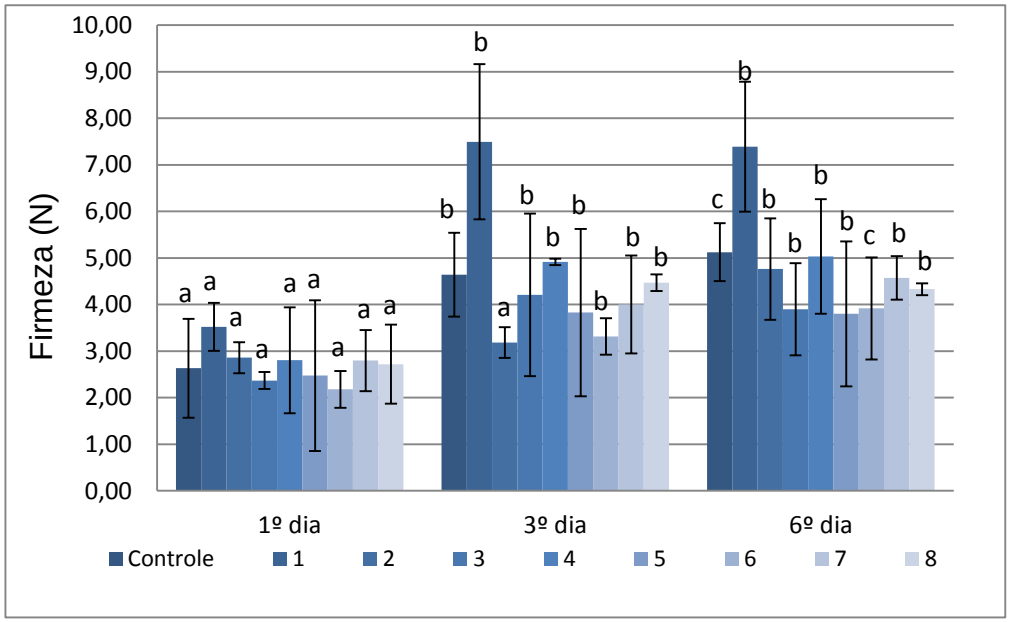
De um modo geral, a análise de compressão-extrusão pôde demonstrar o comportamento reológico das massas de bolos e o quanto foram afetadas pelas substituições da gordura vegetal hidrogenada. Do ponto de vista industrial, pode-se concluir que os resultados apresentados favoreceram questões relevantes como a redução de custos, levando a um gasto menor de energia e reduzindo o tempo do processo.

4.2 Análise de perfil de textura – Vida de prateleira

4.2.1 Firmeza

A firmeza é definida como um parâmetro mecânico de textura que compreende a força necessária para se comprimir a amostra. Sensorialmente, este mecanismo simula a força necessária para comprimir a amostra entre os dentes molares (no caso de alimentos sólidos) ou entre a língua e o céu da boca (no caso de alimentos semi-sólidos) (SZCZESNIAK, 2002).

Na Figura 25 apresentam-se os resultados para o parâmetro de firmeza *versus* tempo de estocagem durante seis dias de armazenamento dos bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.



n: 6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais para a mesma amostra não denotam diferença significativa em 5% de significância por Tukey HDS.

Figura 25 - Variação da firmeza *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.

As formulações, em geral, apresentaram aumento na firmeza, com variações significativas ($p<0,05$), durante seu tempo de estocagem. Este fenômeno é natural uma vez que ocorrem duas mudanças físicas importantes nos bolos durante o armazenamento. Primeiro a migração da água partindo do centro do miolo até a crosta, e a segunda é a mudança devido à retrogradação do amido (ZHOU; FAUBION; WALKER, 2011).

O uso da gordura de palma proporcionou maior dureza (3,52 – 7,30 N) durante o tempo de estocagem, em relação às outras amostras, e em relação à amostra controle (2,63 – 5,12). Conforme discutido anteriormente, as gorduras possuem propriedades importantes que definem seu comportamento.

A gordura de palma favorece a ocorrência de cristais do tipo β', os quais são efetivos para a incorporação de ar, favorecendo volume alto em bolos (CHEONG et al., 2010). Entretanto, ela também demonstra no seu perfil de cristalização o polimorfismo (O'BRIEN, 2009), podendo ocorrer a formação de cristais β devido a um resfriamento lento da gordura, GHOTRA et al., 2002). A formação de cristais β

possibilita a formação de uma rede cristalina mais rígida, obtendo assim produtos mais firmes (CHEONG et al., 2010).

Com exceção da formulação elaborada com gordura de palma (amostra 1), as formulações produzidas com diferentes tipos de óleos (amostras 2, 3 e 4) (2,86 – 4,76; 2,37 – 3,90; 2,80 – 5,03), extrato de aveia (amostra 5) (2,47 – 3,80) e suas respectivas misturas com gordura vegetal hidrogenada (amostras 6, 7 e 8) (2,18 – 3,92; 2,80 – 4,57; 2,72 – 4,33) proporcionaram bolos mais macios em relação ao controle, durante a vida de prateleira.

Pode-se obervar que as formulações elaboradas com óleos (amostras 2, 3 e 4) contendo menor valor de gordura sólida apresentaram bolos com menor valor de firmeza durante o tempo de armazenamento. Quando o conteúdo de gordura sólida é muito alto, não há óleo líquido suficiente para uma aeração adequada, e os gases escapam antes do término do batimento da massa (FERRARI et al., 2013).

Segundo Ferrari et al. (2013) o conteúdo de gordura sólida (SFC) das combinações de gorduras vegetais usadas nas formulações de bolos é um fator importante para proporcionar a incorporação de ar à massa e desenvolvimento da textura no produto final. Os autores observaram variações significativas ao utilizar diferentes concentrações de gordura em massas de bolos nos parâmetros de textura.

O efeito do uso de óleos vegetais em formulações de bolos também foram relatadas por outros autores, porém com respostas opostas ao presente trabalho (KUMARI et al., 2011; MATSAKIDOU; BLEKAS; PARASKEVOPOULOU, 2010). Esses estudos observaram aumento da firmeza e de outros parâmetros de textura quando a gordura vegetal foi substituída por diferentes tipos de óleos. Sugere-se que o uso de óleos nas massas de bolos diminui a capacidade de retenção de água no produto, ocasionando perda de umidade, e consequentemente aumento destes parâmetros.

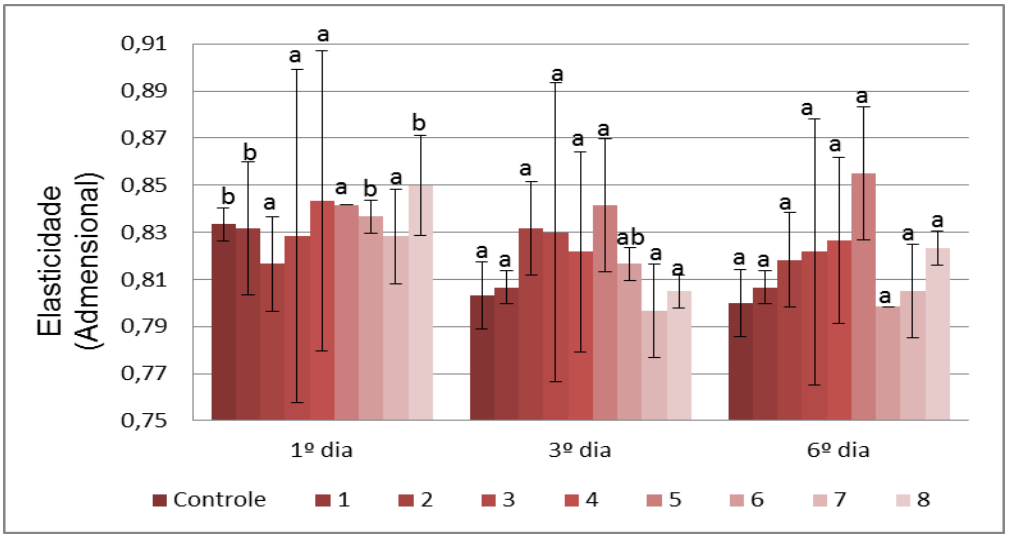
O uso do extrato de aveia proporcionou maciez ao produto final (amostra 5). A utilização de produtos com aveia, como ingrediente na panificação, é recomendável devido às suas excelentes propriedades de retenção de umidade (GUTKOSKI et al.,2009). Lazaridou; Biliaderis (2007) menciona que as frações ricas em beta-glucanas podem desempenhar um papel de melhoria na estrutura do miolo em pães por meio da estabilização das bolhas de ar na massa, prevenindo sua coalescência, produzindo massas com miolos que apresentem textura uniformes e macios.

Também foram medidos os valores de firmeza de quatro marcas de bolos comerciais existentes nas prateleiras do mercado brasileiro. O bolo da marca Pullman foi o que apresentou maior maciez obtendo valor de 4,87 N de firmeza, faltando 25 dias para sua validade chegar ao final.

O bolo que apresentou o maior valor para este parâmetro foi da marca Nutrella, na qual apresentou o valor de 9,12 N, por ser o bolo com maior tempo de fabricação entre as amostras, faltando apenas dez dias para seu vencimento. A marca Kim apresentou o valor de 7,77 N, e a marca Panco 5,52 N.

4.2.2 Elasticidade

A Figura 26 mostra a relação entre os resultados da elasticidade *versus* tempo de estocagem durante seis dias de vida de prateleira dos bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.



n:6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais para a mesma amostra não denotam diferença significativa em 5 % de significância por Tukey HSD.

Figura 26 - Variação da elasticidade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.

A elasticidade está associada à capacidade do alimento retornar a sua forma original após sofrer uma deformação. Pode ser entendida como o grau ao qual um produto retorna à sua forma original depois de ter sido comprimido entre os dentes (SZCZESNIAK, 2002).

Um teste subjetivo dos consumidores consiste em apalpar levemente o produto para verificar o quão rápido ele retorna para sua forma original. Pães, por exemplo, com baixa elasticidade podem se tornar quebradiços. Os autores sugerem também que produtos envelhecidos, ou seja, com maior tempo de estocagem perdem sua elasticidade (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

A elasticidade pode ser correlacionada com a resiliência, sendo esta definida como a forma com a qual o produto “luta” para recuperar sua posição original (BOURNE, 2002). Neste trabalho, observou-se que à medida que a elasticidade dos bolos diminuía o mesmo ocorria com a resiliência.

Não houve perda significativa ($p>0,05$) da elasticidade entre as amostras com óleo de soja (amostra 2) (0,82 – 0,82), óleo de castanha do Brasil (amostra 3) (0,83 – 0,82), óleo de coco (amostra 4) (0,84 – 0,83), extrato de aveia (amostra 5) (0,84 – 0,80) e a combinação de GVH + óleo de coco (amostra7) (0,83 – 0,81).

Já as formulações controle (0,83 – 0,80), gordura de palma (amostra 1), GVH + castanha do Brasil (amostra 6) (0,84 – 0,80) e GVH + extrato de aveia (amostra 8) (0,85 – 0,82) que obtiveram diferenças significativas ($p<0,05$) durante o tempo de armazenamento.

O trabalho de Matsakidou, Blekas e Paraskevopoulou (2010) registraram valores de elasticidade semelhantes em bolos produzidos com margarina e azeite de oliva extra virgem. A amostra com margarina apresentou maior valor de elasticidade em relação à amostra com azeite de oliva, porém não houve diferença significativa entre elas. Segundo Sanz et al. (2009) a elasticidade está associada à produtos frescos e aerados e, portanto, a qualidade desses produtos esta relacionada à valores altos deste parâmetro.

O bolo que apresentou maiores valores de elasticidade durante o tempo de armazenamento, entre as formulações, foi o bolo produzido com extrato de aveia. Gularte et al. (2012) constataram que bolos com gordura hidrogenada apresentaram maior valor de elasticidade em relação a bolos produzidos com aveia.

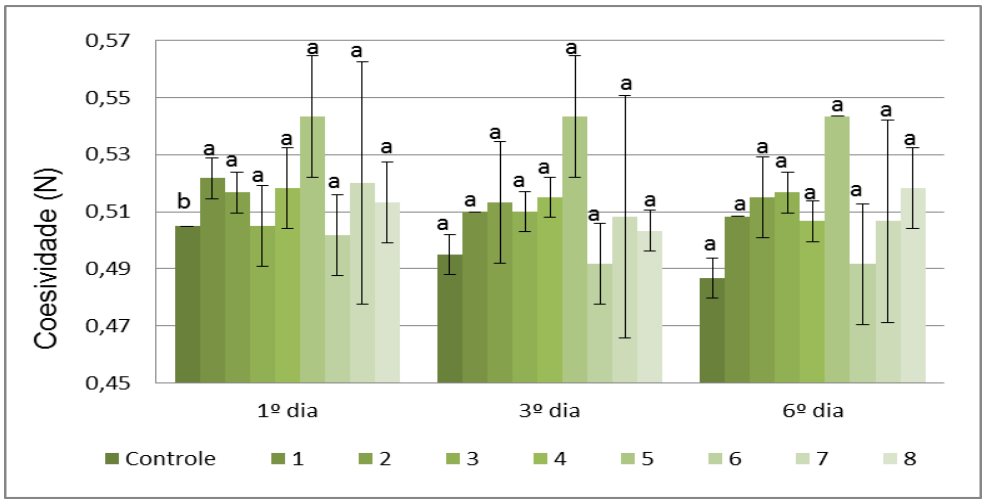
De La Hera, Oliete e Gómez (2013) apresentaram valores de elasticidade variando entre 0,90 – 0,66 em bolos produzidos com farinha de aveia em diferentes concentrações.

Psimouli e Oreopoulou (2013) avaliaram bolos com diferentes tipos de substitutos de gordura (baseados em proteínas e carboidratos) e relataram aumento da elasticidade e da dureza em substituições acima de 65%.

4.2.3 Coesividade

Coesividade é um parâmetro com unidade adimensional e que é obtido através da divisão do valor da energia consumida na segunda compressão pela energia consumida na primeira compressão (GUPTA; BAWA; SEMWAL, 2009).

Os resultados da variação da coesividade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia apresentam-se na Figura 27.



n:6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais para a mesma amostra não denotam diferença significativa em 5 % de significância por Tukey HSD.

Figura 27 - Variação da coesividade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.

Diante dos resultados apresentados os valores de coesividade diminuíram, mas não apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) durante a vida de prateleira das nove amostras analisadas.

Valores baixos de coesividade caracterizam bolos de difícil manipulação e fatiamento porque esfarelam com facilidade. Matsakidou, Blekas e Paraskevopoulou (2010) sugerem que quanto maior a quantidade de ar incorporado na massa, maior é o número de canais formados que podem resultar na criação de estrutura menos coesa em bolos produzidos com margarinas em relação a bolos formulados com azeite de oliva extra virgem.

O bolo que apresentou maior coesividade foi a amostra produzida com extrato de aveia (amostra 5) (0,55 – 0,52), em relação ao bolo controle que variou entre 0,51 – 0,49. As mesmas observações foram feitas por Gularte et al. (2012) que observaram bolos com maior coesividade quando a aveia foi acrescentada, em relação à bolos produzidos somente com óleo de girassol.

Perfis semelhantes também foram discutidos por De La Hera, Oliete e Gómez (2013), que utilizaram diferentes concentrações de farinha de aveia e açúcar em bolos. Os resultados apresentados variaram entre 0,33 – 0,54. Segundo os autores a coesividade também depende do teor de açúcar, que diminui à medida que decresce a quantidade de açúcar. Nos bolos com a menor proporção de açúcar e maiores percentuais de farinha de aveia, a falta de coesão levou a problemas de rachaduras e desintegração na desmoldagem.

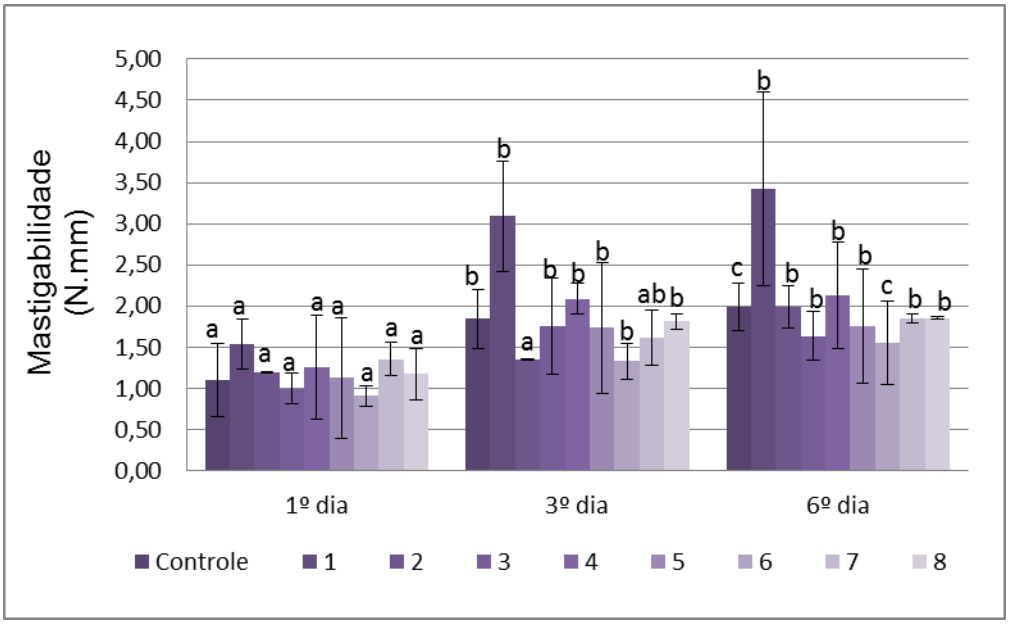
Em bolos produzidos com aveia, Gómez et al.(2010) observaram que ao aumentar a quantidade de fibras na formulação, os valores de firmeza e mastigabilidade aumentavam e os valores de elasticidade, coesividade e resiliência diminuiam. É possível, neste estudo, visualizar a mesma tendência com os bolos produzidos com diferentes tipos de bases gordurosas.

É importante destacar que a manutenção da coesividade, em derivados de trigo, está relacionada, principalmente, às interações moleculares dos componentes, principalmente pontes de hidrogênio, dissulfeto e ligações cruzadas com a participação de íons metálicos e a mobilidade da água na massa. Durante o período de armazenamento ocorrem mudanças nas ligações levando a um desarranjo gradual da estrutura (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR; LANNES, 2006).

4.2.4 Mastigabilidade

A mastigabilidade é um parâmetro de textura facilmente correlacionado com análise sensorial por meio de painéis treinados. Pode ser considerado como o tempo (em segundos) necessário para mastigar a amostra a uma taxa constante de aplicação de força para reduzí-la a uma consistência apropriada para a deglutição (SZCZESNIAK, 2002).

Os resultados da variação da mastigabilidade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia apresentam-se na Figura 28.



n:6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais para a mesma amostra não denotam diferença significativa em 5 % de significância por Tukey HSD.

Figura 28 - Variação da mastigabilidade *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.

Conforme foram passando os dias de estocagem dos bolos o parâmetro de mastigabilidade foi aumentando, como esperado. Perfis semelhantes também ocorreram com Gupta, Bawa e Semwal (2009) quando avaliaram a substituição de farinha de trigo por farinha de cevada em bolos.

Pode- se dizer que a mastigabilidade esteja diretamente ligada à firmeza, pois o bolo elaborado com gordura de palma (amostra 1) apresentou o maior valor ($p<0,05$) de mastigabilidade, durante seu tempo de estocagem, assim como foi relatado anteriormente com o parâmetro firmeza.

Em geral, os bolos apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) durante a vida de prateleira. Bolos elaborados com gordura de palma (amostra 1) (1,54 – 3,43 N.mm) e óleo de coco (amostra 4) (1,26 – 2,13 N.mm) apresentaram variações maiores em relação à formulação controle (1,11 – 2,00 N.mm). Pães mais envelhecidos e, portanto, mais secos exigem mais salivação e um maior número de mastigação para deglutição. A firmeza promove maior trabalho mecânico e mais movimento na boca (BRAMESCO; SETSER, 1990).

O efeito contrário foi observado por Sowmya et al. (2009) e Kumaria et al. (2011) quando substituíram a gordura vegetal por diferentes tipos de óleos, mostrando valores mais altos de mastigabilidades em bolos.

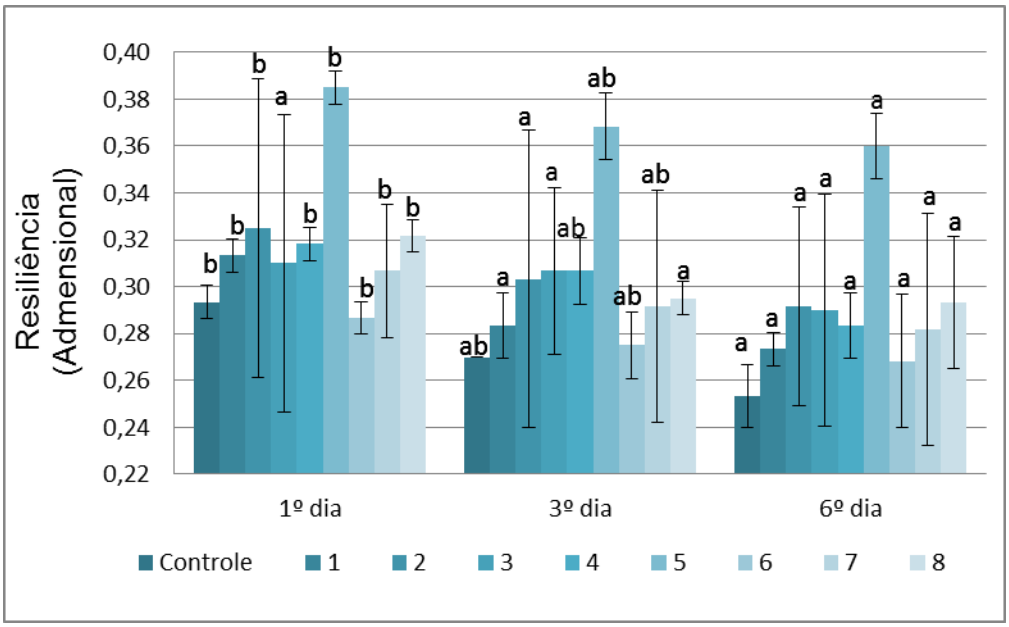
Os bolos com extrato de aveia (amostra 5) obtiveram valores de mastigabilidade mais baixos ($p<0,05$) em comparação ao bolo controle. Comportamento semelhante foi obsevado por Lee, Kim e Inglett (2005) que substituiram parcialmente óleo vegetal por aveia nativa e seu derivado oxidado e relataram que houve aumento da mastigabilidade, após a substituição. Os resultados mostraram que embora não tenha ocorrido diferença significativa ($p>0,05$) entre os resultados de mastigabilidade, o bolo produzido com aveia nativa apresentou o maior valor de todas as amostras. O bolo elaborado com o derivado oxidado apresentou o menor valor.

4.2.5 Resiliência

Alguns autores como Bourne (2002) definem resiliência como sendo o grau necessário para que a amostra volte a seu formato original. Pode-se pensar como

elasticidade instantânea, já que a resistência é medida sobre a retirada da primeira compressão, antes que o período de espera seja iniciado.

Os resultados da variação da resiliência *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia apresentam-se na Figura 29.



n:6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais para a mesma amostra não denotam diferença significativa em 5 % de significância por Tukey HSD.

Figura 29 - Variação da resiliência *versus* tempo de estocagem para as amostras de bolos produzidos com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia.

Conforme os resultados obtidos, os valores de resiliência diminuiram conforme a vida de prateleira dos bolos. Em geral, as amostras apresentaram diferença siginificativa ($p<0,05$) durante os seis dias de armazenamento.

O bolo com extrato de aveia (amostra 5) apresentou maior variação de resiliência ($p<0,05$) entre as formulações (0,39 – 0,36); o bolo controle variou entre 0,30 – 0,26. Esta formulação também apresentou maior valor para a elasticidade.

Gularte et al. (2012) obtiveram valores baixos de resiliência em bolos produzidos com aveia em comparação a bolos produzidos com óleo de girassol. O efeito inverso foi obtido neste presente trabalho, no qual bolos com aveia apresentaram valores maiores de resiliência em relação aos bolos formulados com óleos vegetais.

Salas (2011) observou em seus resultados que entre as amostras analisadas não houve diferença signficativa ($p>0,05$) utilizando-se gordura hidrogenada, gordura hidrogenada *low trans* e variações de margarinas.

Em bolos elaborados com farinha de arroz e com diferentes tipos de proteínas, Matos, Sanz e Rosell (2014) apresentaram os resultados de resiliência variando entre 0,179 – 0,283. Os autores relataram que esses valores podem estar realcionados com os altos valores do volume específico e estrutura mais aerada para determinadas amostras. Sabe-se que este parâmetro está associado ao frescor, aeração e elasticidade do produto final.

4.3 Volume específico e densidade dos bolos

O volume do bolo está relacionado com a quantidade de ar incorporado no produto assado, com a umidade e pela quantidade de CO_2 liberado durante a cocção (ZHOU; FAUBION; WALKER, 2011).

Na Tabela 4 encontram-se os valores das determinações do volume específico e da densidade.

Tabela 4 - Valores de volume específico (mL/g) e da densidade (g/mL) das formulações de bolos (médias e ± desvio padrão).

Formulações	Volume Específico (mL/g)	Densidade (g/mL)
Controle	2,65±0,55[c]	0,39±0,08[a]
1	2,07±0,70[a]	0,52±0,18[c]
2	2,21±0,19[a]	0,46±0,04[bc]
3	2,09±0,52[a]	0,50±0,12[c]
4	1,98±0,28[a]	0,51±0,07[c]
5	2,25±0,08[ab]	0,45±0,01[abc]
6	2,57±0,37[bc]	0,39±0,06[ab]
7	2,57±0,38[bc]	0,40±0,06[ab]
8	2,05±0,04[a]	0,49±0,01[c]

n:6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais na mesma coluna indicam variação não significativa entre as formulações analisadas (p>0,05) Tukey HSD.

Com relação ao volume específico, a formulação com gordura vegetal hidrogenada (controle) apresentou bom desempenho obtendo o maior volume com diferença significativa (p<0,05) entre a maioria das amostras comparadas. A gordura hidrogenada também foi utlizada por Salas (2011) comparando-se com gordura *low trans* e margarinas. O volume final de bolos produzidos com a gordura hidrogenada foi maior em relação às outras amostras. O autor sugere que a gordura hidrogenada tenha apresentado melhor desempenho devido à estrutura cristalina que possui (β') e, portanto, é mais eficaz na produção de bolos com maior volume.

De acordo com Wilderjans et al. (2013) as células gasosas são melhor estabilizadas por pequenos cristais que se distribuem facilmente ao redor das mesmas.

As amostras produzidas com os óleos vegetais (amostras 2, 3, e 4) e extrato de aveia (amostra 5) não tiveram diferenças significativas (p>0,05) entre si e menores em relação à formulação com aplicação da gordura vegetal hidrogenada. (controle).

Massas produzidas com óleos incorporam menor quantidade de bolhas de ar durante o batimento, resultando volume baixo no produto final devido ao conteúdo de gordura sólida ser baixo (FERRARI et al.,2013).

Kumari et al. (2011) analisaram bolos elaborados com óleo de coco e obtiveram resultados semelhantes em relação ao volume específico. Os bolos com óleos perderam volume em relação ao bolo produzido com gordura vegetal hidrogenada.

Resultados similares também foram encontrados quando Sowmya et al. (2009) analisaram o volume específico de bolos preparados com óleo de gergelim em substituição parcial e total da gordura vegetal. A perda de volume foi atribuída ao fato da massa possuir baixa viscosidade e densidade alta, resultando em bolos com volumes menores.

Para Brooker (1996), quando se usa uma gordura com ponto de fusão baixo, todos os cristais rapidamente derretem para formar pequenas gotículas de óleo, não havendo cristais disponíveis adsorvidos nas bolhas de ar, ocasionando assim menor expansão dessas bolhas durante o assamento.

Bolos com alto teor de líquidos apresentam-se como produtos macios e aerados, com menor volume específico e maior densidade da massa (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR, LANNES, 2006).

Na indústria, a medição da densidade da massa é essencial para caracterização da aeração da massa sendo um indicador da quantidade de ar incorporado. Se a densidade estiver muito baixa, bolhas de ar estão em sua máxima expanção (ALLAIS; EDOURA-GAENA; DUFOUR, 2006).

Em relação à densidade dos bolos, a formulação com gordura hidrogenada (controle) obteve um desempenho próximo de seus valores ($p>0,05$) em relação aos bolos produzidos com extrato de aveia (amostra 5), GVH + óleo de castanha do Brasil (amostra 6) e GVH + óleo de coco (amostra 7), que correspondem às amostras com valores menores de densidade.

O bolo produzido com gordura de palma (amostra 1) apresentou o maior valor de densidade entre as amostras, porém estatisticamente apresentou valores similares ($p>0,05$).

Sabe-se que massas com valores altos de densidade e volume específico baixo apresentam bolos com aspectos desagradáveis ao consumidor, associadas

com alto teor de umidade e falhas no batimento, pouca aeração e baixa conservação (ESTELLER; ZANCANARO JÚNIOR, LANNES, 2006).

4.4 Cor (L*, a*, b*)

A cor é um dos atributos principais da aparência na maioria dos produtos alimentícios. A importância da sua determinação pode ser a padronização do produto. Os resultados dos parâmetros L*, a* e b* avaliados no miolo dos bolos encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados (L*, a*, b*) da análise de cor do miolo dos bolos (médias ± desvio padrão).

Formulações	**L***	**a***	**b***
Controle	70,94±4,25[a]	1,68±1,27[def]	33,61±0,78[a]
1	72,99±0,06[bc]	1,20±0,55[bc]	35,01±0,95[cd]
2	71,99±3,63[ab]	1,57±1,37[cde]	35,82±0,28[de]
3	74,31±2,49[cd]	0,53±0,25[a]	34,50±0,93[bc]
4	72,35±1,10[ab]	0,86±1,05[ab]	35,13±0,66[cde]
5	72,91±3,39[bc]	1,30±1,23[bcd]	34,04±2,14[ab]
6	72,94±6,97[bc]	2,08±1,07[fg]	34,77±2,22[bc]
7	71,90±5,95[ab]	2,16±1,76[g]	35,94±2,85[e]
8	75,27±4,67[d]	1,99±1,20[efg]	34,63±3,29[bc]

n: 6
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais na mesma coluna indicam variação não significativa entre as formulações analisadas (p>0,05) Tukey HSD.

De forma geral, houve pouca variação entre todos os resultados. Bolos elaborados com óleos (amostras 2, 3 e 4) apresentaram maior luminosidade (p<0,05) em relação àqueles elaborados com gordura hidrogenada (controle).

Embora não haja diferença significativa (p>0,05) entre as amostras com óleo de soja (amostra 2), óleo de coco (amostra 4) e GVH + coco (amostra 7) em relação ao bolo com controle, este último apresentou menor luminosidade entre os miolos analisados.

O bolo produzido com a mistura de gordura vegetal hidrogenada + extrato de aveia (amostra 8) apresentou o maior valor de L*, ou seja, maior brilho, embora não apresente diferença significativa (p>0,05) entre a amostra formulada com óleo de castanha (amostra 3).

Este resultado não foi consistente com o estudo realizado por Lee, Park, Lee (2011) ao analisar os miolos de *muffins* com aveia e seu derivado oxidado, no qual os pesquisadores observaram menor valor de luminosidade (65,31 – 69,18) entre as amostras.

Pizarro et al. (2013) apresentaram valores de L* que variaram na faixa de 48,21 – 77,97 utilizando a gordura vegetal hidrogenada e farinha integral de chia em diferentes concentrações.

A coordenada cromática a* representa o componente cromático vermelho-verde. Valores positivos de a* significa coloração mais avermelhada. A coordenada cromática b* representa o componente cromático amarelo-azul. Valores altos para b* são traduzidos para amostras com forte coloração amarelada ou dourada (ESTELLER; ZANCANARO JUNIOR; LANNES, 2006).

Em todas as formulações, este valor foi baixo devido às amostras não apresentarem, ou apresentarem pouco estas cores devido às características das matérias primas. Contudo, encontraram-se variações significativas (p<0,05) entre os resultados. O maior valor foi atribuído ao bolo formulado com GVH + óleo de coco (amostra 7) (2,16) e o menor valor para a formulação com óleo de castanha do Brasil (amostra 3) (0,53).

Observou-se que a coloração tornou-se mais avermelhada (p<0,05) quando se utilizou a gordura vegetal hidrogenada misturada aos óleos (amostras 6 e 7) e ao extrato de aveia (amostra 8).

De forma geral, os resultados obtidos foram muito próximos, embora apresente diferença significativa entre si (p<0,05). O bolo produzido com gordura vegetal hidrogenada (controle) apresentou menor valor para coloração amarelada em relação a todas as amostras. As gorduras de palma contem traço de carotenóides que podem ter influenciado na coloração do miolo. O óleo de soja, o óleo de

castanha do Brasil e o extrato de aveia apresentam coloração amarelada naturalmente. O óleo de coco também contribuiu com o aumento da cor amarelada, embora sua cor seja branco opaco.

Psimouli e Oreopoulou (2013) observaram bolos com coloração menos amarelado (31,25 – 19,89) e mais avermelhadas (14,38 – 16,55) em miolos com variação de diferentes tipos de substitutos de gordura baseados em carboidratos.

Rodríguez-García et al. (2012) substituiram o óleo vegetal por inulina, em diferentes concentrações e relataram valores diferentes aos encontrados. Para o valor de a* os resultados variaram na faixa de -1,56 a -1,11, com diferença significativa ($p<0,05$) entre as amostras. Para o parâmetro b* não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os miolos dos bolos controle (óleo vegetal) e as amostras com substituições parciais e total de inulina (23,33 – 23,92).

4.5 Análise de porosidade (estrutura alveolar)

A estrutura celular de alimentos sólidos porosos é fortemente influenciada pelas condições de processo (batimento, fermentação, cozimento), composição dos ingredientes e suas interações (SOZER; DOGAN; KOKINI, 2011).

Conforme a Tabela 6 os valores mínimos para área dos alvéolos (0,01 mm^2), perímetro (0,23 mm) e diâmetro (0,11 mm) para cada formulação de bolo são os mesmos devido ao limite de detecção do software de imagem.

De acordo com os resultados obtidos houve aumento, em relação à formulação controle, da porosidade do miolo em bolos elaborados com misturas de gordura vegetal hidrogenada (amostras 6, 7, e 8) e óleo de castanha do Brasil (amostra 3), óleo de coco (amostra 4) e extrato de aveia (amostra 5). Isto significa que a estrutura alveolar apresentou maior incorporação de ar nas massas, consequentemente, maior estabilidade das bolhas de ar durante o batimento e cocção. Massas com maior valor de viscosidade aprisionam maior quantidade de bolhas de ar, podendo até limitar a expansão durante o cozimento (MOIRAGHI et al., 2013).

Embora tenha ocorrido menor retenção de ar nas massas elaboradas com gordura de palma (amostra 1), óleos vegetais (amostras 2, 3, e 4) e extrato de aveia (amostra 5) o produto final obteve porosidade mais fina e fechada, atribuindo qualidade ao produto final.

Tabela 6 - Médias ± desvio padrão dos valores (mm^2) de porosidade dos bolos elaborados com diferentes tipos de substitutos de gordura.

Parâmetros	**Controle**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Área média	0,08±0,02	0,04±0,02	0,04±0,00	0,06±0,01	0,06±0,01	0,06±0,02	0,06±0,02	0,06±0,01	0,23±0,15
Área mínima	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00
Área máxima	16,45±0,9	7,62±1,08	5,35±2,89	8,72±2,43	8,82±3,92	8,32±3,23	17,27±5,21	10,85±1,67	10,93±2,54
Perímetro médio	0,92±0,20	0,69±0,15	0,67±0,02	0,82±0,07	0,80±0,07	0,75±0,12	0,74±0,11	0,85±0,13	0,84±0,07
Perímetro mínimo	0,23±0,00[a]	0,23±0,00	0,23±0,00	0,23±0,00	0,23±0,00	0,23±0,00	0,23±0,00	0,23±0,00	0,23±0,00
Perímetro máximo	47,54±33,84	36,49±4,78	30,88±3,42	29,72±6,65	35,29±11,80	32,32±12,24	55,12±18,82	64,15±19,41	49,19±32,82
Diâmetro médio	0,32±0,06	0,26±0,04	0,25±0,0	0,29±0,03	0,30±0,03	0,29±0,05	0,28±0,03	0,31±0,02	0,31±0,02
Diâmetro mínimo	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00	0,11±0,00
Diâmetro máximo	6,63±1,78	5,40±1,05	5,20±0,49	6,40±1,29	5,62±0,86	5,63±0,64	8,41±1,99	9,12±2,04	6,66±3,96

n: 3
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia

A Figura 30 ilustra as nove formulações elaboradas com os diferentes tipos de substitutos de gordura vegetal hidrogenada durante a análise de de porosidade.

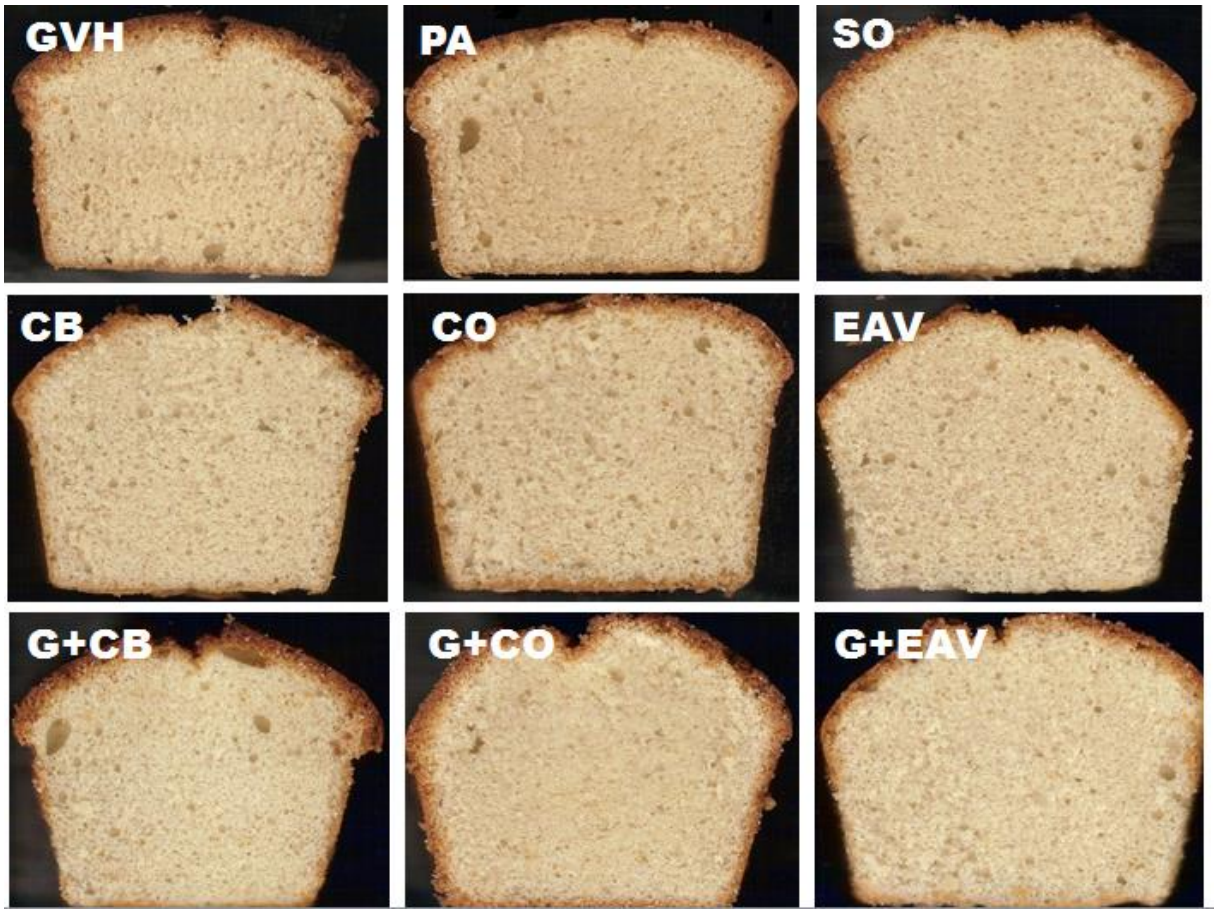


Figura 30 - Análise de porosidade nas nove formulações de bolos.

A qualidade dos bolos está atribuída ao seu volume grande com estrutura uniforme, fina e úmida. Quanto maior for o número de ar incorporado na massa, a estrutura se torna mais porosa e, consequentemente, maior será o volume final do produto (SOZER; DOGAN; KOKINI, 2011).

Segundo Esteller, Zancanaro Júnior e Lannes (2006), a quantidade e o volume dos alvéolos estão diretamente relacionados com a formulação e o processo utilizado.

Em um estudo conduzido por Ureta, Oliveira e Salvadori (2014), bolos foram assados em diferentes temperaturas (140 – 220ºC), na qual a porosidade do miolo, no produto final, foi avaliada. Observou-se que bolos submetidos a baixas

temperaturas, a área alveolar apresentou valor abaixo de 11 mm^2 e poros mais homogêneos.

Rodríguez-García et al. (2012) observaram que a área total das células (%) diminuíram, assim como tornaram-se menores e mais circulares conforme aumentava-se a concentração de inulina nas formulações de bolos.

Psimouli e Oreopoulou (2013) avaliaram a substituição de *shortening* por diferentes substitutos de gordura (maltodextrina, inulina, oligofrutose, pectina cítrica e proteína microparticulada) em bolos, e observaram que o tamanho das bolhas de ar foi afetado devido à substutuição da gordura. As massas elaboradas com os substitutos apresentaram ampla distribuição das bolhas com uma grande variação em seus tamanhos. A massa controle apresentou uma distribuiçao mais limitada, cujo diâmetro variou na faixa entre 10 -30 μm.

4.6 Caracterização das formulações dos bolos

Os bolos elaborados foram caracterizados de acordo com sua composição centesimal, atividade de água (aw) e porosidade do miolo, conforme serão abordados nos próximos itens.

4.6.1 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal das nove formulações de bolos encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Médias ± desvio padrão da composição centesimal e valor calórico total dos bolos formulados.

%[1]	Umidade	Cinzas	Carboidratos[2]	Proteínas	Lipídios	VCT[3] kcal
Controle	24,91±0,89[a]	1,61±0,02[ab]	53,85±0,77[e]	6,26±0,17[c]	13,37±0,26[cde]	360,80
1	27,32±0,25[b]	1,31±0,05[ab]	48,55±0,59[abc]	6,07±0,14[c]	16,75±0,65[e]	369,25
2	27,81±0,12[b]	1,56±0,27[ab]	49,61±1,22[cde]	5,62±0,37[bc]	15,41±0,75[c]	359,25
3	30,41±0,05[d]	1,50±0,28[ab]	48,07±0,67[ab]	4,77±0,83[ab]	15,24±0,07[cd]	348,55
4	29,69±0,20[cd]	1,53±0,29[ab]	48,51±0,06[abc]	4,51±0,01[a]	15,76±0,14[de]	353,95
5	38,00±0,17[f]	1,69±0,06[c]	52,82±0,19[f]	4,22±0,10[a]	3,27±0,17[a]	257,62
6	30,12±0,15[d]	1,49±0,03[ab]	47,80±0,04[a]	4,58±0,16[a]	16,01±0,07[de]	353,61
7	28,98±0,12[c]	1,21±0,03[a]	49,15±0,08[bcd]	4,59±0,29[a]	16,06±0,24[de]	359,55
8	35,05±0,04[e]	1,49±0,03[bc]	49,61±0,08[de]	4,10±0,13[a]	9,75±0,12[b]	302,60

n: 3
%*: base úmida
Carboidrato[2]: Calculado por diferença sem fibras.
VCT[3]: Valor calórico total calculado segundo os fatores disponíveis na resolução nº 359 da ANVISA, 2003;
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais na mesma coluna indicam variação não significativa entre as formulações analisadas (p>0,05) Tukey HSD.

Conforme é mostrado na Tabela 7, o valor de umidade das formulações aumentaram em relação à formulação controle (p<0,05). O bolo elaborado com extrato de aveia (amostra 5) apresentou o maior valor de umidade encontrado entres as formulações.

O uso de produtos de aveia como ingredientes na panificação é recomendável devido às suas propriedades funcionais tecnológicas, como a retenção de umidade, retardando com isso o envelhecimento de bolos (GUTKOSKI et al., 2009).

Martínez-Cervera et al. (2011) apontaram resultados semelhantes na elaboração de bolos com fibra de cacau para substituir o óleo de girassol refinado. Com a substituição da gordura por fibra, os autores observaram aumento significativo (p<0,05) da umidade no produto final.

Sowmya et al. (2009) e Kumari et al. (2011) observaram o efeito contrário ao substituir a gordura vegetal hidrogenada por diferentes tipos de óleos tendo seus valores de umidade diminuídos

As determinações de resíduo mineral fixo apontaram aumento dos valores (p<0,05) nas formulações, com exceção das amostras elaboradas com gordura de

palma (amostra 1), extrato de aveia (amostra 5) e GVH + óleo de castanha do Brasil (amostra 6).

Gularte et al. (2012) encontraram valores de resíduo mineral fixo (g/100 g) na faixa de de 1,4 – 1,8 em bolos formulados com diferentes tipos de fibras.

Os valores de carboidratos e proteínas diminuíram ($p<0,05$) de acordo com as substituições, com exceção da formulação com extrato de aveia (amostra 5), como já esperado.

De acordo com Salas (2011), os valores encontrados, para carboidratos, em bolos com diferentes tipos de gorduras variaram na faixa entre 34,77 – 38,62 %; e proteínas 8,13 – 11,41 %. Estes resultados se assemelham com os valores encontrados neste trabalho.

Levent e Bilgiçli (2013) apontaram valores de proteína entre 9,82 – 11,89 % em bolos produzidos enriquecidos com germén de trigo. Gularte et al. (2012) apresentaram valores que variaram na faixa entre 5,4 – 6,2 (g/100 g) em bolos com diferentes tipos de fibras.

Os valores de lipídios, assim como o valor calórico total (VCT), tiveram seus valores diminuídos com as substituições, promovendo característica positiva ao produto final.

A formulação elaborada com extrato de aveia (amostra 5) teve uma diminuição de mais da metade do conteúdo de lipídios, que por sua vez contribui com a diminuição do VCT em relação a amostra controle, diminuindo mais que 25 % do valor de referência. Este resultado indica que bolos produzidos com extrato de aveia, substituindo a base gordurosa, podem conter a alegação “baixo em valor energético”, conforme estabelecido pela Resolução RDC nº 54/2012 da ANVISA, que dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional.

- Rotulagem Nutricional

A Resolução ANVISA RDC nº 360/03 - Regulamento Técnico Sobre Rotulagem Nutricional De Alimentos Embalados - torna obrigatória a rotulagem nutricional baseada nas regras estabelecidas com o objetivo principal de atuar em benefício do consumidor e ainda evitar obstáculos técnicos ao comércio.

As porções indicadas nos rótulos de alimentos e bebidas embalados são determinadas com base em uma dieta de 2000 kcal considerando uma alimentação saudável e são harmonizadas com os outros países do MERCOSUL. Elas estão publicadas na Resolução ANVISA RDC 359/03 - Regulamento Técnico De Porções De Alimentos Embalados Para Fins De Rotulagem Nutricional (ANVISA, 2003).

O uso das informações nutricionais obrigatórias nos rótulos dos alimentos e bebidas embaladas está regulamentado no Brasil desde 2001. A Tabela Nutricional traz a expectativa de orientar o setor produtivo quanto às informações relevantes, possibilitar a revisão das formulações e informar o consumidor sobre a composição do alimento favorecendo escolhas que promovam o consumo de uma dieta mais equilibrada e saudável. (ANVISA, 2005).

Os valores foram calculados quanto ao seu valor energético, carboidratos, proteínas e gorduras totais, baseados em uma porção de 60 g, o equivalente a uma fatia do produto. Os tamanhos das porções estão indicados nas Tabelas de Referência de Porções de Alimentos e Bebidas Embalados. Os produtos de panificação, cereais, leguminosas, raízes, tubérculos e seus derivados estão agrupados no nível 1, Grupo I da tabela (ANVISA, 2005).

Na Tabela 8, encontram-se os valores do cálculo da informação de composição para uso em rotulagem nutricional para as nove formulações de bolos elaboradas.

Tabela 8 - Informação de composição em Rotulagem Nutricional das formulações de bolos.

Informação de composição para uso em Rotulagem Nutricional Porção 60 g (1 fatia)																		
Formulações	**Controle**	**%VD**	**1**	**%VD**	**2**	**%VD**	**3**	**%VD**	**4**	**%VD**	**5**	**%VD**	**6**	**%VD**	**7**	**%VD**	**8**	**%VD**
Valor Energético	236kcal ou 1569 kJ	12	234kcal ou 1523kJ	12	229kcal ou 1527kJ	11	229kcal ou 1509kJ	11	234kcal ou 1545kJ	12	159kcal ou 1328kJ	8	234kcal ou 1529kJ	12	238kcal ou 1569kJ	12	199kcal ou 1428kJ	10
Carboidratos	25,4 g	14	23,7 g	13	24,5 g	13	23,2 g	13	23,6 g	13	28,3 g	15	22,9 g	13	24,1 g	13	24,8 g	14
Proteínas	3,6 g	7	3,6 g	7	3,9 g	7	4,4 g	8	4,7 g	8	4,4 g	8	4,6 g	8	4,7 g	8	4,7 g	9
Gorduras Totais	13,3 g	24	13,8 g	25	12,8 g	23	13,1 g	24	13,4 g	24	3,2 g	6	13,7g	25	13,5g	25	9,0 g	16

n: 3

Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.

VD: Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Para fins comparativos, o Quadro 5 apresenta a informação nutricional de quatro marcas comercialmente vendidas no mercado brasileiro. O bolo sabor coco foi escolhido por ser um bolo com sabor semelhante ao utilizado neste presente trabalho devido a utilização do óleo de coco.

Bolo sabor Coco	**Kim[1]**	**Nutrella[2]**	**Panco[3]**	**Pullman[4]**
Quantidade por porção	60 g	60 g	60 g	60 g
Valor Energético	197 kcal = 826 kJ	203 kcal = 853 kJ	218 kcal = 919 kJ	210 kcal -
Carboidratos	33 g	28 g	34 g	33 g
Proteínas	3,3 g	3,2 g	3,5 g	3,7 g
Gorduras Totais	5,5 g	8,7 g	7,7 g	6,8 g
Gorduras saturadas	3,1 g	3,9 g	3,7 g	3,2 g
Gorduras *trans*	0,3 g	Não contém	0 g	Não contém
Fibra Alimentar	0,8 g	1,1 g	1,5 g	1 g
Sódio	162 mg	190,0 mg	154 mg	239 mg

[1]Kim Neto, Brasil, [2]Nutrella, Brasil, [3]Panco, Brasil, [4]Pullman, Brasil.

Quadro 5 - Composição nutricional de quatro marcas de bolos do mercado brasileiro.

4.6.2 Atividade de água (aw)

A importância da atividade de água (aw) está na sua relação com a conservação dos alimentos. Sendo a variação da pressão de vapor da água pela interação com componentes de um alimento como indicador da quantidade da água ligada, os valores de aw mostram quais as chances tem o alimento de se deteriorar (LE MESTE et al., 2006).

A atividade de água desempenha um papel importante na qualidade e segurança, processamento, vida de prateleira, textura e propriedades sensoriais dos alimentos. O controle adequado de sua atividade de água impede que bactérias patogênicas cresçam, porém algumas deteriorações podem ocorrer devido ao crescimento de fungos na superfície (FONTANA; CAMPBELL, 2004).

Os valores encontrados nas nove formulações de bolos encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Médias ± desvio padrão de aw nas amostras de bolos.

Formulações	aw
Controle	0,89±0,01[ab]
1	0,91±0,00[c]
2	0,88±0,01[a]
3	0,91±0,01[c]
4	0,91±0,00[c]
5	0,94±0,01[d]
6	0,90±0,00[bc]
7	0,91±0,00[bc]
8	0,93±0,01[d]

n: 3
Controle: Gordura Vegetal Hidrogenada (GVH), 1: Gordura de Palma, 2: Óleo de Soja, 3: Óleo de Castanha do Brasil, 4: Óleo de coco, 5: Extrato de aveia, 6: GVH + Óleo de Castanha do Brasil, 7: GVH + Óleo de Coco, 8: GVH + Extrato de aveia.
Letras iguais indicam variação não significativa entre as formulações analisadas (p>0,05) Tukey HSD.

Os valores de atividade de água apresentaram diferença significativa (p<0,05) entre as amostras analisadas.

Os resultados apresentados mostram que a formulação controle e óleo de soja (amostra 2) apresentaram os menores valores (p>0,05) para atividade de água entre as amostras. Os valores de umidade estão diretamente ligados com os valores de aw. As amostras elaboradas com extrato de aveia (amostra 5) e sua combinação de GVH + extrato de aveia (amostra 8) apresentaram o maiores valores para este parâmetro, assim como seus valores de umidade.

Conforme discutido anteriormente, os produtos elaborados com aveia tendem a reter maior quantidade de água ao produto, tornando o mais macio e com maior umidade. Porém, este valor de aw é crítico, do ponto de vista microbiológico, uma

vez que bactérias como *Salmonella, C. botulinum, Lactobacillus* (FONTANA; CAMPBELL, 2004) podem ocorrer nestas faixas.

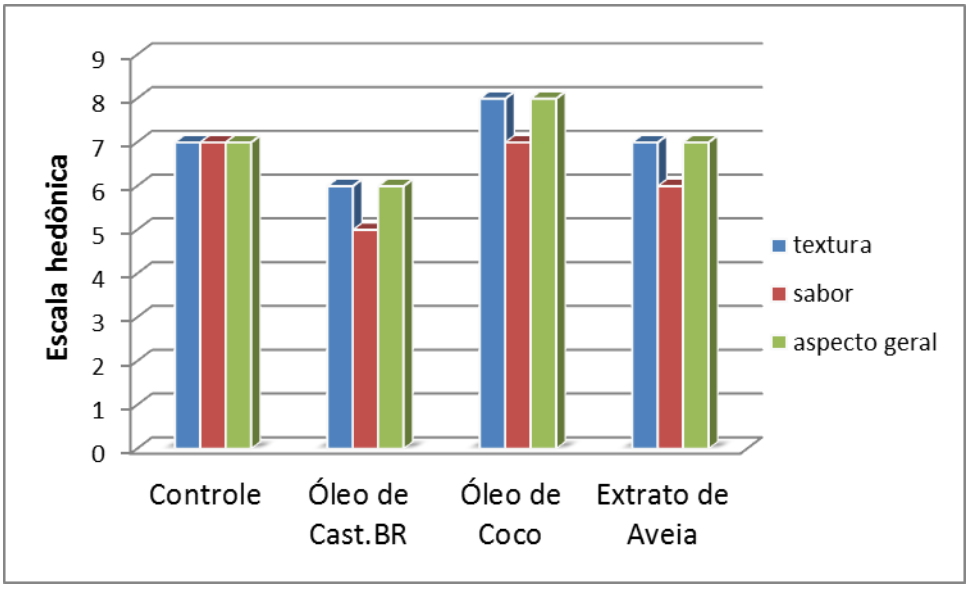
Alimentos de alta umidade (aw > 0,85) são muito propensos a deteriorações microbiológicas em geral. O nível mínimo de atividade de água para o crescimento de leveduras deteriorantes é 0.88 e para bolores é 0.70. Para maximizar a vida útil de um alimento, a atividade de água de um produto deve ser controlada dentro de limites críticos. Isto requer o conhecimento do comportamento de sorção / dessorção de alimentos ou de componentes, condições de armazenamento, e os parâmetros da embalagem (FONTANA; CAMPBELL, 2004).

Ao contrário dos valores apresentados, os autores Levent e Bilgiçli (2013) registraram valores menores de aw em bolos. Seus valores variaram na faixa entre 0,77 – 0,78. Salas (2011) encontrou valores entre 0,87 – 0,91.

4.7 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada com quarto, das nove formulações de bolos estudadas. O objetivo foi avaliar somente as formulações com óleo de castanha do Brasil, óleo de coco e extrato de aveia e compará-las ao bolo controle, pois se tratam de matérias primas diferenciadas no mercado. Comparando-se com a amostra controle, os atributos apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) entre os valores apontados.

A Figura 31 mostra os resultados obtidos da análise em escala hedônica, avaliando atributos como textura, sabor e aspecto geral.



*Cast.BR = Castanha do Brasil

Figura 31 - Pontuação da Escala Hedônica referente à avaliação sensorial de bolos com diferentes tipos de substitutos de gordura.

Os atributos de textura, sabor e aspecto geral proporcionaram ao bolo elaborado com óleo de coco o melhor resultado ($p<0,05$) da avaliação, em escala hedônica, sendo os atributos de qualidade textura e aspecto geral com maior aceitação.

Os avaliadores disseram que gostaram regularmente (7) dos bolos com extrato de aveia e gordura vegetal hidrogenada, em relação à textura e aspecto geral, e que gostaram ligeiramente (6) do sabor com extrato de aveia.

O bolo elaborado com óleo de castanha do Brasil apresentou as menores pontuações ($p<0,05$), e portanto com menor aceitação entre as amostras. O parâmetro sabor apresentou a nota mais baixa, entre as avaliações, recebendo a nota 5 (indiferente).

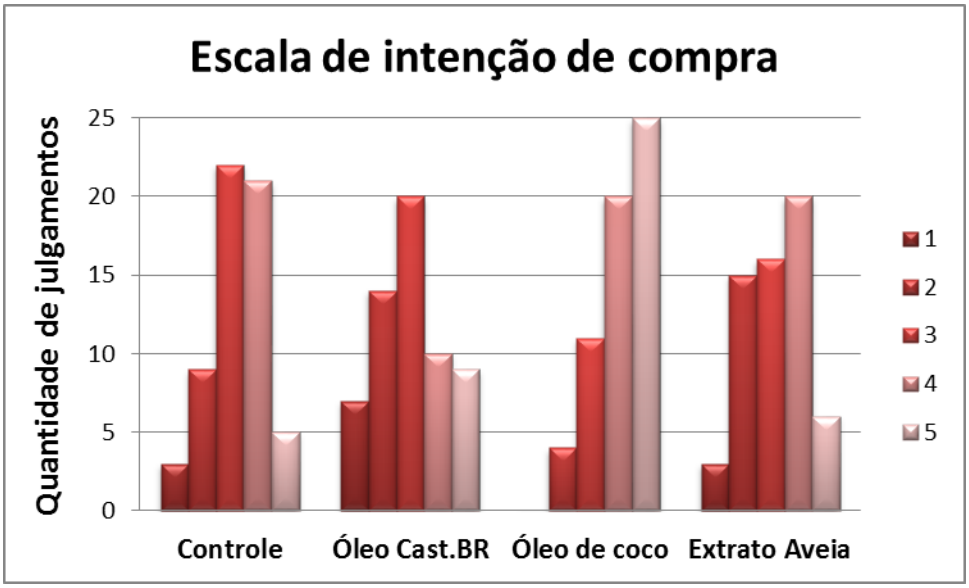
Na avaliação também foi pedido que os julgadores disessem se existia diferença entre as amostras, e praticamente 100% dos avaliadores responderam que sim. Essa diferença foi notada principalmente na textura e no sabor.

O sabor de coco e de castanha dos bolos com óleo de coco e castanha do Brasil não foi notado durante a avaliação. Por se tratar de um painel não treinado, os avaliadores não conseguiram identificar o sabor característico de cada produto. Pode-se sugerir que o baixo consumo desses produtos, em relação aos pães,

conforme pesquisa apontada anteriormente no item 1.2 deste trabalho, também podem ter afetado esses resultados.

Ainda em relação a avaliação sensorial, foi pedido que os julgadores indicassem, em uma escala de 1 a 5, sua intenção de compra, onde 1 corresponde “certamente não compraria” e 5 corresponde “certamente compraria”.

Na Figura 32 pode-se observar os resultados da intenção de compra dos 60 julgadores.



1:Certamente não compraria, 2: Provavelmente não compraria,
3: Talvez comprasse talves não comprasse, 4: Provavelmente compraria, 5: Certamente compraria
*Cast.BR = Castanha do Brasil

Figura 32 - Escala de intenção de compras de bolos com diferentes tipos de substitutos de gordura vegetal hidrogenada.

Dos julgamentos que cada bolo recebeu, pode-se dizer que: 41,7 % disseram que certamente compraria (5) o bolo elaborado com óleo de coco, e nenhum avaliador disse que certamente não compraria (1). Das avaliações dos bolos com gordura vegetal hidrogenada (controle) e com óleo de castanha do Brasil, 36,7 % e 33,3 % respectivamente, responderam que talvez comprasse talvez não comprasse (3) o produto. E por fim, das 60 avaliações que o bolo com extrato de aveia recebeu, 33,3 % dos avaliadores disseram que provavelmente comprariam (4).

Dentre as avaliações sensoriais aplicadas, pode-se concluir que entre os quatro bolos avaliados, o bolo que mais se destacou na aceitação dos julgadores foi o bolo produzido com óleo de coco.

5 CONCLUSÃO

Por meio das avaliações de textura medindo o comportamento estrutural das massas, o estudo possibilitou a compreensão de cada tipo de substituto de gordura utilizado nas formulações de bolos. Observou-se na análise de compressão-extrusão o gasto baixo de energia das formulações com óleos e extrato de aveia, em relação ao bolo elaborado com gordura vegetal hidrogenada. As massas avaliadas caracterizaram-se como fluidos dilatantes, mediante o cálculo do índice de viscosidade. Na análise de TPA foi possível avaliar a vida de prateleira dos produtos, e conclui-se que bolos elaborados com extrato de aveia apresentaram maior maciez durante o tempo de estocagem; a gordura de palma mostrou o pior desempenho.

As análises de volume/densidade e porosidade demonstraram que a formulação com gordura vegetal hidrogenada apresentou maior volume, maior e maior incorporação de ar e estabilidade, durante seu processamento. A análise de cor mostrou que as combinações de gordura vegetal hidrogenada com extrato de aveia e óleo de coco apresentaram bolos com mais brilho e mais amarelada, respectivamente, embora as formulações apresentassem perfis semelhantes.

Através da caracterização dos produtos quanto a sua composição centesimal foi possível a elaboração da rotulagem nutricional. Dentre os resultados, o bolo com menor valor calórico foi o produzido com extrato de aveia que mostrou se encaixar no perfil de produto com baixo teor calórico, segundo a legislação vigente. A análise de atividade de água registrou valores altos para os bolos com extrato de aveia e mais baixo com a gordura vegetal sendo utilizada.

Por fim, a análise sensorial, por meio da avaliação de painel não treinado, mostrou que o bolo elaborado com óleo de coco obteve a maior aceitação, e consequentemente a maior intenção de compra, entretanto apresentando pouca diferença em relação ao bolo controle. O bolo produzido com óleo de castanha do Brasil apresentou baixa aceitação dos avaliadores. Pode-se dizer que boa parte dos avaliadores não consomem bolos com tanta frequencia quanto pães, pois houve poucos relatos em relação aos sabores desses produtos, uma vez que cada bolo tenha seu sabor característico predominate da matéria prima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, N.C.; BLOCK, J.M.; MARANGONI, A.G. Unsaturated emulsifier-mediated modification of the mechanical strength and oil binding capacity of a model edible fat crystallized under shear. **Langmuir**, v.28, n.46, p.16207−16217, 2012.

ACEVEDO, N.C.; MARANGONI, A.G. Functionalization of non-interesterified mixtures of fully hydrogenated fats using shear processing. **Food and Bioprocess Technology**, v.7, n.2, p.575-587, 2014.

ADHIKARI, P.; ZHU, X.-M.; GAUTAM, A.; SHIN, J.-A.; HU, J.-N.; LEE, J.-H.; AKOH, C.C.; LEE, K.-T. Scaled-up production of zero-trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin. **Food Chemistry**, v, 119, n.4, p.1332–1338, 2010.

ADITIVOS INGREDIENTES. **Especial panificação**. Disponível em: http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/85.pdf. Acesso em: 21 nov. 2012.

AFOAKWA, E.O. Structure – properties (rheology, texture and melting) relationships in chocolate manufacture. In: _____. **Chocolate science and technology**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. cap.7, p.101-123.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.273, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "Regulamento Técnico para Misturas para o Preparo de Alimentos e Alimentos Prontos para o Consumo". Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/b683960047457a8b8736d73fbc4c6735/RDC_273_2005.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 28 abr. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.54, 12 de novembro de 2012**. Dispões sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/630a98804d7065b981f1e1c116238c3b/Resolucao+RDC+n.+54_2012.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 20 dez. 2012.

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/Resolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 09 set. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.359, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. Disponível em: http://www.crn3.org.br/legislacao/doc/RDC_359-2003.pdf. Acesso em: 09 jan. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Gerência Geral de Alimentos; UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação às indústrias de alimentos: 2a versão atualizada. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 44p. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/5f53be80474583c58ee8de3fbc4c6735/manual_industria.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 09 jan.2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.270, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal". Brasília, 2005. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CBRA_171_add_1.htm. Acesso em: 17 fev.2014.

AGROPALMA. Panificação. Gorduras. **Gordura de Palma 370B**. Disponível em: http://www.agropalma.com.br/produto.asp?/3/13/gorduras/7/gordura-de-palma-370-b/ Acesso em: 13 jun. 2011.

AJILA, C.M.; LEELAVATHI, K.; PRASADA RAO, U.J.S. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.2, p.319-326, 2008.

ALLAIS, I.; EDOURA-GAENA, S.-B.; DUFOUR, É. Characterization of lady-finger batters and biscuits by fluorescence spectroscopy: relation with density, color and texture. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.4, p.896-909, 2006.

ALMEIDA, D.S.F.B. **Desenvolvimento e aplicação de gorduras low trans em margarinas e bolos tipo inglês**. Campinas, 2008. 179p. Tese de Doutorado – Faculdade de Tecnologia de Alimentos – Universidade de Campinas.

ANSORENA, D.; ECHARTE, A.; OLLÉ, R.; ASTIASARÁN, I. 2012: no *trans* fatty acids in Spanish bakery products. **Food Chemistry**, v.138, n.1, p.422–429, 2013.

ASHWINI, A.; JYOTSNA, R.; INDRANI, D. Effects of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, v.23, n.3, p.700-707, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS. Estatísticas. **Pão & bolo**. Disponível em: http://www.abima.com.br/estatistica_pao.php#tabs. Acesso em: 14 abr. 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17.ed. Arlington: A.O.A.C International, 2000. cap.32, p.5. [Method 920.85].

BAIK, O.D.; MARCOTTE, M.; CASTAIGNE, F. Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens. Part II. Evaluation of quality parameters. **Food Research International**, v.33, n.7, p.599-607, 2000.

BERRY, T.K.; YANG, X.; FOEGEDING, E.A. Foams prepared from whey protein isolate and egg white protein. 2. Changes associated with angel food cake functionality. **Journal of Food Science**, v.74, n.5, p.E269-E277, 2009.

BOURNE, M.C. Sensory methods of texture and viscosity measurement. In: _____, eds. **Food texture and viscosity**. 2.ed. New York: Academic Press, 2002. cap.7, p.257-291.

BRAMESCO, N.P.; SETSER, C.S. Application of sensory texture profiling to baked products: some considerations for evaluation, definition of parameters and reference products. **Journal of Texture Studies**, v.21, n.1, p.235-251, 1990.

BROOKER, B.E. The stabilization of air in foods containing fat: a review. **Food Structure**, v.12, n.1, p.115-122, 1993.

BROOKER, B.E. The role of fat in stabilization of gas cells in bread dough. **Journal of Cereal Science**, v.24, n.3, p.187-198, 1996.

CAMP, D.V.; HOOKER, N.H.; LIN, C.T.J. Changes in fat contents of US snack foods in response to mandatory trans-fat labeling. **Public Health Nutrition**, n.15, v.6, p.1130–1137, 2012.

CAMPBELL, G.M.; MOUGEOT, E. Creation and characterization of aerated food products. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, n.9, p.283-296, 1999. [Review].

CAUVAIN, S.P. The relevance of testing to the manufacture of biscuits (cookies), cakes and pastries. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S., eds. **The ICC handbook of cereals, flours, dough & product testing**. Lancaster: DEStech Publications, 2009. p.157-180.

ÇELIK, İ.; YILMAZ, Y.; IŞIK, F.; ÜSTÜN, Ö. Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p.907–911, 2007.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Prática de Laboratorio de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 1993, 81 p.

CHEONG, L.Z.; TAN, C.P.; LONG, K.; AFFANDI YUSOFF, M.S.; LAI, O.M. Physicochemical, textural and viscoelastic properties of palm diacylglycerol bakery shortening during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, n.13, p.2310-2317, 2010.

CHEONG, L.-Z.; TAN, C.-P.; LONG, K.; IDRIS, N.A.; YUSOFF, M.S.A.; LAI, O.-M. Baking performance of palm diacylglycerol bakery fats and sensory evaluation of baked products. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.113, n.2, p.253–261, 2011.

CHESTERTON, A.K.S.; PEREIRA DE ABREU, D.A.; MOGGRIDGE, G.D.; SADD, P.A.; WILSON, D.I. Evolution of cake batter bubble structure and rheology during planetary mixing. **Food and Bioproducts Processing**, v.91, n.3, p.192–206, 2013.

CHIU, M.C.; GIOIELLI, L.A. Propriedades de textura das misturas binárias da gordura abdominal de frango com gordura de toucinho. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.37, n.3, p.383-389, 2001.

CHOI, H.W.; BAIK, B.K. Significance of wheat flour particle size on sponge cake baking quality. **Cereal Chemistry**, v.90, n.2, p.150-156, 2013.

CONFORTI, F.D. Cake manufacture. In: HUI, Y.H.; CORKE, H., eds. **Bakery products**: science and technology. Ames: Wiley-Blackwell, 2006. p.411-432.

COPRA ALIMENTÍCIA. Copra Indústria Alimentícia. **Apresentação óleo de coco extra virgem**. Disponível em: http://www.copraalimenticia.com.br/index.php/produto/47. Acesso em: 03 nov. 2011.

DE LA HERA, E.; OLIETE, B.; GOMÉZ, M. Batter characteristics and quality of cakes made with wheat-oats flour blends. **Journal of Food Quality**, v.36, n.2, p.146-153, 2013.

DE LEONARDIS, A.; MACCIOLA, V. Heat-oxidation stability of palm oil blended with extra virgin olive oil. **Food Chemistry**, v.135, n.3, p.1769-1776, 2012.

DICKINSON, E. Food emulsions and foams: stabilization by particles. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v.15 n.1/2, p.40–49, 2010.

DIVSALAR, A.; SABOURY, A.A.; NABIUNI, M.; ZARE, Z.; KEFAYATI, M.E.; SEYEDARABI, A. Characterization and side effect analysis of a newly designed nanoemulsion targeting human serum albumin for drug delivery. **Colloids and Surfaces, B: Biointerfaces**, p.98, v.80–84, 2012.

DOGAN, I.; JAVIDIPOUR, I.; AKAN, T. Effects of interesterified palm and cottonseed oil blends on cake quality. **International Journal of Food Science & Technology**, v.42, n.2, p.157-164, 2007.

EDWARDS, W.P. Products other than bread. In: _____, eds. **The science of bakery products**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2007. cap.8, p.208-232.

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

ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, v.35, n.4, p.383-393, 2004.

FARAKOS, S.M.S.; FRANK J.F.; SCHAFFNER, D.W. Modeling the influence of temperature, water activity and water mobility on the persistence of Salmonella in low-moisture foods. **International Journal of Food Microbiology**, v.166, p.280–293, 2013.

FARFÁN, M.; VILLALÓN, M.J.; ORTÍZ, M.E.; NIETO, S.; BOUCHON, P. The effect of interesterification on the bioavailability of fatty acids in structured lipids. **Food Chemistry**, v.139, n.1/4, p.571–577, 2013.

FERRARI, I.; ALAMPRESE, C.; MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; ROSSI, M. Optimisation of cake fat quantity and composition using response surface methodology. **International Journal of Food Science & Technology**, v.48, n.3, p.468–476, 2013.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C. de V.; SILVA, M. A. A. P. da; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. de M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. manual: série qualidade**. Campinas, SBCTA, 2000. 127p.

FLANDER, L.; ROUAU, X.; MOREL, M.H.; AUTIO, K.; SEPPÄNEN-LAAKSO, T.; KRUUS, K.; BUCHERT, J. Effects of laccase and xylanase on the chemical and rheological properties of oat and wheat doughs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.14, p.5732-5742, 2008.

FONTANA, A.J.; CAMPBELL, C.S. Water activity. In: NOLLET, L.M.L., ed. **Handbook of food analysis**: physical characterization and nutrient analysis. 2.ed. New York: Marcel Dekker; London: Taylor & Francis, 2004. cap.4, p.39–54. (Food science and technology, v.138).

FREITAS, S.P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I.C. COELHO, M.A.Z. Extraction and simultaneous separation of the Brazil nuts oil with ethanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, supl.1, p.14-17, 2007.

GHOTRA, B.S., DYAL, S.D.; NARINE, S.S. Lipid shortenings: a review. **Food Research International**, v.35, n.10, p.1015–1048, 2002. [Review].

GOLDSTEIN, A.; SEETHARAMAN, K. Effect of a novel monoglyceride stabilized oil in water emulsion shortening on cookie properties. **Food Research International**, v.44, n.5, p.1476–1481, 2011.

GÓMEZ, M.; RONDA, F.; CABALLERO, P.A.; BLANCO, C.A.; ROSELL, C.M. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cake. **Food Hydrocolloids**, v.21, n.2, p.167-173, 2007.

GÓMEZ, M.; OLIETE, B.; GARCÍA-ÁLVAREZ, J.; RONDA, F.; SALAZAR, J. Characterization of cake batters by ultrasound measurements. **Journal of Food Engineering**, v.89, n.4, p.408-413, 2008.

GÓMEZ, M.; MORALEJA, A.; OLIETE, B.; RUIZ, E.; CABALLERO, P.A. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, n.1, p.33-38, 2010.

GÓMEZ, M.; RUIZ, E.; OLIETE, B. Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. **LWT - Food Science and Technology**, v.44, n.4, p.911-916, 2011.

GUJRAL, H.S.; SODHI, N.S. Back extrusion properties of wheat porridge (*Dalia*). **Journal of Food Engineering**, v.52, n.1, p.53-56, 2002.

GULARTE, M.A.; GÓMEZ, M.; ROSELL, C.M. Impact of legume flours on quality and *in vitro* digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. **Food and Bioprocess Technology**, v.5, n.8, p.3142-3150, 2011.

GULARTE, M.A.; DE LA HERA, E.; GÓMEZ, M.; ROSELL, C.M. Effect of different fibers on the batter and gluten-free layer cakes properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.48, n.2, p.209-214, 2012.

GUPTA, M.; BAWA, A.S.; SEMWAL, A.D. Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake. **International Journal of Food Properties**, v.12, n.1, p.243-251, 2009.

GUTKOSKI, L.C.; BONAMIGO, J.M.A.; TEIXEIRA, D.M.F.; PEDO, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.355-363, 2007.

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

HASHIMOTO, Y.; YAMADA, K.; TSUSHIMA, H.; MIYAZAWA, D.; MORI, M.; NISHIO, K.; OHKUBO, T.; HIBINO, H.; OHARA, N.; OKUYAMA, H. Three dissimilar high fat diets differentially regulate lipid and glucose metabolism in obesity-resistant Slc: Wistar/ST rats. **Lipids**, v.48, n.8, p.803-815, 2013.

HEMPEL, S.; JACOB, A.; ROHM, H. Influence of inulin modification and flour type on the sensory quality of prebiotic wafer crackers. **European Food Research and Technology**, v.224, n.3, p.335–341, 2007.

INDRANI, D.; RAO, G.V. Functions of Ingredients in the baking of sweet goods. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. cap.2, p.31-47. (Contemporary food engineering).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos de análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 1020p.

IWATA, N.G.; PHAM, M.; RIZZO, N.O.; CHENG, A.M.; MALONEY, E.; FRANCIS, K. Trans fat acids induce vascular inflammation and reduce vascular nitric oxide production in endothelial cells. **Plos One**, v.6, n.12, p.1-6, 2011.

JACOB, J.; LEELAVATHI, K. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. **Journal of Food Engineering**, v.79, n.1, p.299–305, 2007.

KALA, A.A.; JOSHI, V.; GURUDUTT, K.N. Effect of heating oils and fats in containers of different materials on their *trans* fatty acid content. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, n.11, p.2227-2233, 2012.

KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polidextrose as a sugar-and fat-replacer. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.953-964, 2007.

KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science & Technology**, v.28, n.1, p.4-14, 2012. [Review].

KUMARI, R.; JEYARANI, T.; SOUMYA, C.; INDRANI, D. Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. **Journal of Texture Studies**, v.42, n.5, p.377-386, 2011.

LAM, R.S.H.; NICKERSON, M.T. Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure–function approach. **Food Chemistry**, v.141, n.2, p.975–984, 2013. [Review].

LANNES, S.C.S.; IGNACIO, R.M. Structuring fat foods. In: MUZZALUPO, I., ed. **Food industry**. Rijeka: Intech Open Science, 2013. v.1, p.65-91.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C.G. Molecular aspects of cereal β-glucan functionality: physical properties, technological applications and physiological effects. **Journal of Cereal Science**, v.46, n.2, p.101-118, 2007.

LEE, K.Y.; PARK, S.Y.; LEE, H.G. Effect of oat β-glucan and of its oxidised derivative on the quality characteristics of sponge cakes. **International Journal of Food Science & Technology**, v.46, n.2, p.2663-2668, 2011.

LEE, S.; KIM, S.; INGLETT, G.E. Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. **Cereal Chemistry**, v.82, n.2, p.120-124, 2005.

LE MESTE, M.; ROUDAUT, G.; CHAMPION, D.; BLOND, G.; SIMATOS, D. Interaction of water with food components. In: GAONKAR, A.G.; McPHERSON, A., eds. **Ingredient interactions**: effects on food quality. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. cap.4, p.87-138. (Food science and technology, 154).

LEVENT, H.; BILGIÇLI, N. Quality evaluation of wheat germ cake prepared with different emulsifiers. **Journal of Food Quality**, v.36, n.5, p.334-341, 2013.

LI, D.; ADHIKARI, P.; SHIN, J.-A.; LEE, J.-H.; KIM, Y.-J.; ZHU, X.-M.; HU, J.-N.; JIN, J.; AKOH, C.C.; LEE, K.-T. Lipase-catalyzed interesterification of high oleic sunflower oil and fully hydrogenated soybean oil comparison of batch and continuous reactor for production of zero *trans* shortening fats. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, n.3, p.458-464, 2010.

MACHADO, A.V.; PEREIRA, J. Perfil reológico de estrutura da massa e do pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.1009-1014, 2010.

MANISHA, G.; SOWMYA, C.; INDRANI, D. Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. **Food Hydrocolloids**, v.29, n.2, p.363-373, 2012.

MANZOCCO, L.; CALLIGARIS, S.; DA PIEVE, S.; MARZONA, S.; NICOLI, M.C. Effect of monoglyceride-oil–water gels on white bread properties. **Food Research International**, v.49, n.2, p.778–782, 2012.

MARANGONI, A.G.; ACEVEDO, N.; MALEKY, F.; CO, E.; PEYRONEL, F.; MAZZANTI, G.; QUINN, B.; PINK, D. Structure and functionality of edible fats. **Soft Matter**, v.8, n.5, p.1275-1300, 2012. [Review].

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S.M. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. **LWT - Food Science and Technology**, v.45, n.2, p.213-220, 2012.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S.M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT - Food Science and Technology**, v.44, n.3, p.729-736, 2010.

MATOS, E.M.; SANZ, T.; ROSELL, C.M. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. **Food Hydrocolloids**, v.35, p.150-158, 2014.

MATSAKIDOU, A.; BLEKAS, G.; PARASKEVOPOULOU, A. Aroma and physic characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, n.6, p.949-957, 2010.

MATUDA, T.G.; CHEVALLIER, S.; PESSOA FILHO, P.A.; LEBAIL, A.; TADINI, C.C. Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.3, p.741–746, 2008.

MCCLEMENTS, D.J. Context and background. In: _____, eds. **Food emulsions**: principles, practice, and techniques. Boca Raton: CRC Press, 1999. cap.1, p.11-26. (CRC Series in Contemporary Food Science).

MCCLEMENTS, D.J.; DEMETRIADES, K. An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n.38, v.6, p.511-536, 1998.

MCCLEMENTS, D. J. Protein-stabilized emulsions. Current Opinion in Colloid & Interface Science, n. 9, p. 305-313, 2004.

MÉJEAN, M.; VOLLMER, M.; BRUNELLE, A.; TOUBOUL, D. Quantification of retinoid compounds by supercritical fluid chromatography coupled to ultraviolet diode array detection. **Cromatographia**, v.76, n.17/18, p.1097-1105, 2013.

MELO, M.E. **Doenças desencadeadas ou agravadas pela obesidade**. Disponível em: http://www.abeso.org.br/pdf/Artigo%20%20Obesidade%20e%20Doencas%20associadas%20maio%202011.pdf. Acesso em: 15 dez. 2011.

MOIRAGHI, M.; DE LA HERA, E.; PÉREZ, G.T.; GÓMEZ, M. Effect of wheat flour characteristics on sponge cake quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.93, n.3, p.542-549, 2013.

NASARUDDIN, F.; CHIN, N.L.; YUSOF, Y.A. Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. **International Journal of Food Properties**, v.15, p.495-506, 2012.

NG, W.K.; GIBON, V. Palm oil and saturated fatty acid-rich vegetable oils. In: TURCHINI, G.M.; NG, W.K.; TOCHER, D.R., eds. **Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds**. Boca Raton: CRC Press, London: Taylor & Frnacis, 2010. cap.4, p.99-132.

NIKOLIĆ, Z.; VASILJEVIĆ, I.; ZDJELAR, G.; ĐORĐEVIĆ, V.; IGNJATOV, M.; JOVIČIĆ, D.; MILOŠEVIĆ, D. Detection of genetically modified soybean in crude Soybean oil. **Food Chemistry**, v.145, p.1072–1075, 2014.

O'BRIEN, R.D. Fats and oils formulation. In: _____, eds. **Fats and oils**: formulating and processing for applications. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. cap.4, p.263-345.

OMONOV, T.S.; BOUZIDI, L.; NARINE, S.S. Quantification of oil binding capacity of structuring fats: a novel method and its application. **Chemistry and Physics of Lipids**, v.163, n.7, p.728–740, 2010.

ORTIZ, D.E. Cakes, pastries, muffins and bagels. In: CORKE, H.; WALKER, C.E.; WRIGLEY, C., eds. **Encyclopedia of grain science**. 2.ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. p.134–140.

OSORIO, F.A.; STEFFE J.F. Evaluating Herschel-Bulkley fluids with the back extrusion (annular pumping) technique. **Rheologica Acta**, v.30, n.6, p.549-558, 1991.

PIZARRO, P.L.; ALMEIDA, E.L.; SAMMÁN, N.C.; CHANG, Y.K. Evaluation of whole chia (Salvia hispanica L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. **LWT - Food Science and Technology**, v.54, n.1, p.73-79, 2013.

PSIMOULI, V.; OREOPOULOU, V. The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, n.1, p.99-105, 2012.

PSIMOULI, V.; OREOPOULOU, V. The effect of fat replacers on batter and cake properties. **Journal of Food Science**, v.78, n.10, p.C1495-C1505, 2013.

PULIGUNDLA, P.; VARIYAR, P.S.; KO, S.; OBULAM, V.S.R. Emerging trends modification of dietary oils and fats, and health implications: a review. **Sains Malaysiana**, v.41, n.7, 871-877, 2012.

RAMLI, M.R.; LIN, S.W.; YOO, C.K.; IDRIS, N.A.; SAHRI, M.M. Physico-chemical properties and performance of high oleic and palm-based shortenings. **Journal of Oleo Science**, v.57, n.11, p.605-612, 2008.

RIBEIRO, A.P.B.; GRIMALDI, R.; GIOIELLI, L.A.; GONÇALVES, L.A.G. Zero *trans* fats from soybean oil and fully hydrogenated soybean oil: physico-chemical properties and food applications. **Food Research International**, v.42, n.3, p.401–410, 2009.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, J.; PUIG, A.; SALVADOR, A.; HERNANDO, I. Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. **Journal of Food Science**, v.77, n.2, p.C189–C197, 2012.

ROMERO-LOPEZ, M.R.; OSORIO-DIAZ, BELLO-PEREZ, L.A.; TOVAR, J.; BERNARDINO-NICANOR, A. Fiber concentrate from orange (*Citrus sinensis* L.) bagase: characterization and application as bakery product ingredient. **International Journal of Molecular Sciences**, v.12, n.4, p.2174-2186, 2011.

ROUSSEAU, D. Fat crystals and emulsion stability: a review. **Food Research International**, v.33, n.1, p.3-14, 2000.

RUTKOWSKA, J.; ZBIKOWSKA, A. Effects of fatty acid composition of liquid margarines on sensory quality of cakes. **Acta Alimentaria**, v.39, n.2, p.136-148, 2010.

SAHI, S, S. Cake emulsions. In.: SUMNU, S.G.; SAHIN, S. **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. cap.4, p.81-98. (Contemporary food engineering).

SAKIYAN, O.; SUMNU, G.; SAHIN, S.; BAYRAM, G. Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter. **European Food Research and Technology**, v.219, n.6, p.635-638, 2004.

SALAS, A.G.V. **Elaboração de produtos com características funcionais a base de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)**. São Paulo, 2011. 1v. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

SANTOS, O.V.; CORRÊA, N.C.F.; SOARES, F.A.S.M.; GIOIELLI, L.A.; COSTA, C.E.F.; LANNES, S.C.S. Chemical evaluation and thermal behavior of Brazil nut oil obtained by diferent extration processes. **Food Research International**, v.47, n.2, p.253-258, 2012. [15th IUFoST World Congress of Food Science & Technology – Food Science Solutions in an Evolving World].

SANTOS, O.V.; CORRÊA, N.C.F.; CARVALHO JR., R.N.; COSTA, C.E.F.; FRANÇA, L.F.F.; LANNES, S.C.S. Comparative parameters of the nutritional contribution and functional claims of Brazil nut kernels, oil and defatted cake. **Food Research International**, v.51, n.2, p.841-847, 2013.

SANZ, T.; SALVADOR, A.; BAIXAULI, R.; FISZMAN, S.M. Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response. **European Food Research and Technology**, v.229, n.2, p.197-204, 2009.

SEYHUN, N.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Effects of different emulsifier types, fat contents, and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. **Nahrung/Food**, v.47, n.4, p.248-251, 2003.

SHIN, J.-M.; HWANG, Y.-O.; TU, O.-J.; JO, H.-B.; KIM, J.-H.; CHAE, Y.-Z.; RHU, K.-H.; PARK, S.-K. Comparison of different methods to quantify fat classes in bakery products. **Food Chemistry**, v.136, n.2, p.703–709, 2013.

SILVA, R.C.; SOARES, D.F.; LOURENÇO, M.B.; SOARES, F.A.S.M.; SILVA, K.G.; GONÇALVES, M.I.A.; GIOIELLI, L.A. Structured lipids obtained by chemical interesterification of olive oil and palm stearin. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, n.5, p.752–758, 2010.

SILVA Jr., E. **Formulações especiais para sorvete**. São Paulo, 2008. 133p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

SMITH, K.W.; BHAGGAN, K.; TALBOT, G.; VAN MALSSEN, K.F. Crystallization of fats: influence of minor components and additives. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.88, n.8, p.1085–1101, 2011.

SOARES, F.A.; SILVA, R.C.; HAZZAN, M.; CAPACLA, I.R.; VICCOLA, E.R.; MARUYAMA, J.M.; GIOIELLI, L.A. Chemical interesterification of blends of palm stearin, coconut oil, and canola oil: physicochemical properties. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.6, p.1461-1469, 2012.

SOWMYA, M.; JEYARANI, T.; JYOTSNA, R.; INDRANI, D. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. **Food Hydrocolloids**, v.23, n.7, p.1827-1836, 2009.

SOZER, N.; DOGAN, H.; KOKINI, J.L. Textural properties and their correlation cell structure in porous food materials. **Journal of the Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.5, p.1498–1507, 2011.

SOZER, N.; BRUINS, R.; DIETZEL, C.; FRANKE, W.; KOKINI, J.L. Improvement of shelf-life stability of cakes. **Journal of Food Quality**, v.34, n.3, p.151-162, 2011.

STEFFE, J.F. Introduction to rheology. In.: _____. **Rheological methods in food process engineering**. 2.ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. cap.1, p.1-91.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, n.4, p.215-225, 2002.

TIREKI, S. Technology of cake production. In: SUMNU, S.G.; SAHIN, S., eds. **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. cap.7, p.149-158. (Contemporary food engineering).

URETA, M.M.; OLIVERA, D.F.; SALVADORI, V.O. Quality attributes of muffins: effect of baking operative conditions. **Food and Bioprocess Technology**, v.7, n.2, p.463-470, 2014.

VITALI, D.; DRAGOJEVIĆ, I.V.; ŠEBEČIĆ, B. Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. **Food Chemistry**, v.114, n.4, p.1462–1469, 2009.

WAFFA, M.M.; et al. Utilization of Fat Replacer in the Production of Reduced Cakes and Cookies By. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, v.5, n.12, p.2833-2840, 2011.

WALSTRA, P. Formation of emulsions and foams. In: _____. **Physical chemistry of foods**. New York: Marcel Dekker, 2003. 807p. (Food science and technology, 121).

WIJESUNDERA, C., RICHARDS, A.; CECCATO, C. Industrially produced *trans* fat in foods in Australia. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.84, n.5, p.433-442, 2007.

WILDERJANS, E.; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. Pound cake polymeric ingredients and their impact on product quality. International Conference on Food Inovation, Bélgica, 2010.

WILDERJANS, E.; LUYTS, A.; BRIJS, K.; DELCOUR, J.A. Ingredient functionality in batter type cake making. **Trends in Food Science & Technology**, v.30, n.1, p.6-15, 2013. [Review].

ZAHN, S.; PEPKE, F.; ROHM, H. Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. **International Journal of Food Science & Technology**, v.45, n.12, p.2531–2537, 2010.

ZAMBRANO, F.; DESPINOY, P.; ORMENESE, R.C.S.C.; FARIA, E.V. The use of guar and xanthan gums in the production of 'light' low fat cakes. **International Journal of Food Science & Technology**, v.39, n.9, p.959-966, 2004.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R. DE C. C.; MONTENEGRO, F. M.; RAUEN MIGUEL, A. Effect of guar and xanthan gums as fat substitutes in industrially produced cakes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1/2, p.63-71, 2005.

ZHOU, J.; FAUBION, J.M.; WALKER, C.E. Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v.44, n.8, p.1802-1808, 2011.

ZIELIŃSKI, H.; DEL CASTILLO, M.D.; PRZYGODZKA, M.; CIESAROVA, Z.; KUKUROVA, K.; ZIELIŃSKA, D. Changes in chemical composition and antioxidative properties of rye ginger cakes during their shelf-life. **Food Chemistry**, v.135, n.4, p.2965-2973, 2012.

ANEXO I – Certificado de Qualidade: BUNGE PROPAN 44

CERTIFICADO DE QUALIDADE

BUNGE ALIMENTOS S.A. - AV: ALEXANDRE MACKENZIE, 70-166, JAGUARE - SÃO PAULO/SP - Brasil - CEP: 55229-00
www.bungealimentos.com.br - SABE: 0800 702 7105 - Fone SAC:

PRODUTO Obsoleta **Nr. Certificado: 9438/01**

PROPAN 44 (BUNGE PRÓ CR 700)

DADOS DO PRODUTO

Data de emissão do Certificado	22/09/2009
Código da Ficha Técnica	B15.11d-1/12
Data de Validade	20/03/2010
Número do lote	133365
Data de Fabricação	21/09/2009

ESPECIFICAÇÕES

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO
Aspecto (escala 1 - 5)	Mín.: 5 Máx.: 5	5
Cor - Vermelho	Máx.: 3,0	1,3
Ponto de Gotejamento Mettler	Mín.: 39 Máx.: 44	39
SFC % 10,0 (°C)	Mín.: 45 Máx.: 55	49
SFC % 33,3 (°C)	Mín.: 4 Máx.: 9	6
SFC % 45,0 (°C)	Máx.: 3	0
Sabor / Odor (escala 1 - 10)	Mín.: 6	6
Ácido Láurico C12 (%)	Máx.: 0,3	0,1
Índice de Acidez (mg KOH/g)	Máx.: 0,60	0,16
Índice de Peróxido (meq/kg)	Máx.: 1,8	0,0

VALORES TÍPICOS

ITEM ANALÍTICO	ESPECIFICADO	RESULTADO*
Gorduras Saturadas (%)	Mín.: 25 Máx.: 37	33
Gorduras Trans (%)	Mín.: 22 Máx.: 32	28
Arsênio (mg/kg)	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
Chumbo (mg/kg)	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
Cobre (mg/kg)	<0,1 mg/kg	<0,1 mg/kg
Coliformes a 45°C (UFC/g)	<1 UFC/g	<1 UFC/g
Estafilo coagulase posi(UFC/g)	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Ferro (mg/kg)	<0,5 mg/kg	<0,5 mg/kg
Macroscopia	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03
Microscopia	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03	Ausente - Conforme Anvisa RDC n.175 de 08/07/03
Níquel (mg/kg)	<0,5 mg/kg	<0,5 mg/kg

* Monitoramento realizado periodicamente

GARANTIA DA QUALIDADE

Observação:	ASSINATURA ELETRÔNICA CARMEN ISABEL O PASCAL CRQ: 01301897 Coordenador de Garantia de Qualidade

Este produto atende a regulamentação aplicável na condição em que se apresenta. Informações detalhadas sobre o atendimento às regulamentações, estão disponíveis, se requisitadas. De acordo com seu uso, outras regulamentações podem ser aplicáveis, cabendo ao usuário a responsabilidade de identificá-las e atendê-las. A Bunge Alimentos S.A. reserva-se ao direito de modificar as especificações do produto.

ANEXO II – Laudo de Qualidade: AGROPALMA 370 B

	LAUDO DE QUALIDADE	Palma	GP 370B
	GORDURA DE PALMA 370 B	Lote	12D03.2210
		Data	10/05/2012
		Laudo	57/12

Cliente: Universidade de São Paulo

Data de Fabricação: 03/04/2012

Prazo de Validade: 12 meses da data de fabricação.

Aditivos: TBHQ e Ácido Cítrico.

Características:

Físico Químicas (AOCS)

Atributos	Resultados	Limites	Atributos	Resultados	Limites
Acidez (% Palmítico)	0,045	≤ 0,05	SFC a 10 °C	49,51	52 ± 3
I. Peróxidos (mEq/kg)	0,041	≤ 1,0	SFC a 20 °C	21,64	22 ± 3
Cor (Lovibond Red 5 ¼)	3,2	≤ 4,0	SFC a 25 °C	11,19	13 ± 2
Ponto de Fusão (°C)	37,0	35 - 38	SFC a 30 °C	6,21	8 ± 2
Índice de Iodo (wijjs)	51,47	51 - 55	SFC a 35 °C	3,00	5 ± 2
Sabor	Neutro	Neutro	SFC a 40 °C	1,11	2,5 ± 1,5
			SFC a 45 °C	0,54	< 1,5

Responsável

Menezes Queiroz
CRQ VI Região: 0610006

Escritório: Al. Santos, 466 – 10° Andar – Cerqueira César – CEP 01418 – 000 Fone: 011 – 3175 – 5465 São Paulo – SP E-mail: fale@agropalma.com.br
Fábrica: Rod. Arthur Bernardes, 5555 – Tapanã – CEP 66825 – 000 Fone 091 – 4009 – 8000 – Belém – Pa – E-mail: tecnico@agropalma.com.br

ANEXO III –Ficha técnica: DANISCO GRINDSTED®GA 530

EMULSIFIERS DIVISION
emulsifiers@danisco.com
www.danisco.com

Válido a partir de: 12 de janeiro de 2012

DANISCO
First you add knowledge...

DESCRIÇÃO DE PRODUTO - PD 202955-7.0PT

Código do material 1208800

GRINDSTED® GA 530

Emulsifier Blend for Cakes

Descrição

GRINDSTED® GA 530 é um gel emulsificante que consiste em mono e diglicerídeos de ácidos graxos, éster de poliglicerol e estearato de potássio em glicerol com água e propileno glicol. O gel está em forma ativa.

Áreas de aplicação

Melhora na forma gel a aplicação em pão-de-ló e bolo inglês. O gel está na forma ativa.

Benefícios potenciais

- Promove aumento de volume e uma fina estrutura de miolo em bolos
- Possibilita o uso do método "all-in"(mistura de todos os ingredientes juntos)

Dosagens

(Baseado no produto final, a não ser que indicado o contrário.)

Normalmente 1,0-2,5% (forma gel). A dosagem exata depende da formulação.

Composição

GRINDSTED® GA 530 é composto por:
Água
Propileno glicol
Mono and diglicerídeos de ácidos graxos (INS 471)
Éster de poliglicerol de ácidos graxos (INS 475)
Estearato de potássio (INS 470) em glicerol (INS 422)

Especificações físico-químicas

(Métodos de análise disponíveis se solicitados)

Forma	gel homogêneo
Cor	creme
Índice de acidez	máx. 3
Índice de hidroxila	aprox. 80
Índice de iodo	máx. 3

Especificações microbiológicas

Contagem total em placa	máx. 5000 /g
Bolores e leveduras	máx. 500 /g
Coliformes	ausente em 0,1 g
Salmonella	ausente em 25 g

Especificações de metais pesados

Arsênico (As)	máx. 3 mg/kg
Chumbo (Pb)	máx. 2 mg/kg
Mercúrio (Hg)	máx. 1 mg/kg
Cádmio (Cd)	máx. 1 mg/kg
Metais pesados (como Pb)	máx. 10 mg/kg

Dados nutricionais

(Valores aproximados por 100 g)

Energia	300/1250 Kcal/kJ
Proteína	não aplicável
Carboidrato	não aplicável
Gordura	25 g
- das quais saturadas	20 g
Fibra	não aplicável
Sódio	não aplicável
Ácidos graxos trans	< 0,5 g

As informações contidas nesta publicação baseiam-se em nosso próprio trabalho de pesquisa e de desenvolvimento e são de nossa total confiança. Entretanto, os usuários devem realizar seus próprios testes para determinar a adequação de nossos produtos a seus fins específicos e as situações jurídicas de uso do produto. As declarações aqui contidas não devem ser consideradas como garantia de qualquer tipo, expressa ou implícita, e não assumimos nenhuma responsabilidade legal pela infração de qualquer patente.

ANEXO IV – Parecer Consubstanciado do CEP

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO

Plataforma Brasil

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos da substituição de gordura por óleos e por extrato de aveia em formulações de bolos: avaliação estrutural

Pesquisador: Suzana Caetano da Silva Lannes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 21188613.6.0000.0067

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 414.301

Data da Relatoria: 30/09/2013

Apresentação do Projeto:

O mercado de bolos cresceu nos últimos anos, pelo fato de que muitas famílias não têm mais tempo de preparar bolos caseiros. Existem muitas variedades nos pontos de venda, tais como: bolos tipo premium, porções individualizadas, formulações livres de gordura trans, uso de farinhas integrais etc; mantendo-se a qualidade do produto, particularmente a maciez e frescor. O projeto visa avaliar se o uso de diferentes tipos de gordura na formulação de bolos pode alterar suas propriedades estruturais e nutricionais.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo é verificar e comparar se a substituição da gordura vegetal hidrogenada por óleos, gordura de palma e extrato de aveia pode alterar a estrutura das formulações e o aspecto sensorial dos produtos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos.

Possíveis benefícios: melhora no processo de fabricação, disponibilidade de produtos diferenciados benéficos à saúde e com sabor agradável.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é muito interessante e importante, pois é fato que cada vez mais as pessoas buscam

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:** cepfcf@usp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO

Plataforma Brasil

Continuação do Parecer: 414.301

produtos prontos, industrializados ou manufaturados e o ideal é que, além de apresentarem aspecto sensorial agradável, sejam benéficos à saúde.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados e atendem as exigências.

O TCLE é esclarecedor, objetivo e contém todas as informações e orientações obrigatórias.

Recomendações:

Recomendada a aprovação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado sem pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista as considerações acima, este CEP entende que o projeto pode ser aprovado.

SAO PAULO, 03 de Outubro de 2013

Assinador por:
Mauricio Yonamine
(Coordenador)

ANEXO V – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

1. Informações do Sujeito da Pesquisa

Nome:			
Documento de Identidade nº:			Sexo: ( ) M ( )F
Data de Nascimento: / /			
Endereço:		Nº	Complemento:
Bairro:	Cidade:		Estado:
CEP:	Telefones:		

2. Informações do Responsável Legal

Nome:			
Documento de Identidade nº:			Sexo: ( ) M ( )F
Data de Nascimento: / /			
Endereço:		Nº	Complemento:
Bairro:	Cidade:		Estado:
CEP:	Telefones:		

Título do Projeto de Pesquisa: Efeitos da substituição de gordura por óleos e por extrato de aveia em formulações de bolos: Avaliação estrutural 3.	
4. Duração da Pesquisa: 1 ano	
5. Nome do pesquisador responsável: Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes	
Cargo/ Função: Professor Associado	Nº do Registro do Conselho Regional:
Instituição: Universidade de São Paulo / FCF TECNOLOGIA BIOQUIMICO-FARMACEUTICA	

Sou pesquisadora da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Estou realizando uma pesquisa para conhecer e aprimorar preparações de bolos. Serão servidas amostras com 30g de bolos, em prato plástico, sob temperatura de 20 °C, preparadas com até 24 h de antecedência, produzidas e acondicionadas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação de Alimentos, no Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. O Sr. (a) receberá amostras de bolos formulados contendo os seguintes ingredientes: farinha de trigo, aveia, leite em pó integral, emulsificante, fermento químico em pó e sal refinado. As análises serão realizadas sempre duas horas antes ou depois das refeições. Convidaremos pessoas que gostam de bolos, a experimentar quatro amostras de produtos, identificadas por diferentes números, e registrar suas impressões referentes à textura, sabor 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 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 bolos (alunos e funcionários da Universidade), maiores de 18 anos, em bom estado de saúde e que não estejam fazendo

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

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:

Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes (Orientadora)
Av.Prof. Lineu Prestes, 580 bloco 16
Fone: 3091-3691

Raquel Vallerio Rios (aluna de Mestrado)
Av.Prof.Lineu Prestes, 580 bloco 16
Fone: 3091-3691

Consentimento Pós-Esclarecido:

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, _____ de _____ de 2013.

_____	_____
Assinatura do sujeito de pesquisa Ou responsável legal	Assinatura do pesquisador responsável

Para qualquer questão, dúvida, esclarecimento ou reclamação sobre aspectos éticos dessa pesquisa, favor entrar em contato com o Comitê de Ètica em Pesquisas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – Av. Prof. Lineu Prestes, 580 - Bloco 13A – Butantã – São Paulo – CEP 05508-900. Fone: 3091-3622, fone-fax: 3091-3677 – e-mail: cepfcf@usp.br

Obs: O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE deve ser rubricado em todas as folhas, pelo sujeito da pesquisa ou responsável legal e pelo pesquisador responsável, constando as assinaturas na última página. Uma via deverá ser entregue ao sujeito da pesquisa e outra via ficará com o pesquisador responsável que guardará este termo por 5 (cinco) anos.

ANEXO VI – Ficha de avaliação sensorial

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BOLOS COM DIFERENTES BASES GORDUROSAS

Nome:_____Data:_____

1. Você está recebendo amostras de bolos com diferentes bases gordurosas. Por favor, prove e avalie as amostras para cada atributo - sabor, maciez e aspecto geral de acordo como 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	**Textura**	**Sabor**	**Aspecto geral**

Marque com um X se 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 tal vez não comprasse
(4) Provavelmente compraria
(5) Certamente compraria

Amostra	Avaliação

a. Justifique sua intenção de compra dizendo:

O que você mais gostou do bolo:
_____
_____

E o que você menos gostou do bolo:
_____
_____

OBRIGADA POR SUA PARTICIPAÇÃO!

ANEXO VII – Tabela de reconstituição: COOPEROVOS GEMA PASTEURIZADA DESIDRATADA

CP OVOS

Tabela de Reconstituição de Produtos CP OVOS

GEMA PASTEURIZADA DESIDRATADA

GEMA TIPO GRANDE (16,9 g)	QUANTIDADE PÓ (GRAMAS)	QUANTIDADE ÁGUA (GRAMAS)	TOTAL RECONSTITUÍDO (GRAMAS)
1 gema	7,7	9,2	16,9
6 gemas	46,2	55,2	101,4
12 gemas	92,4	110,4	202,8
18 gemas	138,6	165,6	304,2
24 gemas	184,8	220,8	405,6
30 gemas (1 bandeja)	231,0	276,0	507,0
65 gemas	500,5	600,6	1.101,1
130 gemas	1.001,0	1.201,0	2.202,0
360 gemas (1 caixa)	2.772,0	3.326,4	6.098,4

ORIENTAÇÃO DE USO:

PARA A RECONSTITUIÇÃO DO PRODUTO, ADICIONAR PREFERENCIALMENTE A GEMA DESIDRATADA AOS INGREDIENTES SECOS DA MASSA (POR EXEMPLO: FARINHA) E APÓS A MISTURA FEITA, REIDRATAR AOS POUCOS ATÉ QUE A MISTURA SE TORNE UMA PASTA HOMOGÊNEA, COMPLETANDO ENTÃO COM O VOLUME TOTAL RECOMENDADO DE ÁGUA CONFORME TABELA ACIMA.

APÓS A RECONSTITUIÇÃO UTILIZAR IMEDIATAMENTE.

MANTER A EMBALAGEM SEMPRE FECHADA E ARMAZENADA EM LOCAL SECO E AREJADO A TEMPERATURA AMBIENTE.

ANEXO VIII – Tabela de reconstituição: COOPEROVOS CLARA PASTEURIZADA DESIDRATADA

CP OVOS

Tabela de Reconstituição de Produtos CP OVOS

CLARA PASTEURIZADA DESIDRATADA

CLARA TIPO GRANDE (32,8 g)	QUANTIDADE PÓ (GRAMAS)	QUANTIDADE ÁGUA (GRAMAS)	TOTAL RECONSTITUÍDO (GRAMAS)
1 clara	4,1	28,7	32,8
6 claras	24,6	172,2	196,8
12 claras	49,2	348,0	397,2
18 claras	73,8	516,6	590,4
24 claras	98,4	688,8	787,2
30 claras (1 bandeja)	123,0	861,0	984,0
122 claras	500,2	3.501,4	4.001,6
244 claras	1.000,4	7.002,8	8.003,2
360 claras (1 caixa)	1.476,0	10.332,0	11.808,0

ORIENTAÇÃO DE USO:

PARA A RECONSTITUIÇÃO DO PRODUTO, ADICIONAR PREFERENCIALMENTE A CLARA DESIDRATADA AOS INGREDIENTES SECOS DA MASSA E APÓS A MISTURA FEITA, REIDRATAR AOS POUCOS ATÉ QUE A MISTURA SE TORNE UMA PASTA HOMOGÊNEA, COMPLETANDO ENTÃO COM O VOLUME TOTAL RECOMENDADO DE ÁGUA CONFORME TABELA ACIMA.

APÓS A RECONSTITUIÇÃO UTILIZAR IMEDIATAMENTE.

MANTER A EMBALAGEM SEMPRE FECHADA E ARMAZENADA EM LOCAL SECO E AREJADO A TEMPERATURA AMBIENTE.

ANEXO IX – Cálculo de custo

Na Tabela 10 encontram-se os valores em R$ dos bolos elaborados com diferentes tipos de gorduras, óleos e extrato de aveia. Os valores foram calculados com base somente nos ingredientes utilizados na formulação. A média do valor atual do mercado de produtos similares foi de R$ 5,27.

Tabela 10 – Cálculo dos custos de seis formulações de bolos.

Bolo de 300 g*	
Amostras	**Valores R$****
Controle	2,98
1	2,95
2	2,85
3	3,91
4	3,52
5	3,22

*Tamanho encontrado no mercado para produtos similares.

**Cálculo baseado no custo fornecido pelos fabricantes dos ingredientes (09/2014); cálculo baseado na cotação do fechamento do dólar no dia 08/08/14.