



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS – EQA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PÃO ENRIQUECIDO COM CHIA (*Salvia hispanica L.*):  
DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO FUNCIONAL

MICHELE SILVEIRA COELHO

PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> MYRIAM DE LAS MERCEDES SALAS-MELLADO

Orientadora

RIO GRANDE, RS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
ESCOLA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

**PÃO ENRIQUECIDO COM CHIA (*Salvia hispanica L.*): DESENVOLVIMENTO DE  
UM PRODUTO FUNCIONAL**

Michele Silveira Coelho  
Eng<sup>a</sup> de Alimentos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em Engenharia e  
Ciência de Alimentos.

PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> MYRIAM DE LAS MERCEDES SALAS-MELLADO  
Orientadora

RIO GRANDE, RS

2014



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, João e Judenir, que tanto dedicaram a sua vida para uma boa educação minha e das minhas irmãs, obrigada pelo apoio, amizade, carinho, amor e compreensão em todos os momentos. Agradeço todos os dias por fazer parte desta família.

Às minhas irmãs, Tati e Milena, que sempre estiveram presente, com amizade e carinho, incentivando o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Luis, meu amor, que vem me apoiando com amor, carinho e companheirismo em cada jornada, desde a saída do listão no vestibular até a formatura e a entrada no mestrado. E espero ainda passar todos os momentos da minha vida ao teu lado.

À minha orientadora, Prof<sup>ra</sup> Dr<sup>a</sup> Myriam Salas-Mellado, pelo apoio, incentivo e orientação. Sua orientação foi essencial para o meu crescimento profissional.

Às minhas queridas amigas Aline, Beta, Cássia, Cris, Dani, Glaucia, Hannah, Jessica, Júlia, Michele, Natália, Soares e Vanessa que desde a escola me incentivam para o meu crescimento. Obrigada pelas reuniões, quase que semanalmente, e as grandes gargalhadas que vocês me proporcionam.

À todos os colegas do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, especialmente Ana Paula, Beto, Gabiatti, Inajara, Janise, Louise, Márcia, Meri, Nina, Renata, Viviane e Yessy pela amizade, pela ajuda e pelos dias divertidos de trabalho.

À Sabrine, técnica do laboratório, que muito me auxiliou para o desenvolvimento deste trabalho com dedicação e empenho. Muito obrigada por me proporcionar a tua amizade e conhecimento.

À Pós-Doutora, Michele, por todo o apoio e conhecimento transmitido durante este trabalho.

À minha amiga e colega de mestrado, Bruna, pelo auxílio, apoio e amizade durante esses 7 anos, entre graduação e mestrado.

Ao Prof. Dr. Carlos Prentice-Hernandéz por todos os conhecimentos transmitidos.

Às empresas Chá e Cia Ervas Mediciniais e Moinho Galópolis por cederam as sementes de chia e farinha de trigo, respectivamente, utilizadas neste trabalho.

À todos os laboratórios, especialmente o Laboratório de Ciência de Alimentos e o Laboratório de Engenharia Bioquímica que cederam seu espaço para a realização de análises.

À Universidade Federal do Rio Grande e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pelas oportunidades e apoios concedidos.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, especialmente à Islanda, pela colaboração.

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaio. Por isso cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”

(Charles Chaplin)

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição química e teor de vitaminas de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) em base seca. ....	27
<b>Tabela 2</b> - Conteúdo de lipídios e composição de ácidos graxos da semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.)*. ....	30
<b>Tabela 3</b> - Formulações dos pães desenvolvidos nos testes preliminares*. ....	55
<b>Tabela 4</b> - Parâmetros tecnológicos de pães elaborados com 2% de semente e farinha de chia em base farinha de trigo. ....	59
<b>Tabela 5</b> - Parâmetros tecnológicos de pães elaborados com 20% de semente e farinha de chia em base farinha de trigo. ....	60
<b>Tabela 6</b> - Gradiente de eluição dos solventes para separação de compostos fenólicos (ácido clorogênico, cinâmico e caféico) em sementes de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	70
<b>Tabela 7</b> - Gradiente de eluição dos solventes para separação de compostos fenólicos (quercetina) em sementes de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	70
<b>Tabela 8</b> - Composição proximal e valor calórico da semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	73
<b>Tabela 9</b> - Teor de lipídios e composição de ácidos graxos da semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	75
<b>Tabela 10</b> - Curvas analíticas dos padrões de ácidos fenólicos de semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	77
<b>Tabela 11</b> - Teor e perfil de compostos fenólicos ( $\mu\text{g}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}_{\text{amostra}}^{-1}$ ) dos extratos fenólicos de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	79
<b>Tabela 12</b> - Composição proximal das matérias primas (b.s.). ....	92
<b>Tabela 13</b> - Formulação do pão de farinha de trigo*. ....	92
<b>Tabela 14</b> - Variáveis independentes e níveis de variação para gordura vegetal hidrogenada e farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) em relação à farinha de trigo. ....	94
<b>Tabela 15</b> - Valores das características tecnológicas dos pães elaborados com diferentes concentrações de farinha de chia hidratada e gordura (experimento 1). ....	101
<b>Tabela 16</b> - Parâmetros utilizados para validação do modelo utilizado no experimento 1. ....	102
<b>Tabela 17</b> - Condições de processo para pão adicionado de farinha de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	105

<b>Tabela 18</b> - Validação experimental para pão adicionado de farinha de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) (experimento 1). .....	105
<b>Tabela 19</b> - Valores das características tecnológicas dos pães elaborados com diferentes concentrações de semente de chia hidratada e gordura (experimento 2).....	107
<b>Tabela 20</b> - Parâmetros utilizados para validação do modelo utilizado no experimento 2. ....	108
<b>Tabela 21</b> - Condições de processo para pão adicionado de semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	110
<b>Tabela 22</b> - Validação experimental para pão adicionado de semente de chia (experimento 2).....	110
<b>Tabela 23</b> - Composição proximal do pão controle, pão adicionado de farinha de chia e pão adicionado de semente de chia.....	112
<b>Tabela 24</b> - Teor de lipídios e composição de ácidos graxos nos pães desenvolvidos com chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	114
<b>Tabela 25</b> - Teor de compostos fenólicos apresentados pelos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	116
<b>Tabela 26</b> - Características tecnológicas de pães adicionados de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	119
<b>Tabela 27</b> - Resultados obtidos na análise sensorial dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	123

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Plantação de chia (A) e sementes de chia (B). .....	26
<b>Figura 2</b> - Ácido $\alpha$ -linolênico (18:3) .....	29
<b>Figura 3</b> - Fluxograma de elaboração do pão pelo método de massa direta. ....	56
<b>Figura 4</b> - Cromatograma da mistura de padrões fenólicos ácido cinâmico, caféico e clorogênico (A) e quercetina (B) nas condições do experimento. ....	77
<b>Figura 5</b> - Cromatograma dos compostos fenólicos em semente de chia por UPLC (A) e HPLC (B). ....	78
<b>Figura 6</b> - Porcentagem de DPPH consumido dos extratos fenólicos de chia ( <i>Salvia hispanica</i> , L.) e controle (GAE). ....	80
<b>Figura 7</b> - Inibição da reação de escurecimento enzimático pelos extratos fenólicos de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) e controle (GAE). ....	81
<b>Figura 8</b> - Fluxograma de elaboração do pão pelo método de massa direta. ....	93
<b>Figura 9</b> - Texturômetro utilizado para análise dos pães. ....	98
<b>Figura 10</b> - Colorímetro utilizado para análise de cor dos pães. ....	99
<b>Figura 11</b> - Curva de contorno para (A) volume específico, (B) ângulo Hue e (C) pontuação total nos pães desenvolvidos no experimento 1. ....	103
<b>Figura 12</b> - Validação experimental no experimento 1 (pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura). ....	105
<b>Figura 13</b> - Curva de contorno para (A) croma, (B) VE e (C) pontuação total nos pães desenvolvidos no experimento 2. ....	109
<b>Figura 14</b> - Validação experimental (pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura). ....	111
<b>Figura 15</b> - Teor de DPPH consumido apresentado pelos pães desenvolvidos com farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	117
<b>Figura 16</b> - Inibição da reação de escurecimento enzimático da peroxidase apresentada pelos pães desenvolvidos com farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	118
<b>Figura 17</b> - Fotografias da crosta dos pães controle e adicionados de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	120
<b>Figura 18</b> - Fotografias do miolo dos pães controle e adicionados de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.). ....	121

<b>Figura 19</b> - Recrutamento dos consumidores em relação ao consumo de pão de forma e outros pães. ....	122
<b>Figura 20</b> - Preferência dos consumidores por pão de forma ou por outros pães.....	122
<b>Figura 21</b> - Resultados para intenção de compra dos pães desenvolvidos com farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	124
<b>Figura 22</b> - Pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) utilizados na avaliação sensorial.....	124

## NOMENCLATURA

a\* – coordenada de cromaticidade

ABIP – Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria

b\* – coordenada de cromaticidade

C\* – croma

Controle sG – pão controle sem adição de gordura

DCCR – delineamento composto central rotacional

DHA – ácido docosahexaneóico

DPPH – 2,2-difenil-1-picrilidrazila

EPA – ácido eicosapentanóico

FAO – Food Agricultural Organization

FDA – Food and Drug Administration

FH – pão adicionado de farinha de chia hidratada

FHsG – pão adicionado de farinha de chia hidratada sem gordura

FS – pão adicionado de farinha de chia seca

F7,8 – pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura

GAE – equivalente de ácido gálico

$h_{ab}$  – ângulo de tonalidade (ângulo Hue)

HDL – High Density Lipoproteins (proteínas de alta densidade)

IA – índice de aceitabilidade

LDL – Low Density Lipoproteins (proteínas de baixa densidade)

L\* – luminosidade

OMS – Organização Mundial de Saúde

PA – para análise

PC – perdas na cocção

PUFA – ácidos graxos poliinsaturados

TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido

SH – pão adicionado de semente de chia hidratada

SHsG – pão adicionado de semente de chia hidratada sem gordura

SS – pão adicionado de semente de chia seca

S11 – pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura

VE – volume específico

$\omega$ -3 – ácido alfa-linolênico, ômega-3

$\omega$ -6 – ácido linoléico e gama-linolênico, ômega-6

$\omega$ -9 – ácido oléico, ômega-9

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	18
<b>Resumo Geral</b> .....	19
General Abstract.....	20
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	21
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	23
2.1. Geral .....	23
2.2. Específicos.....	23
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	24
<b>CAPÍTULO II</b> .....	25
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	26
4.1. Chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	26
4.2. Alimentos Funcionais .....	27
4.3. Ômega-3 .....	29
4.4. Compostos fenólicos .....	30
4.5. Proteínas .....	31
4.6. Fibra alimentar.....	32
4.7. Produtos desenvolvidos com adição de chia .....	33
4.8. Pão .....	34
4.9. Consumo de pão .....	34
4.10. Ingredientes utilizados na produção de pão.....	34
4.10.1. Farinha de trigo.....	34
4.10.2. Água.....	35
4.10.3. Cloreto de sódio .....	36
4.10.4. Sacarose .....	36
4.10.5. Gordura .....	37
4.10.6. Fermento biológico .....	37
4.10.7. Agente oxidante .....	38
4.11. Processo de panificação.....	38
4.12. Etapas do processamento de pão .....	39

4.12.1.Mistura dos ingredientes .....	39
4.12.2.Fermentação principal .....	40
4.12.3.Divisão e Boleamento .....	40
4.12.4.Moldagem.....	40
4.12.5.Fermentação final.....	41
4.12.6.Forneamento.....	41
4.12.7.Resfriamento .....	42
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>51</b>
<b>TESTES PRELIMINARES .....</b>	<b>54</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>54</b>
2.1. Matéria prima.....	54
2.2. Métodos .....	55
2.2.1. Elaboração e formulação dos pães .....	55
2.2.2. Avaliação física .....	57
2.2.3. Avaliação tecnológica .....	57
2.2.3.1. Volume específico .....	57
2.2.3.2. Dureza do miolo .....	57
2.2.3.3. Cor do miolo.....	57
2.3. Tratamento de dados .....	58
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>
<b>ARTIGO 1 .....</b>	<b>64</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE CHIA (<i>Salvia hispanica L.</i>) PARA UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTARES .....</b>	<b>64</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>65</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>65</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>66</b>

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	67
2.1. Matéria-prima.....	67
2.2. Métodos.....	67
2.2.1. Composição proximal, valor calórico e capacidade de retenção de água (CRA) de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ).....	67
2.2.2. Perfil de ácidos graxos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ) .....	68
2.2.3. Extração e quantificação dos compostos fenólicos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ).....	68
2.2.4. Perfil de compostos fenólicos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> )..	69
2.2.5. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ) .....	71
2.2.5.1. Capacidade de sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picrilidrazila (DPPH) .....	71
2.2.5.2. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente .....	71
2.2.6. Tratamento dos dados .....	72
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	72
3.1. Composição proximal e perfil de ácidos graxos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ) .....	72
3.2. Extração, quantificação e perfil dos compostos fenólicos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ).....	76
3.3. Atividade antioxidante de compostos fenólicos de sementes de chia ( <i>Salvia hispanica L.</i> ) .....	79
3.3.1. Capacidade de sequestro do radical livre DPPH .....	79
3.3.2. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente .....	81
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	82
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	82
<b>ARTIGO 2</b> .....	88
<b>EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE CHIA (<i>Salvia hispanica L.</i>) SOBRE A QUALIDADE DO PÃO</b> .....	89
<b>RESUMO</b> .....	89
<b>ABSTRACT</b> .....	89

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	90
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	91
2.1. Matéria-prima .....	91
2.2. Métodos .....	92
2.2.1. Formulação e elaboração dos pães .....	92
2.2.2. Avaliação química e nutricional dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	94
2.2.2.1. Composição proximal e valor calórico .....	95
2.2.2.2. Perfil de ácidos graxos .....	95
2.2.2.3. Extração e quantificação dos compostos fenólicos .....	95
2.2.2.4. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos .....	95
<i>i.</i> Capacidade de sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picrilidrazila (DPPH) .....	95
<i>ii.</i> Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente .....	96
2.2.3. Avaliação física dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	97
2.2.4. Avaliação tecnológica dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	97
2.2.4.1. Volume específico e pontuação total .....	97
2.2.4.2. Dureza do miolo .....	97
2.2.4.3. Cor do miolo e crosta .....	98
2.2.5. Avaliação sensorial dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	99
2.2.6. Tratamento de dados .....	100
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	100
3.1. Experimento 1 .....	100
3.2. Experimento 2 .....	106
3.3. Composição proximal e valor calórico dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	111
3.4. Perfil de ácidos graxos dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	113

3.5. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	116
3.5.1. Capacidade de sequestro do radical livre DPPH .....	116
3.5.2. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente .....	118
3.6. Avaliação física e tecnológica dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.).....	119
3.7. Avaliação sensorial dos pães adicionados de farinha e semente de chia ( <i>Salvia hispanica</i> L.) .....	121
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	125
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	125
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	131
<b>5. CONCLUSÃO GERAL</b> .....	132
<b>6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	133
<b>ANEXOS</b> .....	134
Anexo 1 - Pontuação total: Qualidade do pão .....	135
Anexo 2 - Documento de aprovação do comitê de ética.....	136
Anexo 3 - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) .....	137
<b>APÊNDICES</b> .....	139
Apêndice 1 - Ficha de avaliação sensorial .....	140
Apêndice 2 - Ficha de recrutamento de provador .....	141
Apêndice 3 - Fotografias de pães desenvolvidos no experimento 1 .....	142
Apêndice 4 - Fotografias de pães desenvolvidos no experimento 2 .....	143



## **CAPÍTULO I**

**Resumo geral, Abstract geral, Introdução geral, Objetivos e Justificativa**

## **Pão enriquecido com chia (*Salvia hispanica L.*): desenvolvimento de um produto funcional**

### **Resumo Geral**

A chia é uma semente nativa da região do México, que se estende ao norte da Guatemala e vem sendo alvo de estudos para enriquecimento de alimentos. O pão é um dos alimentos mais consumidos e uma das principais fontes calóricas da dieta da população de muitos países. O consumo excessivo de gordura, principalmente a saturada, de origem animal ou vegetal, é um fator preponderante no desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Portanto, torna-se necessária a pesquisa no sentido de diminuir os teores de gorduras saturadas e elevar os teores de gorduras poliinsaturadas nos alimentos. O objetivo deste estudo foi desenvolver pães adicionados de chia e avaliar suas características visando a obtenção de produtos com propriedades funcionais de boa aceitabilidade e que possam trazer benefícios à saúde do consumidor. As matérias-primas, farinha de trigo e chia, foram caracterizadas através da composição proximal. Na chia foi determinado ainda o perfil de ácidos graxos, perfil de compostos fenólicos e avaliação da sua atividade antioxidante pelo método DPPH e oxidação enzimática. Foram avaliadas as formulações com adição de 2 e 20% de chia seca ou hidratada, com água, adicionada na formulação e com 0 e 3% de gordura vegetal hidrogenada. Foi verificado que há a possibilidade da redução do teor de gordura com a adição de chia hidratada nas formulações. Após, foram obtidas duas formulações de pães através de dois delineamentos experimentais  $2^2$ , utilizando como variáveis dependentes teores de gordura vegetal hidrogenada (0 – 3%) e a proporção semente/farinha de chia em relação à farinha de trigo (2 – 20%), com avaliação dos parâmetros tecnológicos. Nas formulações dos pães, obtidas nos dois delineamentos, mediante validação, foram realizadas avaliações químicas (composição proximal, perfil de ácidos graxos, compostos fenólicos e atividade antioxidante), tecnológicas (perdas na cocção, volume específico, dureza, cor do miolo e crosta e pontuação total) e sensoriais (teste de aceitação e intenção de compra). A semente de chia apresentou elevado teor de lipídios (34,4%) sendo ricas em  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 e  $\omega$ -9 correspondendo a 62, 17,4 e 10,5% do total de lipídios, respectivamente, assim como fibras (23,7%) e proteínas (19,6%). Seus compostos fenólicos ( $32,35 \mu\text{g}_{\text{GAE}}.\text{mL}_{\text{extrato}}^{-1}$ ) apresentaram atividade antioxidante apresentando características de um alimento funcional que pode trazer benefícios fisiológicos específicos. O teor de gordura vegetal hidrogenada foi reduzida e sementes e farinha de chia foram adicionadas na formulação de pão controle (farinha de trigo), gerando dois novos produtos: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura e pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura, gerando uma redução de 27 e 24% de gordura saturada em relação ao pão controle, respectivamente. A razão gordura poliinsaturada e saturada (PUFA:SAT) em relação ao pão controle, de 1,01, aumentou para 3,1 e 3,9 nas novas formulações com chia. Os teores de fibras e  $\omega$ -3 aumentaram, destacando o apelo destes produtos como funcionais. A qualidade tecnológica foi influenciada levemente pela adição de chia nas formulações ocorrendo diminuição do volume específico e da pontuação total dos pães, obtendo índices de aceitação no teste sensorial de até 92%. Abordagens como esta podem ser utilizadas em escala industrial, gerando produtos diferenciados e contribuindo para diminuição da ingestão dos ácidos graxos saturados e aumento de ácidos graxos essenciais, como o  $\omega$ -3.

**Palavras-chave:** chia, fibras, funcionalidade, gordura, pão,  $\omega$ -3.

## **Bread enriched with chia (*Salvia hispanica* L.): development of a functional product**

### **General Abstract**

Chia is a seed native to the region of Mexico, which extends to north of Guatemala and has been the target of studies for enrichment of foods. The bread is one of the most consumed foods and one of the main sources of caloric diet of the population in many countries. Overconsumption of fat, especially saturated, of animal or vegetable origin, is a preponderant factor in the development of cardiovascular diseases. Therefore, it becomes necessary to research in order to decrease the levels of saturated fats and elevate the levels of polyunsaturated fats in foods. The objective of this study was to develop breads added with chia and assess its characteristics in order to obtain products with functional properties of good acceptability that can bring benefits to the health of the consumer. The raw material, wheat flour and chia, were characterized by proximal composition. In the chia was determined the profile of fatty acids and the profile of phenolic compounds with evaluation of their antioxidant activity by the DPPH method and enzymatic oxidation. The formulations were evaluated with addition of 2 and 20% of dry chia or hydrated with water, added in formulation and with 0 and 3% hydrogenated vegetable fat. It was verified that there is the possibility of reducing the fat content by adding chia in the hydrated form in the formulations. After, two formulations of breads were obtained through two experimental designs  $2^2$ , using as dependent variables the fat content (0-3%) and the proportion of flour/seed chia in relation to wheat flour (2-20%), with assessment of technological parameters. In the formulations of the loaves, obtained in two designs, through validation, chemical reviews were carried out (proximal composition, fatty acid profile, phenolic compounds and antioxidant activity), technological (losses in cooking, specific volume, firmness, colour of crumb and crust and total score) and sensory (test acceptance and purchase intent). The chia seed showed high level of lipids (34.4%) being rich in  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 and  $\omega$ -9 corresponding to 62, 17.4 and 10.5% of the total lipid, respectively, as well as fibers (23.7%) and proteins (19.6%). Its phenolic compounds ( $32.35 \mu \text{g}_{\text{GAE}} \cdot \text{mL}_{\text{extrato}}^{-1}$ ) showed antioxidant activity showing features of a functional food that can bring specific physiological benefits. Hydrogenated vegetable fat content was reduced and seeds and chia flour were added in formulation of control bread (wheat flour), creating two new products: bread added 7.8% of chia flour and 0.9% fat and bread added 11% of chia seed and 1% fat, generating a reduction of 27 and 24% of saturated fat in the bread control, respectively. The reason saturated and polyunsaturated fat (PUFA: SAT) in relation to the bread control, 1.01, increased to 3.1 and 3.9 in new formulations with chia. The levels of fiber and  $\omega$ -3 increased, highlighting the appeal of these products as functional. The technological quality was influenced slightly by adding chia in the formulations occurring decrease of specific volume and the total score of the loaves, obtaining acceptance indexes in sensory test of up to 92%. Approaches such as this can be used on an industrial scale, generating differentiated products and contributing to decreased intake of saturated fatty acids and essential fatty acids increase, as the  $\omega$ -3.

**Keywords:** chia, fibers, functionality, fat, bread,  $\omega$ -3.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As sementes de chia (*Salvia hispanica L.*) foram um importante alimento básico para mesoamericanos em tempos pré-colombianos (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008), sendo consumida principalmente pelos maias e astecas para aumentar a resistência física. No entanto, a chia também estava atrelada a rituais sagrados e servia como oferenda aos deuses dessas civilizações, o que despertou a ira de espanhóis católicos que viam a cerimônia como um ritual pagão. Com isso, seu cultivo foi extinto por séculos e só foi retomado no início da década de 90 por um grupo de pesquisadores argentinos em parceria com a Universidade do Arizona (EUA) (AYERZA; COATES, 2005). Desde então, os cientistas têm se voltado para pesquisas com o grão.

A chia é uma planta herbácea anual que pertence à família *Lamiaceae*. Tem sido cultivada no México há milhares de anos. As sementes embebidas em água ou suco de frutas foram e ainda são consumidos em algumas regiões como bebida refrescante (CAHILL, 2003). No Brasil, a chia vem sendo produzida com 3 a 4 meses de cultivo, nos estados de Rio Grande do Sul e São Paulo. A chia pode crescer até 2 m de altura e possui um rendimento médio de 250 g de sementes por pé, sendo a melhor época de produção entre outubro e novembro, onde há chuvas espaçadas e calor. Recente avaliação de suas propriedades e possíveis utilizações mostrou que esta possui um elevado valor nutricional com alto conteúdo de ácido alfa-linolênico ( $\omega$ -3) e linoléico ( $\omega$ -6), antioxidantes, fibra dietética e proteína (PEIRETTI; GAI, 2009). A presença destes ácidos graxos na dieta garante uma diminuição da ocorrência de doenças cardiovasculares, visto que doenças crônicas continuam sendo a principal causa de morte e de incapacidade nos países industrializados e que também estão crescendo rapidamente nos países não industrializados (AHA, 2004). Há evidências epidemiológicas de que as dietas que promovem saúde são ricas em fibras alimentares e  $\omega$ -3 e pobre em gordura saturada, gordura trans e colesterol (HU, 2002). Além disso, sementes de chia são promissoras como fonte de antioxidantes, devido à presença de polifenóis (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

Substituir ingredientes menos nutritivos por outros de maior valor nutricional, sem comprometer o sabor dos alimentos, é uma prática de relevância para se constituir uma dieta saudável. A chia é particularmente interessante dentro dessa lógica, que além de melhorar o valor nutritivo, apresenta grande capacidade para reter água e óleo, características que fazem dela uma candidata natural como aditivo para produtos panificados e como emulsão alimentar (OLIVOS-LUGO; VALDIVIA-LÓPEZ; TECANTE, 2010). O pão possui elevado valor

energético, contém carboidratos, lipídios e proteínas, e é um constituinte nutricional bastante significativo para a alimentação e nutrição de um indivíduo (VASCONCELOS et al., 2006). O pão é um gênero alimentício de primeira necessidade, um alimento de alto consumo que representa a base da alimentação dos brasileiros, e é uma boa alternativa para agregar nutrientes não ingeridos normalmente na dieta, como fibras e proteínas de alto valor biológico. Na atualidade, há poucos países no mundo em que o pão e os produtos fermentados não são produzidos e consumidos (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

O consumo de gordura saturada e trans está relacionado com elevação da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e aumento do risco de doença cardiovascular. A substituição de gordura saturada da dieta por mono e poliinsaturada é considerada uma estratégia para o melhor controle da hipercolesterolemia e conseqüente redução da chance de eventos clínicos (SANTOS et al., 2013). O consumo frequente de alimentos ricos em ômega-3 reduz os níveis de colesterol e triglicerídios no sangue, e também reduz a pressão arterial. A partir da ingestão de  $\omega$ -3 há a biossíntese no organismo dos ácidos graxos EPA (eicosapentaenóico - C20:5) e DHA (docosahexaenóico - C22:6), os quais, embora tenham uma estrutura semelhante, desempenham funções fisiológicas e metabólicas muito diferentes. O EPA relaciona-se principalmente com a proteção da saúde cardiovascular no adulto, e o DHA é considerado fundamental para o desenvolvimento do cérebro e do sistema visual, associando a saúde materno-infantil (ZAMBOM; SANTOS; MODESTO, 2004).

Como as autoridades de saúde e alimentação recomendam diminuir a ingestão de gordura saturada e aumentar a ingestão de fibras, proteínas e ácidos graxos  $\omega$ -3, seja pelos meios convencionais tais como o aumento do consumo de sementes vegetais ou produtos marinhos, ou através do desenvolvimento e consumo de alimentos enriquecidos com estes componentes, a chia é uma alternativa promissora para o aumento desses componentes na dieta, já que é rica em ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), proteínas, fibras e compostos fenólicos que possuem atividade antioxidante.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Desenvolver pães adicionados de chia e avaliar suas características visando a obtenção de produtos com propriedades funcionais de boa aceitabilidade e que possam trazer benefícios à saúde do consumidor.

### 2.2. Específicos

- Desenvolver pães de forma adicionados de chia seca e hidratada;
- Verificar a viabilidade da exclusão total ou parcial da gordura vegetal hidrogenada nas formulações de pão;
- Determinar a composição química, teor de ácidos graxos, compostos fenólicos e atividade antioxidante da semente de chia;
- Estudar as melhores condições de concentração de farinha e semente de chia em relação à farinha de trigo e gordura vegetal hidrogenada no desenvolvimento dos pães, através de um planejamento experimental;
- Avaliar o efeito da adição de chia nas propriedades físico-químicas e tecnológicas dos pães;
- Avaliar a aceitação sensorial dos pães adicionados de chia por parte dos consumidores;
- Verificar, através do estudo, a funcionalidade dos pães elaborados com chia.

### 3. JUSTIFICATIVA

A semente de chia possui 25-38% de gordura, é rica em ácidos graxos poliinsaturados, particularmente o  $\omega$ -3 (50-57%) e  $\omega$ -6 (17-26%), o que reduz o colesterol no sangue e diminui o risco de doenças cardiovasculares. Além disso, a chia contém uma alta proporção de compostos antioxidantes (flavonóides, tocoferol, beta-caroteno, entre outros), o que evita a rancidez dos ácidos graxos insaturados nos alimentos que a contém. É também fonte de minerais como cálcio, fósforo, ferro e magnésio e alto conteúdo de fibras (18-30%), seu consumo apresenta benefícios como regulação do trânsito intestinal e diminuição do índice de glicemia (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

É possível conhecer algumas das causas das doenças que atualmente afligem a população mundial, principalmente no Brasil, tais como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares, com o avanço nas ciências da nutrição e química de alimentos. Na área da nutrição sabe-se que o consumo de alimentos processados com altos conteúdos de gorduras parcialmente hidrogenadas como margarinas e manteigas elevam o nível de lipoproteína de baixa densidade (LDL) promovendo as doenças cardiovasculares (JUSTTELSTAD, 2004). As sementes de chia estão, portanto, entre os alimentos capazes de colaborar para o consumo de gorduras de boa qualidade. No Brasil, segundo o guia para comprovação da segurança de alimentos e ingredientes (Brasil, 2013), a semente de chia é classificada como produtos sem histórico de uso coberto por regulamentos técnicos específicos contidos na petição de avaliação de novos alimentos ou novos ingredientes.

Devido as suas propriedades, a chia pode ser considerada um alimento com características funcionais e adicionada como ingrediente em produtos de padaria. Em relação aos lípidios recomenda-se o aumento da ingestão de ácidos graxos  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 e a ingestão de fibra dietética, bem como frutas e vegetais que contêm antioxidantes. Por isso, é de suma importância o desenvolvimento de novos produtos alimentícios que satisfaçam todas estas características funcionais e que sejam de fácil aquisição. Uma das áreas que permite elaborar produtos saudáveis é a panificação, principalmente porque faz parte do cardápio brasileiro. Apesar dos benefícios nutricionais e funcionais, a chia ainda é um alimento desconhecido dos brasileiros, havendo a necessidade do conhecimento de suas propriedades e um grande espaço para o desenvolvimento de novas formulações, que além de acrescentar nutrientes benéficos para o organismo e que não são normalmente ingeridos em quantidades significativas pela dieta, sejam saborosas e atrativas.

**CAPÍTULO II**  
**Revisão da Literatura**

## 4. REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1. Chia (*Salvia hispanica* L.)

A chia (Figura 1) é cultivada comercialmente no México, Bolívia, Argentina, Equador e Guatemala (COATES; AYERZA, 1996). Juntamente com a chia, o milho, feijão e amaranto foram os alimentos mais importantes de mais de 11 milhões de pessoas quando Colombo chegou à América. A chia também foi utilizada como uma oferenda aos deuses de Nahua (SAHAGUN, 1989) e devido à perseguição religiosa e dado o fato de que não puderam ser cultivadas na Europa, desapareceu no século XVI. As sementes de chia são utilizadas como suplementos nutricionais, bem como na fabricação de barras, cereais matinais e biscoitos nos Estados Unidos, América Latina e Austrália (DUNN, 2010). Possuem uma quantidade significativa de lipídios (cerca 40% peso total da semente), quase 60%, como  $\omega$ -3 e também fibra dietética (mais de 30% do peso total), ambos componentes importantes da dieta humana, e proteínas de elevado valor biológico (cerca de 19% do peso total). Além disso, contém minerais, vitaminas e antioxidantes naturais como tocoferóis (238-427 mg/kg) e polifenóis, sendo os principais compostos fenólicos o ácido clorogênico, ácido caféico, quercetina e kaempferol (IXTAINA et al., 2011), que protege os consumidores contra algumas condições adversas, tais como proteção contra doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (AYERZA, COATES, 2004; CRAIG, 2004).

**Figura 1** - Plantação de chia (A) e sementes de chia (B) (TOSCO, 2004).



(A)

(B)

A semente de chia é uma boa fonte de proteína (19 - 27 g/100 g) (WEBER et al., 1991). O conteúdo de proteína é mais elevado do que a de outras culturas tradicionais, tais como milho, trigo, arroz, aveia, cevada e amaranto (AYERZA; COATES, 2005). Embora a chia não seja cultivada comercialmente como uma fonte de proteína, o seu perfil de

aminoácidos não tem fatores limitantes na dieta do adulto (BUSHWAY; BELYEA; BUSHWAY, 1981), mas treonina, leucina e lisina são os aminoácidos limitantes na dieta de uma criança na época pré-escolar (WEBER et al., 1991). A Tabela 1 apresenta a composição da chia segundo Puig e Haros (2011) e Bushway, Belyea e Bushway (1981).

**Tabela 1** - Composição química e teor de vitaminas de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) em base seca.

Componentes	Conteúdo
Lipídios (g.100g <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	33,9
Proteínas (g.100g <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	20,2
Cinzas (g.100g <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	2,33
Fibra dietética (g.100g <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	43,1
Niacina (μg.g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	82,50
Riboflavina (μg.g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	2,13
Tiamina (μg.g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	14,42
Vitamina A (μg.g <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	43,0

(a)Puig e Haros (2011)

(b)Bushway, Belyea e Bushway (1981)

As sementes de chia são uma importante matéria-prima para a obtenção de alimentos funcionais devido às suas características especiais oferecendo vantagens em relação a outras fontes disponíveis (COATES; AYERZA, 1996). A chia é ideal para o enriquecimento de certo número de produtos como alimentos para bebês, alimentos assados, barras de cereais, iogurtes e molhos.

#### 4.2. Alimentos Funcionais

A função básica do alimento é fornecer energia e nutrientes para satisfação das necessidades diárias e proporcionar o bom funcionamento do organismo. Porém, nas últimas décadas, muitos estudos têm demonstrado a associação entre a dieta e doenças crônico-degenerativas e assim, têm-se atribuído aos alimentos outras funções. Nesse contexto, surge uma nova categoria de alimentos, denominados alimentos funcionais. Os alimentos funcionais fazem parte de uma nova concepção de alimentos, lançada pelo Japão na década de 80, através de um programa de governo que tinha como objetivo desenvolver alimentos saudáveis para uma população que envelhecia e apresentava uma grande expectativa de vida (ANJO,

2004). Os vários fatores que têm contribuído para o desenvolvimento dos alimentos funcionais são inúmeros, sendo um deles o aumento da consciência dos consumidores, que desejando melhorar a qualidade de suas vidas, optam por hábitos saudáveis.

Segundo a portaria nº 18 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, no Brasil, alimento funcional é definido como todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produza efeitos metabólicos e/ou fisiológicos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). São considerados alimentos funcionais aqueles que, além de fornecerem a nutrição básica, promovem a saúde. Esses alimentos possuem potencial para promover a saúde por meio de mecanismos não previstos pela nutrição convencional, devendo ser salientado que esse efeito restringe-se à promoção da saúde e não à cura de doenças. O termo nutracêutico diz respeito a um alimento ou ingrediente alimentar que proporciona benefícios médicos e/ou de saúde, incluindo prevenção e tratamento de doenças (SANDERS, 1998).

Os alimentos funcionais se caracterizam por oferecer vários benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, podendo desempenhar um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas (NEUMANN, ABREU, TORRES, 2000; TAIPINA, FONTES, COHEN, 2002). Alimentos funcionais importantes e que necessitam de ser consumidos diariamente são as frutas, hortaliças, legumes e grãos, que, de modo geral, proporcionam ao organismo um elevado aporte de vitaminas, minerais, fitoquímicos (antioxidantes e anticarcinogênicos) e fibras essenciais para o bom funcionamento do organismo e para a manutenção da saúde (SGARBIERI, PACHECO, 1999; ROWLAND, 1999).

A importância para a saúde do uso destes alimentos verifica-se no Brasil pelo fato de que os brasileiros enfrentam um avanço das doenças crônicas degenerativas por conta de um estilo de vida desequilibrado que envolve maus hábitos alimentares e sedentarismo. O consumo regular desses alimentos pode ser uma alternativa para conter o avanço dessas doenças e fazer com que as pessoas se conscientizem que a alimentação tem um papel fundamental sobre a saúde.

Os alimentos e/ou ingredientes funcionais podem ser classificados de dois modos: quanto à fonte (vegetal ou animal) ou quanto aos benefícios que oferecem, atuando em seis áreas do organismo: no sistema gastrointestinal; sistema cardiovascular; metabolismo de

substratos; crescimento, desenvolvimento e diferenciação celular; comportamento das funções fisiológicas e antioxidantes (MORAES; COLLA, 2006).

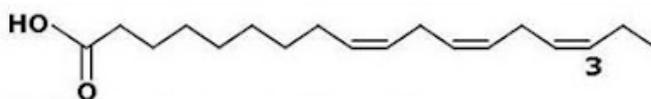
Muitos dos novos alimentos desenvolvidos contêm compostos funcionais bioativos; incluindo fibras alimentares, prebióticos, probióticos, oligossacarídeos, fitoquímicos, antioxidantes, e outras substâncias que referem propriedades funcionais ou efeitos benéficos de prevenção à saúde do homem (PACHECO; SGARBIERI, 2001).

### 4.3. Ômega-3

A denominação dos ácidos graxos é C n:x, em que 'n' é o número de átomos de carbono e 'x' é o número de insaturações. Um ácido graxo é denominado  $\omega$ -3 quando a primeira dupla ligação está localizada no carbono 3 a partir do radical metil ( $\text{CH}_3$ ) (Figura 2). O aumento do consumo de ácidos graxos  $\omega$ -3 pode reduzir a pressão arterial, havendo associação a menores índices de doença cardiovascular. O consumo de ácido graxo  $\omega$ -3 favorece a deformação dos eritrócitos e diminui a viscosidade do sangue, mesmo em doses baixas. Estes efeitos facilitam a microcirculação e possibilitam maior oxigenação dos tecidos (MENDONÇA, 2010).

Os principais ácidos graxos da família  $\omega$ -3 são o alfa-linolênico (C18:3 – 18 carbonos e 3 insaturações), o eicosapentanoico (EPA) (C20:5 – 20 carbonos e 5 insaturações) e o docosaheptanoico (DHA) (C22:6 – 22 carbonos e 6 insaturações) (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005). Além de seu papel nutricional na dieta, os ácidos graxos  $\omega$ -3 podem ajudar a prevenir ou tratar uma variedade de doenças, incluindo doenças do coração, câncer, artrite, depressão, mal de Alzheimer, entre outros.

**Figura 2** - Ácido  $\alpha$ -linolênico (18:3) (MENDONÇA, 2010).



A chia é rica em ácidos graxos poliinsaturados, particularmente ácido alfa linolênico, o  $\omega$ -3 (ÁLVAREZ et al., 2008) (Tabela 2). A presença destes ácidos graxos na dieta de indivíduos promove uma redução na incidência de doenças cardiovasculares, em que tanto os peixes como as plantas marinhas são considerados os mais importantes mediadores desta redução em experimentos controlados (De LOGERIL; SALEN, 2007). Entretanto, outros autores associam os benefícios do consumo de pescado não somente à sua riqueza em ácidos

graxos poliinsaturados, mas também ao consumo de uma dieta saudável (CUNDIFF; LANOU; NIGG, 2007).

**Tabela 2** - Conteúdo de lipídios e composição de ácidos graxos da semente de chia (*Salvia hispanica* L.)\*.

Componentes	g.100g <sup>-1</sup> de semente
Ácido linolênico	20,34
Ácido linoléico	6,66
Ácido oléico	2,36
Ácido Esteárico	0,95
Ácido Palmítico	2,13
Lipídios	32,8

\*Ayerza e Coates (1999)

#### 4.4. Compostos fenólicos

Embora indispensável para a vida, o oxigênio pode causar danos ao organismo, já que o metabolismo celular promove a formação de radicais livres (BARROS et. al., 2008; KITZBERGER, 2005). Esses radicais oxidam vários compostos como proteínas, ácidos nucleicos, DNA e lipídios, podendo levar à formação de doenças degenerativas (PRAKASH; RIGELHOF; MILLER, 2014). Atualmente, o interesse no estudo dos compostos fenólicos tem aumentado muito, devido principalmente à habilidade antioxidante destas substâncias em sequestrar radicais livres, os quais são prejudiciais a saúde humana (DORMAN et al., 2003).

Os compostos fenólicos têm sido considerados os mais importantes, numerosos e onipresentes grupos de compostos do reino vegetal e são sintetizados durante o desenvolvimento normal da planta, bem como em resposta a diferentes situações, como estresse e radiação UV, entre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004). Os compostos fenólicos são substâncias formadas por, no mínimo, um anel aromático, em que pelo menos um hidrogênio é substituído por um grupo hidroxila, encontrado sob a forma de ésteres ou de heterosídeos, e não na forma livre na natureza (SIMÕES et. al., 2000). Estes podem ser classificados em compostos solúveis em água (ácidos fenólicos, fenilpropanóides, flavonóides e quinonas) e compostos insolúveis em água (taninos condensados, ligninas e paredes celulares ligados a ácidos hidroxicinâmicos) (RISPAIL; MORRIS; WEBB, 2005). O comportamento dos compostos antioxidantes fenólicos está relacionado com a sua capacidade de quelar metais,

inibir a lipoxigenase e capturar os radicais livres, como o DPPH, embora, ocasionalmente, também possa promover reações de oxidação *in vitro* (DECKER, 1997).

Diferentes propostas vêm sendo realizadas para avaliar a atividade antioxidante de compostos fenólicos, mas pouco tem sido feito para determinar o efeito inibidor de compostos fenólicos dos mesmos em sistemas enzimáticos, particularmente com respeito à peroxidase. Esta é uma enzima que aparece em células de diferentes seres vivos e que tem por função oxidar compostos doadores de elétrons, tendo como agente doador de oxigênio a água oxigenada. Bioquimicamente a função desta enzima é proteger as células de possíveis danos, e sua atividade se manifesta, principalmente, em situações de desequilíbrios físico-químicos do sistema. O excesso da ação desta enzima pode resultar em danos indesejáveis nas células. No caso dos alimentos, as principais alterações são perdas do flavor, da cor e dos nutrientes. A atuação da peroxidase sobre compostos doadores de elétrons a torna atrativa para se estimar a atividade antioxidante de diferentes compostos, como por exemplo, os fenóis (OLIVEIRA et al., 2007).

A chia tem um grande potencial dentro da indústria alimentícia, dado que a sua oxidação é mínima, comparada com outras fontes de  $\omega$ -3 como a linhaça, que apresenta uma decomposição rápida devido à ausência de antioxidantes (TOSCO, 2004). A semente de chia contém uma quantidade de compostos com potente atividade antioxidante devido a compostos como miricetina, quercetina, kaempferol e ácido caféico. Estes compostos são antioxidantes primários e sinérgicos que contribuem para a sua potente atividade antioxidante. A importância destas é a sua proteção contra a oxidação de lipídios que afeta não só a qualidade dos alimentos como também a saúde do consumidor (CASTRO-MARTÍNEZ, PRATT, MILLER, 1986; TAGA, MILLER, PRATT, 1984).

#### **4.5. Proteínas**

O percentual de proteínas (19-23%) da semente de chia, semelhante ao da lentilha (23%), ervilha (25%) e grão de bico (21%) (OLIVOS-LUGO, VALDIVIA-LÓPEZ, TECANTE, 2010; IXTAINA, NOLASCO, TOMÁS, 2008) é indicativo para a sua utilização como fonte de nutrientes para animais e seres humanos já que a semente contém todos os aminoácidos essenciais necessários para a nutrição humana (RUPFLIN, 2011).

O consumo de sementes de chia fornece inúmeros benefícios à saúde e, também são uma fonte potencial de peptídeos biologicamente ativos. O grau de hidrólise é o principal fator que afeta a atividade biológica nos hidrolisados protéicos de chia. Segura-Campos et al.

(2013) verificaram que a inclusão dos hidrolisados de chia, de 1 e 3 mg<sub>hidrolisado</sub>·g<sup>-1</sup><sub>farinha</sub> em pão branco e creme de cenoura aumentou o potencial biológico, atividade antioxidante e atividade inibitória da enzima conversora de angiotensina I, sem afetar notavelmente a qualidade do produto, conseqüentemente, os hidrolisados são considerados ingredientes que melhoram a saúde na produção de alimentos funcionais.

#### 4.6. Fibra alimentar

A alta quantidade de fibras da semente de chia (34,6%) pode aumentar a saciedade e diminuir o consumo de energia (OLIVOS-LUGO, VALDIVIA-LÓPEZ, TECANTE, 2010; AYERZA, COATES, LAURIA, 2002), e a sua ingestão também têm efeitos benéficos para a superação de fatores de risco associados ao aparecimento de várias doenças crônicas, além de muitas doenças de importância para a saúde pública como a obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes do tipo 2 (OLIVOS-LUGO; VALDIVIA-LÓPEZ; TECANTE, 2010).

Quando mergulhadas em água, as sementes de chia exsudam um gel transparente mucilaginoso que permanece firmemente ligado à semente. No epicarpo da semente encontram-se células que produzem mucilagem quando umedecidas. Ao entrar em contato com a água, o epicarpo incha, a cutícula se rompe ao esgotar a sua elasticidade e o conteúdo das células verte como mucilagem circundando toda a superfície da semente (IXTAINA et al., 2010). Esse gel é composto essencialmente de xilose, glicose e ácido glicurônico, formando um polissacarídeo ramificado e de alto peso molecular ( $0,8 - 2 \times 10^6$  Da) (LIN et al., 1994).

Segundo Gômes e Colín (2008), a mucilagem de chia é um polissacarídeo útil como fibra solúvel e dietética. Além disso, Capitani et al. (2012) afirmaram que as frações fibrosas de chia evidenciam uma grande capacidade de reter e absorver água, podendo ser utilizada como um agente emulsionante e estabilizante de emulsões. O consumo dessa fibra dietética pode ser uma importante alternativa para melhorar a saúde humana. Em 1996, a semente de chia foi descrita pela FAO como uma fonte potencial de goma polissacarídica devido às suas excepcionais propriedades mucilaginosas em solução aquosa e baixa concentração (MUÑOZ et al., 2012). O gel formado, quando ingerido, produz uma barreira física que separa as enzimas digestivas dos carboidratos, promovendo uma lenta conversão de carboidratos em açúcar, conseqüentemente, uma digestão lenta. Além disso, mantém os níveis de açúcares no sangue sendo útil na prevenção e controle da diabetes.

#### 4.7. Produtos desenvolvidos com adição de chia

O interesse em estudar a chia como possível aditivo para alimentos surgiu devido ao seu alto teor de antioxidantes como o ácido clorogênico, ácido caféico, miricetina, quercetina e flavonóides que são benéficos para a saúde, e também por sua contribuição considerável de ácidos graxos poliinsaturados. Justo et al. (2007) desenvolveram pão integral com soja (10%), chia (5%), linhaça (5%) e ácido fólico com a finalidade de obter produtos de maior valor nutritivo e melhores características funcionais. Os pães produzidos com soja adicionados de chia e linhaça tiveram grande aceitação dos consumidores revelada pela avaliação sensorial. Além disso, contiveram mais proteína (25-30%) em comparação com pães comerciais (21%). Em particular, os pães adicionados de chia foram ricos em fibra dietética (4-5%) e os resultados sugeriram que os pães apresentaram reduções na captação de glicose no trato digestivo. Outra característica, potencialmente benéfica de saúde, foi o alto conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados,  $\omega$ -9 (em torno de 3 %),  $\omega$ -6 (em torno de 3 %) e  $\omega$ -3 (3 – 4,5 %), e alto conteúdo de cálcio (297-318 mg.100g<sup>-1</sup>) presentes nos pães desenvolvidos.

Borneo, Aguirre e León (2010) avaliaram como a substituição de ovos ou óleo em uma formulação de bolo por gel de chia (25, 50 e 75%) afetaria o conteúdo nutricional, propriedades funcionais básicas e as características sensoriais do produto, em comparação com o controle de óleo e ovo e observaram que a substituição de ovos ou óleo na formulação de bolo por gel de chia até um nível de 25% manteve as características funcionais e sensoriais do produto. Puig e Haros (2011) desenvolveram um novo produto de panificação mediante substituição de farinha de trigo por 5% de sementes de chia e 5% de farinha integral de chia e concluíram que as sementes de chia ou sua farinha podem ser utilizadas como ingrediente na elaboração de produtos panificados para incrementar o valor nutricional e a qualidade do produto sendo que o pão adicionado de semente de chia foi o mais aceito pelos consumidores em comparação ao pão adicionado de farinha de chia.

Utpott (2012) desenvolveu maionese adicionada de mucilagem de chia, combinado ou não com outros aditivos emulsificantes, com reduzido teor de óleo e gema de ovo, e manteve as características funcionais do produto, melhorando seus aspectos sensoriais e tecnológicos. Rendon-Villalobos et al. (2012) desenvolveram tortilas de milho com adição de 5, 10, 15 e 20% de farinha de chia e todas as formulações apresentaram maiores teores de fibras, proteínas e lipídios que as tortilas de milho, sendo mais significativa com 15 e 20% de substituição. Tombini (2013) desenvolveu uma barra de cereal adicionada de semente de chia que apresentou propriedades físico-químicas e microbiológicas adequadas, com elevado teor

de fibra (10,3%). A aceitabilidade sensorial (84%) e a intenção de compra (96%) tiveram resultados satisfatórios.

#### **4.8. Pão**

Segundo Brasil (2000) pão é o produto obtido pela cocção, em condições adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e cloreto de sódio, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas. O pão tem um papel significativo na dieta da maioria da população mundial, principalmente para pessoas de menor poder econômico e crianças em idade escolar. É um dos alimentos mais consumidos e uma das principais fontes calóricas da dieta da população de muitos países e, por este motivo vem sendo alvo de muitos estudos de enriquecimento. A fortificação de alimentos com nutrientes é uma prática aceita e empregada pelos processadores de alimentos desde a metade do século XX (REILLY, 1996) e tem como objetivos reforçar o valor nutritivo e prevenir ou corrigir deficiências de um ou mais nutrientes (BRASIL, 1998).

#### **4.9. Consumo de pão**

Segundo dados da Aquisição Alimentar Domiciliar *per capita* anual, por grandes regiões entre 2008 e 2009, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o consumo anual per capita de pão francês é de 12,5 quilos, perdendo somente para o arroz polido com 14,6 quilos.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria (ABIP), o consumo brasileiro de pães é de 33 quilos per capita (mais ou menos um pão e meio por dia), sendo este muito abaixo do recomendado pela Organização Mundial de Saúde, de 60 quilos por habitante ao ano e a FAO de 50 quilos per capita ao ano. O Brasil ocupa ainda o quinto lugar dentre os países de maior consumo per capita por ano de pão, atrás de Chile, Argentina, Uruguai e Costa Rica.

#### **4.10. Ingredientes utilizados na produção de pão**

##### **4.10.1. Farinha de trigo**

A farinha de trigo é o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum*, ou outras espécies do gênero *Triticum*, reconhecidas através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado (OWENS, 2001). É o ingrediente mais importante em panificação, devido à

presença de glúten, que forma e mantém a estrutura celular da massa até a gelatinização do amido no cozimento, quando será formada a estrutura final do pão. É recomendado o uso de farinhas de trigo com conteúdo protéico entre 10,5 e 12,0% para a produção do pão (GUTKOSKI; NODARI; NETO, 2003).

Os componentes do trigo, além do seu valor nutritivo, têm efeito importante nas propriedades físicas e reológicas dos produtos elaborados com esse cereal, influenciando diretamente na qualidade e força da farinha obtida. A “força” da farinha está relacionada ao conteúdo e qualidade protéica do grão do trigo e é ela que irá determinar sua posterior utilização. As chamadas “farinhas fortes” são oriundas de trigos duros, os que possuem maior quantidade de glúten, enquanto “farinhas fracas” são oriundas de trigos brancos, os que possuem menor quantidade de glúten (ORNELLAS, 2007). O trigo duro é o mais indicado para a elaboração de pães, pois possui um bom equilíbrio protéico de gliadinas e gluteninas (acima de 12%). Sua característica é formar uma estrutura de glúten com elasticidade e resistência equilibrada, ideal durante o processo de fermentação (PIRES, 1998).

As proteínas do trigo são divididas em dois grupos, um deles formado pelas albuminas e globulinas, representando 15% das proteínas totais e, o outro, formado pelas gliadinas e gluteninas que compreendem os restantes 85% das proteínas (EL-DASH; CAMARGO, 1982). A qualidade da farinha de trigo está, portanto, diretamente relacionada com o tipo de origem do trigo o qual, através de suas características determina a principal propriedade de uma farinha, a força, a qual reflete diretamente na qualidade tecnológica do produto final (GÉLINAS et al., 1996).

Quando é misturada farinha de trigo e água pode-se observar a formação de uma massa constituída de rede proteica do glúten ligada a grânulos de amido. O glúten, em panificação, retém o gás carbônico produzido durante o processo fermentativo e faz com que o pão aumente de volume (GUARIENTI, 1993).

#### **4.10.2. Água**

Segundo El-Dash e Camargo (1982), a água desempenha um importante papel na formulação de pães, tendo como principais funções: possibilitar a formação do glúten da massa, funcionando como meio para transferência de metabólitos para o crescimento do fermento, contribuir para a elasticidade e consistência da massa e também para a textura e maciez do pão, bem como para a hidratação do amido e conferir sabor.

O pH da água também influencia na qualidade da massa, assim como a presença de cobre ou de outro metal que pode ocasionar o aparecimento de ranço na gordura (MORETTO; FETT, 1999). O pH deve estar entre 7 e 8 (QUAGLIA, 1991). A quantidade, qualidade e temperatura da água têm fundamental importância no transcorrer do processamento e influencia diretamente no produto obtido. A quantidade de água a ser adicionada à receita é delimitada pela capacidade de absorção da farinha, particularidade de processo e características dos pães. Essa quantidade deve ser precisa, pois sua falta ou excesso pode influenciar negativamente a qualidade do produto final, que geralmente varia entre 55 e 65% (EL-DASH, GERMANI, 1994; RIBEIRO, 2006).

#### **4.10.3. Cloreto de sódio**

O cloreto de sódio, sal, é um ingrediente indispensável na panificação. Conforme Gewehr (2010) o sal atua principalmente sobre as características da massa, uma vez que as gliadinas têm menor solubilidade em água salina, resultando na formação de maior quantidade de glúten. Além disso, o uso do sal na panificação resulta em uma estrutura de glúten mais rígida devido à formação de fibras curtas, tornando a massa mais compacta e mais fácil de trabalhar do que aquela obtida sem sal.

Além de contribuir de modo positivo melhorando as características de plasticidade da massa, conseqüentemente, a força do glúten, as características da crosta e sabor do produto final, e controlando a fermentação, o cloreto de sódio afeta, também as características de conservação do pão devido as suas propriedades higroscópicas. De modo geral, a porcentagem mais indicada do cloreto de sódio na massa é de 1,5 a 2,0%. O excesso pode alterar o sabor do produto final, e a falta pode trazer as deficiências de uma massa não maleável, difícil de trabalhar e menos elástica (VITTI, 2001).

#### **4.10.4. Sacarose**

O açúcar mais utilizado é a sacarose, obtida de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) ou beterraba açucareira (*Beta alba, L.*), por processos industriais adequados. A quantidade de sacarose pode atingir até 8%. A sacarose é o substrato para a fermentação e para as reações com aminoácidos e de caramelização (QUAGLIA, 1991).

A principal atuação da sacarose é no processo de fermentação, onde ocorre a reação e são liberados gás carbônico e álcool, conferindo ao pão seu volume. Além de proporcionar a cor dourada característica da crosta dos pães, bem como, distribuir o aroma e sabor ao produto

final (EL-DASH; GERMANI, 1994). Assim, a sacarose contribui para a doçura e o volume, age como veículo para outros aromas, ajuda na retenção de umidade, aumenta a maciez, desenvolve cor agradável na crosta e proporciona acabamento atrativo (QUAGLIA, 1991; MORETTO, FETT, 1999).

#### **4.10.5. Gordura**

A gordura é uma das substâncias que, com maior frequência se emprega em produtos forneados de panificação (QUAGLIA, 1991). Esta altera as características sensoriais do pão e dos produtos fermentados, proporcionando uma mordida mais curta e suave, e, simultaneamente um aumento da durabilidade da maciez. Os efeitos se intensificam de acordo com os níveis crescentes de adição. O nível de adição dessas gorduras varia muito, de zero a alguns pães até 1% do peso da farinha para pães de forma, crescendo para níveis de até 3% do peso da farinha (CAUVAIN, YOUNG, 2009; PYLER, 1988).

As gorduras também atuam nas propriedades de conservação do pão, estas, são a medida do grau ao qual um produto retém suas características de frescor e boa qualidade de mastigação, após um período de tempo. Esse efeito é devido à atuação das gorduras nas paredes das bolhas de gás, melhorando sua impermeabilização, aumentando a resistência à saída de vapor de água e evitando a retrogradação do amido (BRASIL, 2006). Tanto a gordura vegetal como a animal podem ser empregadas na panificação. A gordura utilizada pode apresentar-se no estado líquido, semi-líquido ou sólido à temperatura ambiente. As gorduras vegetais hidrogenadas estão sendo mais empregadas, pois são de fácil manuseio, conservação e também, conferem melhores características tecnológicas de panificação (GRISWOLD, 1972; EL-DASH, GERMANI, 1994).

#### **4.10.6. Fermento biológico**

É o produto obtido de culturas puras de leveduras, por procedimento tecnológico adequado. O fermento biológico pode se apresentar de três formas: fresco, seco ativo e instantâneo. O primeiro consiste de “blocos de levedura” com alta atividade de água, em torno de 75%, que devem ser mantidos sob refrigeração, em torno de 10 °C, para manter sua atividade por até duas semanas. O segundo tipo é a levedura seca a baixa temperatura, com conteúdo de água de 5-9%, o que permite sua estocagem a temperatura ambiente por longos períodos de tempo, sem perda de atividade (PIRES, 1998). Esse tipo de fermento encontra-se em sua forma latente necessitando ser ativado em água morna por 15 a 20 min antes do uso.

Já o fermento instantâneo, é produzido por cepas especiais de leveduras desidratadas por liofilização e embalado à vácuo, podendo ser adicionado diretamente na farinha (VITTI, 2001).

O fermento utilizado normalmente pela maioria das padarias é do tipo fresco, e é oriundo da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, pertencente à família dos fungos. No processo de panificação, sua principal função é a de provocar a fermentação dos açúcares, produzindo gás carbônico, que ao mesmo tempo é responsável pela formação de alvéolos internos e pelo crescimento da massa. Assim, o fermento melhora o sabor, aumenta o volume e a porosidade dos produtos forneados (VITTI, 2001).

#### **4.10.7. Agente oxidante**

A função dos agentes oxidantes é, de maneira geral, transformar as ligações SH em ligações SS, elevando o potencial elástico da rede protéica formadora do glúten. A ação oxidante favorece a união de cadeias de proteínas que, por ação da energia mecânica proporcionada à massa durante o amassamento, forma uma rede de glúten cada vez mais forte que, entre outros efeitos, melhora a retenção de gás durante a fermentação. O reforço da massa também é observado por sua maior tolerância, mostrando-se menos pegajosa e de fácil manuseio (CARVALHO, 1999).

Um dos antioxidantes mais utilizados na panificação é o ácido ascórbico. Embora seja um antioxidante, na massa, atua como um agente oxidante, onde oxida os grupos SH das gluteninas para uma forma mais estável e menos susceptível à reações adicionais de troca. Essa reação acarreta na mudança do equilíbrio das reações de moléculas de glutenina, ligações SH, para a formação de grupos SS, mais estáveis e menos reagentes. O efeito geral é produzir uma rede de glúten estável, mais forte e mais elástica, capaz de expandir sem ruptura durante o rápido crescimento das células de gás na parte inicial do processo de assamento (CAUVAIN; YOUNG, 2009). A quantidade empregada para um bom desempenho no processamento da massa varia de 20-200 mg.kg<sup>-1</sup> em relação ao peso de farinha, dependendo do efeito requerido na qualidade final dos produtos de panificação (EL-HADY et al., 1996; FITCHETT, FRAZIER, 1987; STEAR, 1990).

#### **4.11. Processo de panificação**

Segundo Cauvain e Young (2009) todos os processos que evoluíram para a fabricação do pão apresentam um objetivo comum e único: converter a farinha de trigo em um alimento aerado e palatável. Para obter essa conversão, diversas etapas comuns são empregadas:

- A mistura da farinha e água, junto com o fermento e sal, e outros ingredientes específicos, em proporções adequadas;
- O desenvolvimento de uma estrutura de glúten, proteínas hidratadas, na massa por meio da aplicação de energia durante a mistura, muitas vezes designada “amassamento”;
- A incorporação de bolhas de ar dentro da massa durante a mistura;
- O desenvolvimento contínuo de uma estrutura de glúten, criado como resultado do amassamento, tanto para modificar as propriedades reológicas da massa como para melhorar sua capacidade de expansão depois que a pressão do gás aumenta, devido à geração de dióxido de carbono na massa durante a fermentação;
- A formação, ou modificação, de compostos de sabor específicos na massa e a subdivisão da massa em peças unitárias;
- Uma modificação preliminar do formato das peças divididas da massa e um adiamento breve no processamento, para modificar ainda mais as propriedades físicas e reológicas das peças de massa;
- A modelagem das peças de massa para obter as configurações requeridas;
- Fermentação e expansão das peças modeladas de massa;
- Expansão adicional das peças de massa e fixação da estrutura final do pão durante o assamento.

#### **4.12. Etapas do processamento de pão**

Dentre os métodos de panificação, o método direto é o procedimento mais utilizado no Brasil. O método direto tem esse nome pelo fato de necessitar que todos os ingredientes sejam incorporados juntos em uma única fase de mistura. Independente dos métodos de obtenção do pão, o processamento envolve elementos básicos que incluem a escolha de uma formulação para pão, mistura dos ingredientes, fermentação da massa, divisão, moldagem, fermentação final e o forneamento (EL-DASH; MAZZARI; GERMANI, 1994).

##### **4.12.1. Mistura dos ingredientes**

Tem a finalidade de homogeneizar os ingredientes em velocidade lenta com o objetivo de aerar e assegurar um trabalho mecânico sobre a massa, iniciando o desenvolvimento do

glúten formado pela hidratação das proteínas da farinha até a obtenção de uma massa com propriedades viscoelásticas adequadas (VITTI, 2001).

A produção de massas a temperatura de 26-28 °C, ao final da etapa de mistura, é adequada, pois inibe a fermentação e, conseqüentemente, a produção excessiva de gases, sendo a temperatura da massa durante a mistura controlada pela temperatura da água adicionada (PIZZINATTO et al., 1993).

#### **4.12.2. Fermentação principal**

Segundo Owens (2001) é uma fermentação alcoólica e anaeróbica produzida pela ação do fermento biológico (leveduras) sobre os açúcares presentes na massa. Seu papel é produzir gás carbônico e realizar modificações físico-químicas, as quais interferem nas propriedades plásticas das massas, participando da formação do sabor e aroma do pão, além de contribuir para a sua boa conservação.

#### **4.12.3. Divisão e Boleamento**

A divisão tem por finalidade a obtenção de pedaços de massa de peso apropriado aos pães que devem ser fabricados. A precisão e a uniformidade dessa operação são importantes, uma vez que o excesso representa perda econômica e a falta de peso pode levar a violação da lei (VITTI, 2001). Nesta etapa, a massa é submetida à divisão manual ou mecânica, sendo a última mais comum usualmente baseada no volume. Segundo Cauvain e Young (2009) a exatidão do sistema depende da homogeneidade da massa, que é em grande parte determinada pela distribuição das bolhas de gás dentro da massa. Quando a estrutura de gás inclui bolhas de tamanho e distribuição uniformes, a densidade da massa permanece constante em todo o volume e a divisão é mais exata. Quando a estrutura de gás inclui tamanhos e distribuições desiguais, a divisão é conseqüentemente menos exata.

Segundo Owens (2001), o boleamento tem por objetivo auxiliar a formação de uma superfície contínua, eliminando a pegajosidade da massa, dando-lhe ao mesmo tempo uma forma regular (bola homogênea) facilitando o manuseio durante o processamento posterior.

#### **4.12.4. Moldagem**

A moldagem tem por finalidade melhorar a textura e estrutura da célula do pão, assim como dar forma apropriada ao produto. Os moldadores, também conhecidos por modeladores,

são projetados com o objetivo de desgaseificar e achatar, enrolar e selar a massa, sendo o mais comum o de rolos (VITTI, 2001; PIZZINATTO et al, 1993).

Na modelagem da massa para pão de forma, em peça única, o objetivo é obter uma peça de massa cilíndrica, com extremidades em forma de quadrado, e com comprimento e diâmetro iguais aos da superfície inferior da forma para assar (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

#### **4.12.5. Fermentação final**

Segundo Pizzinatto et al. (1993), esta etapa tem por finalidade recuperar parte da extensibilidade perdida durante a divisão e boleamento. A temperatura ótima varia de 26-30°C e a umidade relativa de 75-80%. As temperaturas inferiores a ótima retardam o processo de fermentação, enquanto que as superiores irão reduzir a capacidade de retenção de gases. Baixa umidade relativa na câmara de descanso causa a secagem da massa e a formação de crosta, enquanto que umidades mais altas tornam a massa pegajosa e de difícil manuseio.

A fermentação final é realizada em câmaras com condições adequadas de temperatura e umidade relativa e usualmente leva cerca de 40 a 120 min, dependendo do tipo de pão, formulação e qualidade da farinha. Como os pedaços de massas perdem gases na fase de moldagem, é essencial permitir um descanso final da massa com a finalidade de readquirir um volume adequado, influenciando diretamente a qualidade da textura e das células do miolo do produto final (VITTI, 2001).

Durante a fermentação, parte do amido é transformado em açúcares pela ação enzimática. Os açúcares alimentam o fermento, e os produtos decompostos são o dióxido de carbono e o álcool. À medida que o dióxido de carbono é produzido, ele é retido nas minúsculas células formadas na matriz protéica durante o processo de mistura, fazendo as células crescerem e a massa se expandir. Outros produtos da atividade do fermento, principalmente ácidos, também são formados na fermentação e podem contribuir de maneira significativa para o desenvolvimento do sabor (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

#### **4.12.6. Forneamento**

Seu objetivo principal é o tratamento térmico do amido e da proteína, juntamente com a inativação das enzimas e do fermento, permitindo a formação da crosta, desenvolvimento do aroma e gosto e melhor palatabilidade (OWENS, 2001).

Vitti (2001) exemplificou as etapas que ocorrem durante o cozimento do pão. Na primeira etapa de cocção, observa-se uma forte evaporação externa da massa, o

desenvolvimento da mesma e a aceleração de produção do gás carbônico até uma temperatura de 50-60 °C. A massa, no entanto, continua a desenvolver-se ainda, sob o impulso combinado de vapor d'água e de gás carbônico. A partir de 70 °C, ocorre a gelatinização do amido assim como a coagulação do glúten. Todos esses fatores marcam o fim do desenvolvimento da massa. Quando a evaporação da água diminui e sua temperatura aumenta, ocorre a formação da cor da crosta e o “flavor” do pão, sendo as melanoidinas responsáveis e resultantes da reação de Maillard.

Segundo Cauvain e Young (2009) a faixa retalhada da casca interna exposta, que se desenvolve durante o assamento nas bordas do pão e sobre a junção entre a casca superior e as cascas laterais, são designadas “expansão do pão no forneamento”. A expansão se ampliará com o aumento do volume no forno, também chamada de “salto de forno” e diminuirá com a dureza da casca. O salto do forno depende em grande medida do estado de fermentação da massa ao entrar no forno. Se a fermentação estiver quase completa, então o salto de forno será limitado. Se esse ponto não for atingido, então o salto do forno será maior, e haverá maior possibilidade de uma expansão excessiva.

#### **4.12.7. Resfriamento**

Os pães ao saírem do forno, estão excessivamente quentes e devem ser resfriados aproximadamente à temperatura ambiente, antes de serem submetidos ao fatiador (no caso de pão de forma) para posterior embalagem. O corte do pão quente pode causar deformação, enquanto que a embalagem do mesmo morno resulta em condensação da umidade, com o subsequente crescimento de fungos e outras deteriorações (VITTI, 2001).

Há dois mecanismos distintos envolvidos no resfriamento do pão. O primeiro é mediante a transmissão de calor, principalmente pela convecção para o ar circundante, mas também pela radiação e condução para a estrutura do resfriador. O segundo é por meio da evaporação, a umidade se evapora a partir da casca, da qual a energia para evaporar é extraída. Em geral, um pão de 800 g perderá de 20 à 25 g durante o resfriamento (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Disponível em: <[http://www.abip.org.br/perfil\\_internas.aspx?cod=35](http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=35)>, Acesso em: 04/julho, 2013.

ÁLVAREZ, C. L.; VALDIVIA, L. M.; ABURTO, J. M.; TECANTE, A. Chemical characterization of the lipid fraction of Mexican Chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **International Journal of Food Properties**. v.11, n.3, p.687 - 697, 2008.

ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.3, n.2, p.145-154, 2004.

AYERZA, R.; COATES, W. An  $\omega$ -3 fatty acid enriched chia diet: Influence on egg fatty acid composition, cholesterol and oil content. **Canadian Journal of Animal Science**, v.79, p.53–58, 1999.

AYERZA, R.; COATES, W. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. **Tropical Science**, v.44, n.3, p.131-135, 2004.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia: Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs**. EUA: The University of Arizona Press, Tucson, 2005. 2-10 p.

AYERZA, R.; COATES, W.; LAURIA, M. Chia seed (*Salvia hispanica* L) as an omega-3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. **Poultry Science**, v. 81, p. 826-837, 2002.

BARROS, L.; CRUZ, T.; BAPTISTA, P.; ESTEVINHO, L. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 2742-2747, 2008.

BORNEO, R.; AGUIRRE, A.; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispanica* L) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. **A Journal of the American Dietetic Association**. Research and Professional Briefs, p. 946-949, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL, J. A. **Efeito da adição de inulina sobre os parâmetros nutricionais, físicos e sensoriais do pão**. Dissertação de Mestrado em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

BUSHWAY, A. A.; BELYEA, P. R.; BUSHWAY, R. J. Chia seed as a source of oil, polysaccharide, and protein. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1349-1350, 1981.

CAPITANI, M. I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. **LWT – Food Science and Technology**, v. 45, p. 94-102, 2012.

CARVALHO, D. J. **Tecnologia de panificação e formulação de pré-misturas**. Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologia Granotec do Brasil S.A., 1999.

CASTRO-MARTINEZ, R., PRATT, D. E.; MILLER, E. E. **Natural antioxidants of chia seeds**. Proceedings of the World Conference on Emerging Technologies in the Fats and Oils Industry, edited by the American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois, USA, 1986, 392-396 p.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da panificação**. Editora Manole, 2ª Edição, Barueri, SP, 2009. 2p.

COATES, W.; AYERZA, R. Production potential of Chia in northwestern Argentina. **Industrial Crops and Products**, v. 5, p. 229-233, 1996.

CRAIG, R. Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole seed as novel food ingredient. **Food Standard Agency**, UK. Commission Decision 2009/827/EC Company Representative Mr. D. Armstrong, Northern Ireland, 2004.

CUNDIFF, D. K.; LANOU, A. J.; NIGG, C. R. Relation of omega-3 fatty acid intake to other dietary factors known to reduce coronary heart disease risk. **American Journal of Cardiology**, v. 99, p. 1230-1233, 2007.

De LOGERIL, M.; SALEN, P. Mediterranean diet and n-3 fatty acids in the prevention and treatment of cardiovascular disease. **Journal of Cardiovascular Medicine**, v. 8, p. 38-41, 2007.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutritional Reviews**, v.55, n. 1, p. 396-398, 1997.

DORMAN, H. J. D.; KOSAR, M.; KAHLOS, K.; HOLM, Y.; HILTUNEN, R. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, Hybrids, Varieties, and Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 16, p. 4563-4569, 2003.

DUNN, J. The Chia Company Seeks Entry into European Market. **AFN Thought for Food**. 2010. Disponível em: <<http://www.ausfoodnews.com.au/2010/02/08/the-chia-company-seeks-entry-into-european-market.html>>. Acesso: 15/jul, 2012.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. R. O. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: Uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães**. Brasília: EMBRAPA-SPI, v.2, 1994. 81 p.

EL-DASH, A.A.; MAZZARI, M.R.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães**. Brasília: EMBRAPA-CTAA, v.1, 1994. 42-88 p.

EL-HADY, E. A.; EL-SAMAHY, S. K.; SEIBEL, W.; BRÜMMER, J. M. Changes in gas production and retention in non-fermented frozen wheat doughs. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 4, p. 472-477, 1996.

FITCHETT, C. S.; FRAZIER, P. J. Action of oxidants and other improvers. In: **Chemistry and Physics of Baking**. BLANSHARD, J. M. V.; FRAZIER, P. J.; GALLIARD, T. (ed.) The Royal Society of Chemistry, London, 1987. 179-198 p.

GÉLINAS, P.; MCKINNON, C. M.; LUKOW, M.; TOWNLEY-SMITH, F. Rapid evaluation of frozen and fresh doughs involving stress conditions. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 73, n. 6, p. 767-769, 1996.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

GÔMES, J. A. H.; COLÍN, S. M. Caracterización morfológica de chia (*Salvia hispanica* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 31, n. 2, 2008.

GRISWOLD, R. M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1972. 469 p.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 9-14 p.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, L. M.; NETO, R. J. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 91-97, Campinas, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009 - Aquisição Alimentar Domiciliar Per Capita - Brasil e Grandes Regiões**. Rio de Janeiro, CD-ROM, 2010.

IXTAINA, V. Y., MARTÍNEZ, M. L., SPOTORNO, V., MATEO, C. M., MAESTRI, D. M., DIEHL, B. W. K. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition Analysis**, v. 24, n. 2, p. 166-174, 2011.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 28, p. 286 - 293, 2008.

IXTAINA, V. Y.; VEGA, A.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C.; GIMENO, M.; BÁRZANA, E.; TECANTE, A. Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.); characterization and process optimization. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 55, p. 192-199, 2010.

JUSTO, M. B.; ALFARO, A. D. C.; AGUILAR, E. C.; WROBEL, K.; WROBEL, K.; GUZMÁN, G. A.; SIERRA, Z. G.; ZANELLA, V. Da M. Desarrollo de pan integral con soya, chía, linaza y ácido fólico como alimento funcional para la mujer. **Archivos**

**Latinoamericanos de Nutricion**, Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, v. 57, n. 1, 2007.

KITZBERGER, C. S. G. **Obtenção de extrato de cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*) com CO<sub>2</sub> a alta pressão**. Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2005.

LIN, K. Y.; DANIEL, J. R.; WHISTLER, R. L. Structure of chia seed polysaccharide exudates. **Carbohydrate Polymers**, v. 23, n. 1, p. 13-18, 1994.

MENDONÇA, S. N. T. G. **Nutrição**. Curitiba: Livro técnico, 2010. 84-96 p.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos Funcionais e Nutraceuticos: Definições, Legislação e Benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.3, n.2, p.109-122, 2006.

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Livraria Varela, 1999. 97 p.

MUÑOZ, L. A.; AGUILERA, J. M.; RODRIGUEZ-TURIENZO, L.; COBOS, A.; DIAZ, O. Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 511-518, 2012.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, p. 95-111, 2004.

NEUMANN, Á. I. C. P.; ABREU, E. S.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutraceuticos. Você já ouviu falar? **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo, v. 14, n. 17, p. 19-23, 2000.

OLIVEIRA, M. S.; DORS, G. C.; SOUZA-SOARES, L. A.; BADIALE-FURLONG, E. Atividade antioxidante e antifúngica de extratos vegetais. **Revista Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 267-275, 2007.

OLIVOS-LUGO, B. L.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. Á.; TECANTE, A. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). **Food Science and Technology International**, v.16, n.1, p. 89-96, 2010.

ORNELLAS, L. H. **Técnica Dietética: Seleção e Preparo de Alimentos**. Editora Atheneu, 8ª Edição, São Paulo, 2007.

OWENS, W. G. **Cereals processing technology**. Cambridge: Woodhead Publishng., 2001. 256 p.

PACHECO M. T. B.; SGARBIERI, V. C. **Alimentos funcionais: conceituação e importância na saúde humana**. Instituto de Tecnologia de Alimentos ITAL, Campinas, 2001. 13073-001 p.

PIMENTEL, C. V. de M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. Editora Varela, São Paulo, 2005.

PIRES, R. P. Curso de extensão em tecnologia da panificação. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 1998.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R. S.; CAMPAGNOLLI, D. M. F.; VITTI, P.; LEITAO, R. F. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinha de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas, 3ª Edição, 1993. 54 p.

PRAKASH, A.; RIGELHOF, F.; MILLER, E. Antioxidant activity. **Medallion Labs**. Disponível em < [http://www.medlabs.com/downloads/antiox\\_acti\\_.pdf](http://www.medlabs.com/downloads/antiox_acti_.pdf) >. Acesso em 14 jan./2014.

PUIG, E. I.; HAROS, M. La chia em Europa: El nuevo ingrediente en productos de panadería. Artículos técnicos. **Alimentaria**, v. 420, p. 73-77, 2011.

PYLER, E. J. Baking science and technology. **Sosland Publishing Company**. Kansas, v. 1, p. 132-182, 1988.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. Zaragoza (Espanha): Acribia, 1991. 485 p.

REILLY, C. Too much of a good thing? The problem of trace element fortification of foods. **Trends in Food Science & Technology**. Cambridge, v. 7, p. 139-142, 1996.

RENDON-VILLALOBOS, R.; ORTIZ-SANCHEZ, A.; SOLORZA-FERIA, J.; TRUJILLO-HERNANDEZ, C.A. Formulation, physicochemical, nutritional and sensorial evaluation of

corn tortillas supplemented with chía seed (*Salvia hispanica* L.). **Czech Journal of Food Science**, v. 30, p.118-125, 2012.

RIBEIRO, C. M. A. **Panificação**. Editora Hotec, São Paulo, 2006.

RISPAIL, N., MORRIS, P.; WEBB, K. **Phenolic compounds: extraction and analysis**. In: Lotus Japonicus Handbook (edited by A. Márquez). Berlin: Springer, 2005. 349-354 p.

ROWLAND, I. Optimal nutrition: fibre and phytochemicals. **Proceedings of the Nutrition Society**. v. 58, p. 415-419, 1999.

RUPFLIN, D. I. A. Caracterización de la semilla del chan (*Salvia hispanica* L.) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente. **Revista 23 de la Universidad del Valle de Guatemala**, 2011.

SAHAGUN, B. **Historia general de las cosas de Nueva España**. Edición de AM Garibay. Editorial Porrúa, México D.F., México, 1989.

SANDERS, M.E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, Amsterdam, v. 8, p. 341-347, 1998.

SEGURA-CAMPOS, M. R.; SALAZAR-VEGA, I. M.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. A. Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. **Food Science and Technology**, v. 50, p. 723-731, 2013.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. — Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 2, p. 7-19, 1999.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Ed. Universidades/UFRGS/Ed. da UFSC, 2.ed., 2000.

STEAR, C. A. **Handbook of Breadmaking Technology**. London: Elsevier Applied Science, 1990.

TAIPINA, M. S.; FONTES, M. A. S.; COHEN, V. H. Alimentos funcionais – nutracêuticos. **Higiene Alimentar**, v. 16, n. 100, p. 28-29, 2002.

TAGA, M. S.; MILLER, E. E.; PRATT, D. E. Chia seeds as a source of natural lipids antioxidants. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, v. 61, p. 928-993, 1984.

TOMBINI, J. **Aproveitamento tecnológico da semente de chia (*Salvia Hispanica L.*) na formulação de barra alimentícia. Trabalho de conclusão de curso**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, 2013.

TOSCO, G. Os benefícios da “chia” em humanos e animais. **Atualidades Ornitológicas**. n. 119, p. 7, 2004.

UTPOTT, M. **Utilização da mucilagem da chia (*Salvia hispanica L.*) na substituição de gordura e/ou gema de ovo em maionese**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

VITTI, P. Pão. In: **Biotechnologia industrial**. São Paulo: Edgar Blücher, v. 4, cap. 13, 2001. 365-386p.

WEBER, C. W.; GENTRY, H. S.; KOHLHEPP, E. A.; MCCROHAN, P. R. The nutritional and chemical evaluation of chia seeds. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 26, p. 119-125, 1991.

**CAPÍTULO III**  
**Desenvolvimento do trabalho**

## DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido em testes preliminares e dois artigos:

1. Caracterização química de chia (*Salvia hispanica L.*) para utilização em produtos alimentares;
2. Efeito da incorporação de chia (*Salvia hispanica L.*) sobre a qualidade do pão.

**TESTES PRELIMINARES**

## Testes preliminares

### 1. INTRODUÇÃO

A nutrição e a alimentação estão relacionadas com a qualidade de vida e prevenção de doenças. As características físico-químicas e tecnológicas das matérias-primas e produtos processados são fatores importantes no planejamento, processamento, comercialização e consumo de produtos alimentícios. Sob os pontos de vista da nutrição e de saúde, o conhecimento da composição e funcionalidade dos alimentos forma o pilar da educação nutricional, adequando a ingestão de nutrientes ou componentes funcionais pelos indivíduos ou populações, visando à promoção e manutenção da saúde (DANTAS et al., 2005; LIMA et al., 2011).

Tecnicamente, reformulações de gorduras que excluem as saturadas e ao mesmo tempo preservem a estrutura, palatabilidade e minimizem efeitos indesejáveis à saúde exigem muitas vezes um aumento de custo, modificações importantes na indústria e nas formulações (TARRAGO-TRANI et al., 2003). Considerando estes fatores e o aumento da incidência e prevalência de obesidade e doenças cardiovasculares, torna-se uma importante medida de saúde pública melhorar a qualidade nutricional dos alimentos industrializados que fazem parte do hábito alimentar da população. Testes preliminares foram necessários para verificar se havia a possibilidade de exclusão total da gordura vegetal hidrogenada nos pães formulados com semente e farinha de chia em concentrações extremas, de 2 e 20%, utilizando a chia seca ou hidratada.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1. Matéria prima

Nas formulações foram utilizadas sementes de chia, da espécie *Salvia hispanica* L. cedida pela empresa Chá e Cia – Ervas Medicinais para chá, localizada em Jacareí, São Paulo. A matéria-prima utilizada para elaboração do pão foi a farinha de trigo cedida pelo Moinhos Galópolis S.A. localizado na cidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul. Alguns ingredientes utilizados para a produção do pão, como gordura vegetal hidrogenada, cloreto de sódio, sacarose foram adquiridos no comércio local. Foram utilizados também aditivos, como ácido ascórbico P.A. (Synth), e o coadjuvante de fabricação, fermento biológico (Fleischmann, seco instantâneo). Foram removidos das sementes os galhos, ocasionalmente encontrados, com o

auxílio de uma pinça. Para obtenção da farinha integral de chia, a semente de chia foi moída (Arno, modelo PL pic-liq) e peneirada na granulometria de 16 mesh, acondicionada em recipientes de plástico e mantida resfriada a 4 °C até a realização dos testes.

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Elaboração e formulação dos pães

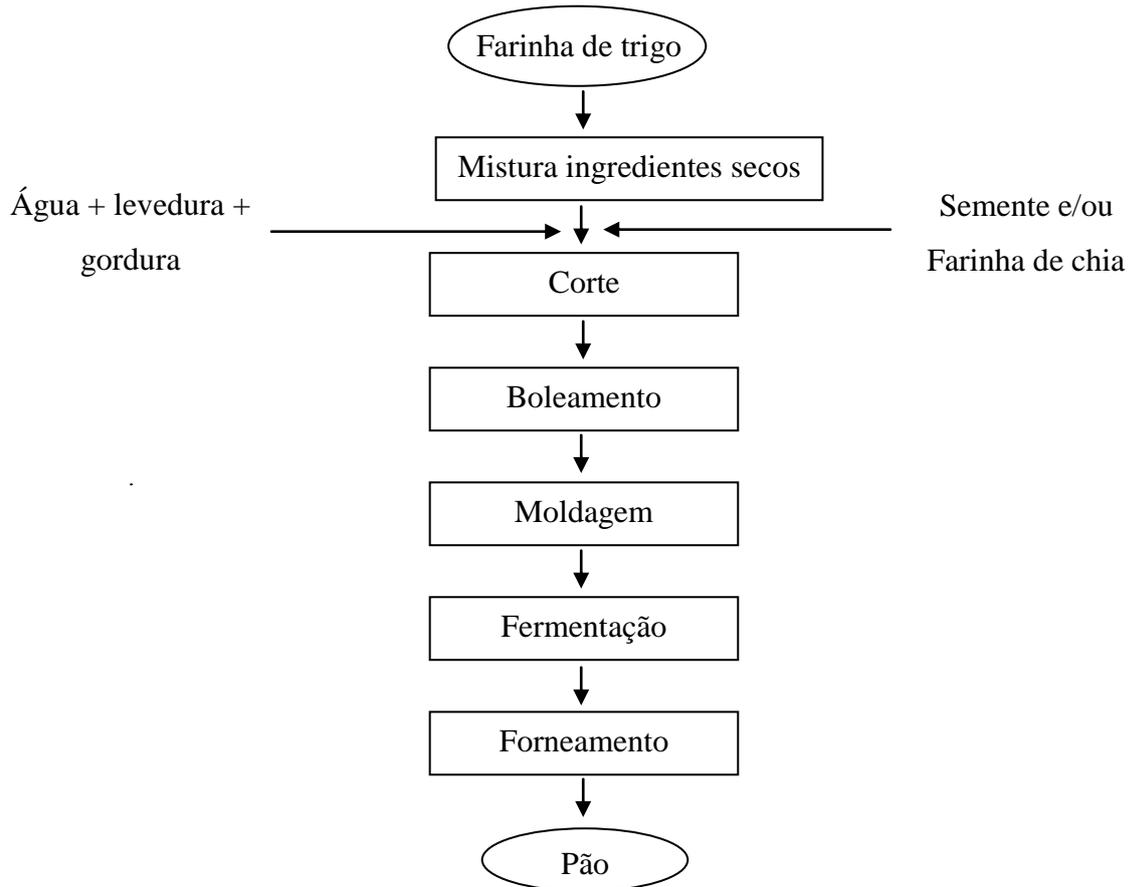
O método de massa direta (Figura 3) foi utilizado para elaboração dos pães. Foram avaliadas 14 formulações apresentadas na Tabela 3. A semente/farinha foi hidratada com 15% de água por 10 min. Utilizou-se pão feito com 100% de farinha de trigo (controle) com 0 e 3% de gordura. Esta formulação seguiu a utilizada por El-Dash (1978), com modificações. O fermento biológico fresco foi substituído proporcionalmente pelo fermento biológico seco.

**Tabela 3** - Formulações dos pães desenvolvidos nos testes preliminares\*.

Ingredientes	Controle	Controle	SS/SH/FS/	SS/SH/FS/	SHsG/	SHsG/
		sG	FH 2%	FH 20%	FHsG	FHsG
					2%	20%
Farinha de trigo	100	100	98	80	98	80
Chia	-	-	2	20	2	20
Cloreto de sódio	2	2	2	2	2	2
Sacarose	5	5	5	5	5	5
Fermento biológico seco	3	3	3	3	3	3
Ácido ascórbico	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Água	57-60	57-60	57-60	57-60	57-60	57-60
Gordura	3	-	3	3	-	-

\*Adaptado de El-Dash (1978); Controle sG: pão controle (farinha de trigo) sem gordura, SS: pão adicionado de semente de chia seca, SH: pão adicionado de semente de chia hidratada, SHsG: pão adicionado de semente de chia hidratada sem gordura, FS: pão adicionado de farinha de chia seca, FH: pão adicionado de farinha de chia hidratada, FHsG: pão adicionado de farinha de chia hidratada sem gordura.

**Figura 3** - Fluxograma de elaboração do pão pelo método de massa direta.



Pelo método de massa direta, inicialmente foram misturados os ingredientes secos (farinha de trigo, cloreto de sódio, sacarose e ácido ascórbico) em uma batedeira planetária (KitchenAid) a velocidade baixa durante 3 min. Nas formulações com adição de chia, esta foi adicionada após a mistura dos ingredientes secos, sendo esta hidratada (com 15% da água utilizada na formulação durante 10 min) ou seca, a velocidade baixa durante 1 min. Após, foi adicionada água, gordura e fermento biológico misturando-se por 6 min ou até a obtenção de uma massa consistente deixando em descanso por 10 min, e realizou-se o corte da massa em pedaços de 165 g, sendo estes posteriormente boleados e moldados com rolo de madeira até formar bisnagas. As massas moldadas foram levadas a estufa de fermentação, onde permaneceram a 30 °C, durante 90 min. A seguir, os pães foram forneados em forno elétrico a 220 °C por 20 min. Uma hora após o forneamento foram realizadas as avaliações tecnológicas.

### 2.2.2. Avaliação física

Em relação às propriedades físicas foram verificados a massa da massa crua e do pão. As perdas na cocção (% PC) foram calculadas conforme Equação (1).

$$PC (\%) = \frac{M_{\text{massa}} - M_{\text{pão}}}{M_{\text{massa}}} \quad (1)$$

Onde  $M_{\text{massa}}$  corresponde a massa da massa e  $M_{\text{pão}}$  corresponde a massa do pão.

### 2.2.3. Avaliação tecnológica

#### 2.2.3.1. Volume específico

O volume específico (VE) (mL/g) foi obtido pela razão entre o volume aparente (mL), realizado por deslocamento de sementes de painço segundo Pizzinatto et al. (1993) e a massa (g) após o forneamento.

#### 2.2.3.2. Dureza do miolo

A dureza do miolo do pão foi medida no pão fresco, após 1h de forneamento, e realizadas em texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, UK). Para esta análise, os pães foram fatiados com faca elétrica. O teste foi realizado segundo metodologia da AACCC 2000 (74-09.01) que consiste em comprimir duas fatias de 25 mm de espessura no centro da plataforma do Analisador de Textura, com probe cilíndrico de 36 mm de diâmetro nas seguintes condições de trabalho:

Velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s

Velocidade de teste: 1,7 mm/s

Velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s

Compressão: 40%

Trigger force: 5 g

#### 2.2.3.3. Cor do miolo

As análises do miolo dos pães foram realizadas em colorímetro marca Minolta®, modelo CR400 (MINOLTA, 1993). O experimento seguiu o sistema de pães no espaço  $L^*a^*b^*$  (ou CIE  $L^*a^*b^*$ ), definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores  $L^*$  (luminosidade), e  $a^*$  e  $b^*$  (coordenadas de cromaticidade).

#### **2.2.4. Tratamento de dados**

Os valores foram comparados através de análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas foram comparadas através de teste de Tukey, com 95% de significância estatística ( $\alpha$ ),  $p < 0,05$ , utilizando o software Statistica 5.0. Todas as análises, exceto perfil de ácidos graxos e compostos fenólicos, foram realizadas em triplicata.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos testes preliminares, cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, para determinar se a chia utilizada no decorrer do trabalho seria seca ou hidratada e se haveria a possibilidade da exclusão ou redução da gordura vegetal hidrogenada adicionada aos pães na menor (2%) e maior (20%) concentração de chia estudada, as formulações que obtiveram os melhores resultados ( $p < 0,05$ ) foram com semente e farinha de chia hidratadas. Foram testadas concentrações extremas de chia para verificar o comportamento da adição desta nos pães.

**Tabela 4** - Parâmetros tecnológicos de pães elaborados com 2% de semente e farinha de chia em base farinha de trigo.

Testes*	Perdas na cocção (%)	Volume específico (mL/g)	Dureza 1h de fornemento (g)	L*	Cor Miolo	
					a*	b*
Controle	13,13 ± 0,43 <sup>a,b,c</sup>	3,13 ± 0,07 <sup>a</sup>	36,17 ± 0,48 <sup>d</sup>	71,93 ± 0,98 <sup>a</sup>	-1,13 ± 0,06 <sup>e</sup>	15,73 ± 1,12 <sup>a,b,c</sup>
Controle sG	13,41 ± 0,19 <sup>a,b</sup>	2,35 ± 0,06 <sup>c</sup>	73,37 ± 11,23 <sup>b,c</sup>	70,39 ± 1,24 <sup>a,b</sup>	-0,25 ± 0,06 <sup>b,c</sup>	17,29 ± 0,09 <sup>a</sup>
SS	14,22 ± 0,30 <sup>a</sup>	2,83 ± 0,08 <sup>b</sup>	467,76 ± 23,96 <sup>a</sup>	69,47 ± 0,68 <sup>a,b</sup>	-0,85 ± 0,01 <sup>d</sup>	15,36 ± 0,55 <sup>b,c</sup>
SH	12,08 ± 0,50 <sup>b,c,d</sup>	2,88 ± 0,07 <sup>b</sup>	43,77 ± 2,33 <sup>d</sup>	68,27 ± 2,42 <sup>b,c</sup>	-0,95 ± 0,09 <sup>d,e</sup>	15,21 ± 0,28 <sup>b,c</sup>
SHsG	10,87 ± 0,81 <sup>d</sup>	2,25 ± 0,05 <sup>c</sup>	79,97 ± 4,21 <sup>b</sup>	69,30 ± 1,19 <sup>a,b</sup>	-0,80 ± 0,11 <sup>d</sup>	16,92 ± 0,54 <sup>a,b</sup>
FS	11,90 ± 0,52 <sup>c,d</sup>	2,71 ± 0,07 <sup>b</sup>	52,19 ± 2,47 <sup>d</sup>	67,38 ± 1,27 <sup>b,c</sup>	-0,41 ± 0,04 <sup>c</sup>	15,01 ± 0,94 <sup>c</sup>
FH	13,68 ± 0,29 <sup>a</sup>	2,85 ± 0,05 <sup>b</sup>	50,94 ± 3,53 <sup>c,d</sup>	65,41 ± 1,17 <sup>c</sup>	0,00 ± 0,08 <sup>a</sup>	15,71 ± 0,39 <sup>a,b,c</sup>
FHsG	11,90 ± 0,60 <sup>c,d</sup>	2,33 ± 0,01 <sup>c</sup>	86,64 ± 3,31 <sup>b</sup>	67,00 ± 0,26 <sup>b,c</sup>	-0,07 ± 0,09 <sup>a,b</sup>	15,03 ± 0,51 <sup>c</sup>

(1) Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. Em uma mesma coluna, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*Controle sG: pão controle (farinha de trigo) sem gordura, SS: pão adicionado de semente de chia seca, SH: pão adicionado de semente de chia hidratada, SHsG: pão adicionado de semente de chia hidratada sem gordura, FS: pão adicionado de farinha de chia seca, FH: pão adicionado de farinha de chia hidratada, FHsG: pão adicionado de farinha de chia hidratada sem gordura.

**Tabela 5** - Parâmetros tecnológicos de pães elaborados com 20% de semente e farinha de chia em base farinha de trigo.

Testes*	Perdas na cocção (%)	Volume específico (mL/g)	Dureza 1h de fornemento (g)	L*	Cor Miolo	
					a*	b*
Controle	13,13 ± 0,43 <sup>a,b</sup>	3,13 ± 0,07 <sup>a</sup>	36,17 ± 0,48 <sup>f</sup>	71,93 ± 0,98 <sup>a</sup>	-1,13 ± 0,06 <sup>d</sup>	15,73 ± 0,116 <sup>a,b</sup>
Controle sG	13,41 ± 0,19 <sup>a</sup>	2,35 ± 0,06 <sup>b</sup>	73,37 ± 11,23 <sup>e</sup>	70,39 ± 1,24 <sup>a</sup>	-0,25 ± 0,06 <sup>c</sup>	17,29 ± 0,088 <sup>a</sup>
SS	13,16 ± 0,18 <sup>a,b</sup>	1,93 ± 0,14 <sup>c,d</sup>	1374,05 ± 350,31 <sup>a</sup>	64,67 ± 1,06 <sup>b</sup>	0,14 ± 0,07 <sup>b,c</sup>	13,76 ± 0,726 <sup>b,c</sup>
SH	11,58 ± 1,06 <sup>b,c</sup>	2,12 ± 0,09 <sup>c</sup>	97,25 ± 12,31 <sup>c,d,e</sup>	64,59 ± 1,14 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,36 <sup>b,c</sup>	14,00 ± 1,150 <sup>b,c</sup>
SHsG	10,67 ± 0,80 <sup>c,d</sup>	1,90 ± 0,08 <sup>c,d</sup>	108,67 ± 8,73 <sup>b,c,d</sup>	63,41 ± 2,95 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,27 <sup>b</sup>	13,03 ± 0,832 <sup>c</sup>
FS	9,78 ± 0,53 <sup>d</sup>	1,94 ± 0,02 <sup>c,d</sup>	116,13 ± 8,94 <sup>b,c</sup>	56,68 ± 1,82 <sup>c</sup>	2,41 ± 0,27 <sup>a</sup>	14,98 ± 0,473 <sup>b,c</sup>
FH	11,98 ± 0,64 <sup>a,b,c</sup>	2,04 ± 0,04 <sup>c,d</sup>	84,90 ± 11,17 <sup>d,e</sup>	55,71 ± 0,48 <sup>c</sup>	2,30 ± 0,08 <sup>a</sup>	14,17 ± 0,296 <sup>b,c</sup>
FHsG	10,82 ± 0,19 <sup>c,d</sup>	1,83 ± 0,06 <sup>d</sup>	133,70 ± 4,25 <sup>b</sup>	56,88 ± 1,13 <sup>c</sup>	2,23 ± 0,29 <sup>a</sup>	13,93 ± 0,666 <sup>b,c</sup>

(1) Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. Em uma mesma coluna, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*Controle Sg: pão controle (farinha de trigo) sem gordura, SS: pão adicionado de semente de chia seca, SH: pão adicionado de semente de chia hidratada, SHsG: pão adicionado de semente de chia hidratada sem gordura, FS: pão adicionado de farinha de chia seca, FH: pão adicionado de farinha de chia hidratada, FHsG: pão adicionado de farinha de chia hidratada sem gordura.

Para a resposta perdas na cocção, nas menores e maiores concentrações de chia, a semente hidratada apresentou valores menores ( $p < 0,05$ ) que a seca e não teve diferença significativa comparando com o pão controle. Para a farinha de chia seca obteve-se valores menores em ambas as concentrações, entretanto, a farinha hidratada foi semelhante ao pão controle. A chia, como tem uma maior capacidade de absorção de água, apresenta um maior rendimento da massa quando adicionada em pães. O mesmo efeito foi verificado por Mohammadi et al. (2013) estudando a adição de xantana em pães.

Em relação ao VE, obtiveram-se valores maiores quando foi adicionada menor concentração de chia. Nos pães desenvolvidos sem gordura em menores concentrações de chia, obteve-se menores valores comparados aos pães adicionados de gordura. Nos pães adicionados de maior concentração de chia, não teve diferença significativa em relação à semente e farinha hidratada e seca e os pães adicionados de chia sem gordura obtiveram menores valores que o pão controle sem gordura, comprovando que a chia afeta o desenvolvimento e crescimento da massa, ou seja, quanto maior o teor de chia na formulação em substituição à farinha de trigo menor é o valor de VE. Pizarro et al. (2013) também verificaram que a adição de farinha de chia em bolos diminuiu o volume específico comparado ao controle.

Uma característica importante nas formulações estudadas de semente hidratada e seca é a dureza. Já que, esta, é um dos parâmetros tecnológicos mais importantes e está relacionada com a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, avaliada por texturômetros mecânicos (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004) e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos. A força máxima avaliada para produtos panificados é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem). Para a resposta dureza não houve diferença significativa entre os resultados de todos os pães formulados sem gordura nas menores concentrações de chia. Independente das concentrações de chia, a semente hidratada apresentou valores menores ( $p < 0,05$ ) que a seca, porém não teve diferença significativa comparando com o controle na menor concentração. Nos pães desenvolvidos com 20% de chia, a farinha hidratada obteve menores valores ( $p < 0,05$ ) que a seca.

Os pães adicionados de 2% de farinha de chia sem gordura na formulação foi semelhante ( $p < 0,05$ ) ao controle para perda de cocção e obteve uma menor perda de cocção

comparado ao pão controle sem gordura, havendo a possibilidade da redução do teor de gordura adicionada nas formulações de pão de chia. Outros autores estudaram a substituição de gordura em formulações por outros ingredientes. Clareto, Nelson e Pereira (2006) utilizaram o concentrado protéico como um substituto de gordura na qualidade do pão de queijo acarretando um decréscimo substancial no teor lipídico e redução calórica superior a 25%. Borneo, Aguirre e León (2010) demonstraram que a substituição de ovos ou óleo da formulação de bolo por gel de chia até um nível de 25% manteve as características funcionais e sensoriais do produto.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir destes resultados conclui-se que tanto a semente como a farinha de chia devem ser hidratadas antes de serem adicionadas nas formulações de pães e haveria a possibilidade de redução do teor de gordura vegetal hidrogenada nos pães não afetando significativamente as suas características tecnológicas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC. 10<sup>th</sup> edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

BORNEO, R.; AGUIRRE, A.; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispanica L*) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. **A Journal of the American Dietetic Association**. Research and Professional Briefs, p. 946-949, 2010.

CLARETO, S. S.; NELSON, D. L.; PEREIRA, A. J. G. Influence of a Protein Concentrate Used as a Fat Substitute on the Quality of Cheese Bread. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 6, p. 1019-1025, 2006.

DANTAS, M. I. S.; DELIZA, R.; MINIM, V. P. R.; HEDDERLEY, D. Avaliação da intenção de compra de couve minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.762-767, dez. 2005.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v.55, n.4, p.436-446, 1978.

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, p.383-393, 2004.

LIMA, D. M.; PADOVANI, R. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FARFÁN, J. A.; NONATO, C. T.; DE LIMA, M. T. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. NEPA/UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011, 161 p.

MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Minolta, Minolta Camera Co, Osaka, Japan, 1993. 13p.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R. S.; CAMPAGNOLLI, D. M. F.; VITTI, P.; LEITAO, R. F. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinha de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas, 3ª Edição, 1993. 54p.

TARRAGO-TRANI, M. T.; PHULLIPS, K. M.; LEMAR, L. E.; HOLDEN, J. M. New and existing oils fats used in products with reduced trans-fatty acid content. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, p. 867-880, 2003.

**ARTIGO 1**  
**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE CHIA (*Salvia hispanica L.*) PARA UTILIZAÇÃO**  
**EM PRODUTOS ALIMENTARES**

## Caracterização química de chia (*Salvia hispanica L.*) para utilização em produtos alimentares

### RESUMO

A chia é uma semente nativa da região do México que se estende ao norte da Guatemala e vem sendo alvo de estudos para enriquecimento de alimentos. Muitos dos novos alimentos desenvolvidos contêm compostos funcionais bioativos incluindo fibras alimentares, antioxidantes e outras substâncias que conferem propriedades funcionais ou efeitos benéficos de prevenção à saúde. O objetivo deste estudo foi caracterizar a semente de chia (*Salvia hispanica L*) visando comprovar as suas propriedades de alegação funcional. A semente de chia apresentou elevado teor de lipídios (34,4%) sendo ricos em ômega-3, ômega-6 e ômega-9 correspondendo a 62, 17,4 e 10,5% do total de lipídios, respectivamente, assim como, fibras (23,7%) e proteínas (19,6%). Seus compostos fenólicos ( $32,35 \mu\text{g}_{\text{GAE}} \cdot \text{mL}_{\text{extrato}}^{-1}$ ) apresentaram atividade antioxidante. Assim, a chia pode ser considerada um alimento funcional já que apresenta alto teor de compostos fenólicos, ácidos graxos poliinsaturados, especialmente  $\omega$ -3 (mínimo  $0,1 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e fibras (maior que  $3 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ).

**Palavras-chave:** alimento funcional, antioxidantes, Ômega-3, *Salvia hispanica L.*

### ABSTRACT

Chia is a native seed of Mexico region that extends to north of Guatemala and has been the target of studies for enrichment of foods. Many of the new developed functional foods contain bioactive compounds including dietary fiber, antioxidants and other substances that confer functional properties or beneficial effects of health prevention. The aim of this study was to characterize the chia seed (*Salvia hispanica L*) aiming to prove their allegation of functional properties. The chia seed showed high level of lipids (34.4%) being rich in omega-3, omega-6 and omega-9 corresponding to 62, 17.4 and 10.5% of the total lipid, respectively, as well as, fibers (23.7%) and proteins (19.6%). Its phenolic compounds ( $32.35 \mu \text{ g}_{\text{GAE}} \cdot \text{mL}_{\text{extrato}}^{-1}$ ) showed antioxidant activity. So, the chia can be considered a functional food that already has high content of phenolic compounds, polyunsaturated fatty acids, especially the  $\omega$ -3 (minimum  $0.1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) and fiber (greater than  $3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

**Keywords:** antioxidants, functional food, Omega-3, *Salvia hispanica L.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais receberam forte atenção nos últimos anos devido à mudança de estilo de vida saudável. O termo funcional é usado para referir-se a um alimento, semelhante ao convencional, que é consumido como parte da dieta habitual e que fornece benefícios fisiológicos ou reduz o risco de doenças crônicas além das funções nutricionais básicas (SHAHIDI, 2009). Muitos dos novos alimentos contêm compostos funcionais bioativos incluindo fibras alimentares, prebióticos, probióticos, oligossacarídeos, fitoquímicos, antioxidantes, e outras substâncias que conferem propriedades funcionais ou efeitos benéficos de prevenção à saúde do homem (PACHECO; SGARBIERI, 2001). Os alimentos funcionais se caracterizam por oferecer benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, podendo desempenhar um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas (AL-SHERAJI et al., 2013). Alimentos funcionais importantes e que necessitam ser consumidos diariamente são as frutas, hortaliças, legumes e grãos, que, de modo geral, proporcionam ao organismo um elevado aporte de vitaminas, minerais, fitoquímicos (antioxidantes e anticarcinogênicos) e fibras essenciais para o bom funcionamento do organismo e para a manutenção da saúde (ROWLAND, 1999; SGARBIERI, PACHECO, 1999).

A procura de novos alimentos é uma prática relevante em todo o mundo. A *Salvia hispanica L.*, também conhecida como chia, é uma planta herbácea, da família *Labiatae*, divisão *Spermatophyta* e reino *Plantae* (ALI et al., 2012). A chia é nativa da região do México, que se estende ao norte da Guatemala. Suas sementes foram amplamente usadas pelas tribos astecas, principalmente como alimento e medicamento e também para a fabricação de tintas (COATES; AYERZA, 1996). A chia contém uma quantidade significativa de lipídios (cerca de 40% do peso total da semente), quase 60%, como ômega-3 ( $\omega$ -3) e também fibra dietética (mais de 30% do peso total), ambos componentes importantes da dieta humana, e cerca de 19% de proteínas de elevado valor biológico (IXTAINA et al., 2011). Os ácidos graxos insaturados  $\omega$ -3 são nutricionalmente importantes para uma boa saúde e são benéficos para os indivíduos que sofrem de doenças coronárias, diabetes e distúrbios de resposta imune (DJORDJEVIC, McCLEMENTS, DECKER, 2004; McCLEMENTS, DECKER, WEISS, 2007).

Os antioxidantes naturais protegem o corpo humano contra os radicais livres e retardam o progresso de muitas doenças crônicas, bem como evitam a oxidação lipídica em alimentos (ZHENG; WANG, 2001). Os compostos fenólicos são reconhecidos como

importantes componentes de muitas plantas comestíveis, incluindo a soja, canola, linhaça e azeitona que são usadas como alimentos ou fontes de ingredientes alimentares (ALU'DATT et al., 2013). Os antioxidantes sintéticos são amplamente utilizados e eficazes, no entanto, eles apresentam diferentes problemas toxicológicos (AMAROWICZ; NACZK; SHAHIDI, 2000). A legislação sobre segurança alimentar tornou-se progressivamente mais rigorosa, exigindo a utilização de ensaios de toxicidade para antioxidantes sintéticos. Adicionalmente, há uma tendência dos consumidores de utilizarem produtos naturais como antioxidantes, já que estes são vistos como seguros e não requerem teste prévio (MASON; SCAMMON; FANG, 2007). As sementes de chia são promissoras como fonte de antioxidantes, devido à presença de polifenóis, ácidos clorogênico e caféico, seguido por miricetina, quercetina e kaempferol (IXTAINA et al., 2011; REYES-CAUDILLO, TECANTE, VALDIVIA-LÓPEZ, 2008) que protegem os consumidores contra algumas condições adversas, tais como proteção contra doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (AYERZA, COATES, 2004; CRAIG, 2004). O objetivo deste estudo foi caracterizar a semente de chia (*Salvia hispanica L*) visando comprovar as suas propriedades de alegação funcional.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Matéria-prima**

A semente de chia, *Salvia hispanica L.* foi cedida pela empresa Chá e Cia – Ervas Medicinais para chá, localizada em Jacareí, São Paulo. Os galhos, ocasionalmente encontrados, foram removidos das sementes com o auxílio de uma pinça. As sementes de chia selecionadas foram moídas em triturador de facas duplas (Arno, modelo PL pic-liq) e peneirada na granulometria de 16 mesh, acondicionadas em recipientes de plástico e mantidas resfriadas a 4°C até a sua utilização.

### **2.2. Métodos**

#### **2.2.1. Composição proximal, valor calórico e capacidade de retenção de água (CRA) de sementes de chia (*Salvia hispanica L.*)**

O teor de umidade (método nº 935.29), cinzas (método nº 923.03), proteínas (método de micro-Kjeldahl, nº 920.87) e fibra dietética total (método nº 985.29) foram determinados de acordo com a Association of Official Analytical Chemists International – AOAC (2000). O

teor de lipídios (método nº 954.02) foi determinado por hidrólise ácida segundo a AOAC (1995). O conteúdo de carboidratos foi obtido por diferença.

O valor calórico das amostras foi calculado de acordo com os coeficientes de Atwater (WATT; MERRILL, 1963), a partir dos coeficientes calóricos correspondentes para proteínas, carboidratos e lipídios de acordo com a Equação (1).

$$\text{Valor calórico (kcal/100g)} = (\text{g de proteína} \times 4) + (\text{g de lipídios} \times 9) + (\text{g de carboidratos} \times 4) \quad (1)$$

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada segundo Regenstein, Gorimar e Sherbon (1979).

### **2.2.2. Perfil de ácidos graxos de sementes de chia (*Salvia hispanica L.*)**

A extração do óleo da semente de chia foi realizada pelo método de hidrólise ácida (AOAC, 2005). A transformação em ésteres metílicos e a composição de ácidos graxos foram determinadas segundo a AOAC (2005) utilizando cromatógrafo Thermo, modelo Focus GC, detector FID.

As condições cromatográficas utilizadas foram temperatura inicial da coluna igual a 100 °C por 4 min, temperatura final da coluna a 240 °C com velocidade de 3 °C.min<sup>-1</sup>. A temperatura do injetor foi de 225 °C, e a do detector 285 °C. O gás de arraste usado foi o hélio utilizando uma coluna capilar SP2560 100 m x 0,25 mm. Os resultados foram expressos em g de ácidos graxos por 100 g de lipídios totais.

### **2.2.3. Extração e quantificação dos compostos fenólicos de sementes de chia (*Salvia hispanica L.*)**

A extração e quantificação dos compostos fenólicos foi realizada segundo Badiale-Furlong et al. (2003) com modificações, obtida através de 5 g de amostra com 40 mL de metanol sob agitação horizontal (5 x g) durante 2 h a 25 °C, sendo posteriormente interrompida por 15 min, e reiniciada a agitação (1 h) depois de acrescentado 10 mL de metanol. O extrato foi filtrado e lavado três vezes com hexano. Em seguida, foi clarificado com hidróxido de bário 0,1M e sulfato de zinco 5% e após 20 min de repouso, foi filtrado e o volume aferido a 50 mL com metanol.

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada por espectrometria utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. Alíquotas de 0,5 mL dos extratos fenólicos foram adicionadas a tubos de ensaio juntamente com 0,5 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionados 4,5 mL da solução alcalina ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  4%,  $\text{CuSO}_4$  2% e tartarato duplo de sódio e potássio 4% na proporção 100:1:1). Os tubos permaneceram em repouso por 15 min em banho-maria a 40°C. Posteriormente foram adicionados 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (diluído 1:2 em água destilada), deixando em repouso por um intervalo de 10 min, e medida a absorbância em comprimento de onda de 750 nm em espectrofotômetro (IONLAB, modelo IL-592). Para a quantificação, uma curva de calibração utilizando ácido gálico (GAE) em concentrações de 0 a 20  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  foi utilizada.

#### **2.2.4. Perfil de compostos fenólicos de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.)**

Os padrões cromatográficos para a determinação de compostos fenólicos (ácido cinâmico, ácido clorogênico, ácido cafeico e quercetina) foram obtidos da Sigma Chemicals Co. (St. Louis, MO) com 99% de pureza. Foi utilizado um sistema Milli-Q da Millipore (Bedford, USA) para purificar a água utilizada para o preparo da fase móvel. Uma membrana filtrante com poros de 0,22  $\mu\text{m}$ , da Millipore foi utilizado.

Para a separação, identificação e quantificação cromatográfica dos compostos fenólicos do extrato de chia, foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência (HPLC) para determinação da quercetina composto por bomba binária, detector de UV-VIS, injetor com loop de 50  $\mu\text{L}$  e coluna C18 100Å, 250x4.6 mm; 5 $\mu\text{m}$ . Para os padrões ácido clorogênico, cinâmico e caféico foi utilizado um cromatógrafo líquido de ultra eficiência (UPLC) composto por bomba binária, detector PDA, injetor com loop de 3  $\mu\text{L}$  e coluna C18 – 2,1x50 mm, 1,7 $\mu\text{m}$  (Acquiy UPLC BEH – Waters).

A eluição foi realizada com fase móvel em gradiente de solução aquosa de ácido acético (0,5%, v/v) e água, ácido acético e butanol (350:1:10, v/v) e solução aquosa de ácido fosfórico 0,1%, metanol 0,1% e metanol que variou conforme descrito nas Tabelas 6 e 7 com vazão de 0,45 e 1,0  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , perfazendo um tempo total de corrida de 10 e 50 min, e volume injetado foi de 3 e 5  $\mu\text{L}$ , respectivamente.

**Tabela 6** - Gradiente de eluição dos solventes para separação de compostos fenólicos (ácido clorogênico, cinâmico e caféico) em sementes de chia (*Salvia hispanica* L.).

Intervalo de Tempo (min)	Ácido acético (%)	Água/Ácido acético/Butanol (350:1:10) (%)
0,0 – 0,4	10	90
2,4 – 3,4	5	95
3,5 – 4,5	1	99
4,8 – 4,9	5	95
8,0 – 10,0	10	90

**Tabela 7** - Gradiente de eluição dos solventes para separação de compostos fenólicos (quercetina) em sementes de chia (*Salvia hispanica* L.).

Intervalo de Tempo (min)	Ácido fosfórico/Metanol (%)	Metanol (%)
0,0	78	22
33,0	0	100
40,0 – 50,0	78	22

Para identificar os compostos na mistura (ácido clorogênico, cinâmico e caféico) foi utilizada a comparação dos tempos de retenção e dos espectros dos picos das amostras com os padrões. Cada padrão estudado foi analisado individualmente, para obtenção dos seus tempos de retenção e das suas curvas determinadas no UV, e posteriormente reunidos, para comporem a mistura de padrões empregada para a quantificação.

As curvas analíticas e linearidade da resposta do detector UV-Visível para os compostos fenólicos foram avaliadas pela construção da curva analítica através da injeção de um total de cinco soluções padrão para os níveis de concentração entre 0,8 e 20 mg.Kg<sup>-1</sup> para os ácidos clorogênico, caféico, cinâmico e a quercetina. Os limites de quantificação e detecção obtidos foram, respectivamente: 3,0 mg.kg<sup>-1</sup> e 1,5 mg.kg<sup>-1</sup> para ácido clorogênico e caféico, 15,0 mg.kg<sup>-1</sup> e 5,0 mg.kg<sup>-1</sup> para o ácido cinâmico e 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> e 0,04 mg.kg<sup>-1</sup> para quercetina. O teor de glicosídeos fenólicos foi obtido por diferença já que a hidrólise é indicada a fim de quantificar e verificar a biodisponibilidade destes compostos (MACEDO et al., 2011).

## 2.2.5. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.)

### 2.2.5.1. Capacidade de seqüestro do radical livre 2,2-difenil-1-picrilidrazila (DPPH)

Foi monitorado o consumo do radical livre DPPH pelo extrato fenólico de chia e pelo controle equivalente ácido gálico (GAE) de acordo com o procedimento descrito por Herrero et al. (2005) com modificações, através da determinação do decréscimo da unidade de absorvância (UA) nas soluções contendo os extratos fenólicos. As medidas foram realizadas em espectrofotômetro (IONLAB, modelo IL-592) no comprimento de onda de 515 nm. Aos tubos contendo 3,0 mL da solução metanólica de DPPH ( $5,2 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>) foram adicionados 1 mL dos extratos fenólicos/controle. Para o branco foi utilizado 1 mL de metanol em substituição aos extratos fenólicos. A mistura reativa permaneceu a temperatura ambiente, sem a incidência de luz e a mudança de cor violeta para amarela foi medida após 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 min de reação. A solução de DPPH foi preparada no dia e estocada em frascos âmbar cobertos com folhas de alumínio, mantidas no escuro a 4°C até o momento das determinações.

A capacidade de sequestrar o radical livre foi expressa como percentual de inibição de oxidação do radical, e calculado conforme Equação (2).

$$\% \text{ Inibição} = \frac{UA_{\text{branco}} - UA_{\text{amostra}}}{UA_{\text{branco}}} \times 100\% \quad (2)$$

Onde  $UA_{\text{branco}}$  corresponde as unidades de absorvância do branco,  $UA_{\text{amostra}}$  corresponde as unidades de absorvância da amostra.

### 2.2.5.2. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente

A peroxidase empregada foi extraída de batata rosa (*Solanum tuberosum*). O extrato enzimático foi obtido de 20 g de polpa de batata homogeneizada com 100 mL de solução tampão fosfato pH 6,5 (20 mM) sob agitação em blender por 3 min. O homogeneizado foi centrifugado a 3220 x g a 4°C, por 10 min, e filtrado. O extrato bruto (sobrenadante) foi mantido a aproximadamente 4°C, para posterior utilização como fonte de peroxidase (OLIVEIRA et al., 2007).

A reação enzimática de escurecimento dos compostos fenólicos da chia e do controle (GAE) foi realizada a 30°C em pH 6,5 utilizando-se guaiacol 1% como substrato em presença de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 0,08% segundo Oliveira et al. (2007). Os extratos fenólicos/controle (1 mL) foram adicionados como inibidores da reação e no branco o volume de extrato fenólico foi substituído por água destilada. Após, adicionados de 1,5 mL de tampão fosfato pH 6,5, 1 mL de água destilada, 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,08%, 0,5 mL de guaiacol 1% e 1 mL de extrato enzimático de peroxidase. Os tubos foram agitados e em seguida a absorvância medida a 470 nm em um espectrofotômetro IONLAB modelo IL-592 nos tempos 5, 10, 15, 20, 30 e 40 min. A atividade antioxidante foi expressa como o percentual de inibição da reação de escurecimento, em relação ao controle de acordo com a Equação (2).

#### **2.2.6. Tratamento dos dados**

Os valores foram comparados através de análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas foram comparadas através de teste de Tukey, com 95% de significância estatística ( $\alpha$ ),  $p < 0,05$ , utilizando o software Statistica 5.0. Todas as análises, exceto perfil de ácidos graxos e compostos fenólicos, foram realizadas em triplicata.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Composição proximal e perfil de ácidos graxos de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.)**

A análise de composição proximal apresentada na Tabela 8 demonstrou um alto teor de fibra dietética, proteínas e lipídios e baixo teor de carboidratos, característico de produtos que não contém glúten. O teor de fibras foi semelhante comparado com Tosco (2004) que encontrou 22,1 g.100g<sup>-1</sup> de fibras. O teor de lipídio foi semelhante a 33 g.100g<sup>-1</sup> relatado por Ixtaina et al. (2010). Os teores de proteína e de cinzas foram similares ao encontrado por Ayerza e Coates (2001), 23 g.100g<sup>-1</sup> e 4,6 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Resultados semelhantes a encontrado por Segura-Campos et al. (2013) de 6,3, 4,3 e 34,9 g.100g<sup>-1</sup> para umidade, cinzas e lipídios, respectivamente, e diferentes para proteína e fibras de 24,0 e 35,8 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Sandoval-Oliveros e Paredes-López (2013) obtiveram valores menores de lipídios para semente de chia (32,5 g.100g<sup>-1</sup>), cinzas (3,7 g.100g<sup>-1</sup>), e mais elevados para proteínas (22,7 g.100g<sup>-1</sup>) e fibra dietética total (33,5 g.100g<sup>-1</sup>) comparado a este estudo. Estas diferenças são explicadas pelas condições de cultivo da semente.

Com todas essas características, as sementes de chia podem ser utilizadas como emulsificantes e estabilizantes devido ao seu elevado teor de fibras, e como ingrediente para produtos desenvolvidos sem glúten, pelo baixo teor de carboidratos. Além disso, há a possibilidade de extração de óleo para produção de cápsulas de  $\omega$ -3, e obtenção de concentrados protéicos devido ao seu aporte de proteínas. Portanto, a semente de chia pode ser utilizada para enriquecimento de produtos, como em biscoitos, barras de cereais e panificação.

**Tabela 8** - Composição proximal e valor calórico da semente de chia (*Salvia hispanica* L).

Componente	% b.u.	% b.s.
Umidade (g.100g <sup>-1</sup> )	6,2 ± 0,517	-
Cinzas (g.100g <sup>-1</sup> )	4,3 ± 0,035	4,6 ± 0,035
Proteínas (g.100g <sup>-1</sup> )	18,3 ± 1,613	19,6 ± 1,720
Fibra dietética (g.100g <sup>-1</sup> )	22,2 ± 0,323	23,7 ± 0,424
Lipídios (g.100g <sup>-1</sup> )	32,4 ± 0,214	34,4 ± 0,353
Outros carboidratos (g.100g <sup>-1</sup> )	16,5 ± 1,628	17,7 ± 1,465
Valor calórico (Kcal.100g <sup>-1</sup> )	431,2 ± 3,123	459,9 ± 2,394

Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. b.u. base úmida, b.s.: base seca.

Segundo Lima et al. (2011), a semente de linhaça apresenta um valor calórico de 495 Kcal.100g<sup>-1</sup>, semelhante ao encontrado para a semente de chia. Assim como a semente de chia, segundo Novello e Pollonio (2012) a linhaça representa uma fonte renovável rica em ácido graxo  $\omega$ -3, bem como de outros componentes funcionais, e sua utilização em formulações pode aumentar o teor de ácidos graxos  $\omega$ -3 em alimentos populares. O alto valor calórico para a chia está associado ao alto teor de lipídios, pois, do ponto de vista nutricional, os lipídios tem um elevado valor energético (9 Kcal.g<sup>-1</sup>), constituindo-se, ainda, em importantes precursores de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e de ácidos graxos essenciais (linoléico, linolênico e araquidônico) (CASTRO, 2003). Jin et al. (2012) encontraram um valor calórico para semente de chia de 562 Kcal.100g<sup>-1</sup>, superior ao valor encontrado neste estudo.

As sementes de chia contêm 5-6% de mucilagem, que pode ser usado como fibra dietética (AYERZA, COATES, 2001; REYES-CAUDILLO, TECANTE, VALDIVIA-LÓPEZ, 2008). Muñoz et al. (2012) estudaram a capacidade de hidratação da mucilagem de chia, sendo que uma amostra de 100 mg de mucilagem foi capaz de absorver 2,7 g de água, 27

vezes o seu próprio peso. A alta capacidade de retenção de água da semente de chia obtida neste trabalho ( $24,0 \pm 0,879 \text{ g}_{\text{água}} \cdot \text{g}_{\text{chia}}^{-1}$ ) comparada com outros cereais como aveia e trigo, com  $5,5 \text{ g}_{\text{água}} \cdot \text{g}_{\text{fibra}}^{-1}$  e  $6,6 \text{ g}_{\text{água}} \cdot \text{g}_{\text{fibra}}^{-1}$ , respectivamente (ADAMS et al., 1986), está relacionada com o elevado teor de fibras. Estes autores em 1986 e Grigelmo-Miguel e Martín-Belloso (1998), concluíram em seus estudos que quanto maior o teor de fibra dietética solúvel maior a capacidade de retenção de água. Francki, Gollucke e Pimentel (2005) destacaram que as fibras alimentares solúveis são facilmente fermentáveis pelas bactérias do cólon e caracterizam-se pela alta capacidade de retenção de água e formação de gel, formando uma massa gelatinosa que aumenta a viscosidade do conteúdo gastrointestinal e atrasa o esvaziamento gástrico, proporcionando maior volume e lubrificação das fezes.

**Tabela 9** - Teor de lipídios e composição de ácidos graxos da semente de chia (*Salvia hispanica* L).

	g.100g <sup>-1</sup>
Lipídios	34,39
<b>Gorduras saturadas</b>	<b>9,74</b>
Ácido Mirístico (C14:0)	0,03
Ácido Pentadecanóico (C15:0)	0,03
Ácido Palmítico (C16:0)	6,69
Ácido Margárico (C17:0)	0,06
Ácido Esteárico (C18:0)	2,67
Ácido Behênico (C22:0)	0,09
Tricosanoic (C23:0)	0,03
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,14
<b>Gorduras Monoinsaturadas</b>	<b>10,76</b>
Ácido Pentadecenóico (C15:1)	0,03
Ácido Palmitoleico (C16:1)	0,09
Ácido Oléico (C18:1 – $\omega$ -9)	10,55
Ácido cis-Eicosenóico (C20:1)	0,09
<b>Gorduras Poliinsaturadas</b>	<b>79,47</b>
Ácido Linoléico (C18:2 – $\omega$ -6)	17,36
Ácido Linolênico (C18:3 – $\omega$ -3)	62,02
Ácido cis-Eicosadienóico (C20:2)	0,03
Ácido cis-Eicosatrienóico (C20:3 – $\omega$ -3)	0,03
<b>Gordura Trans</b>	<b>0,03</b>
Ácido Elaidico (C18:1)	0,03
<b>Gorduras Insaturadas</b>	<b>90,23</b>
Razão $\omega$ 3: $\omega$ 6	3,57

% do total de lipídios

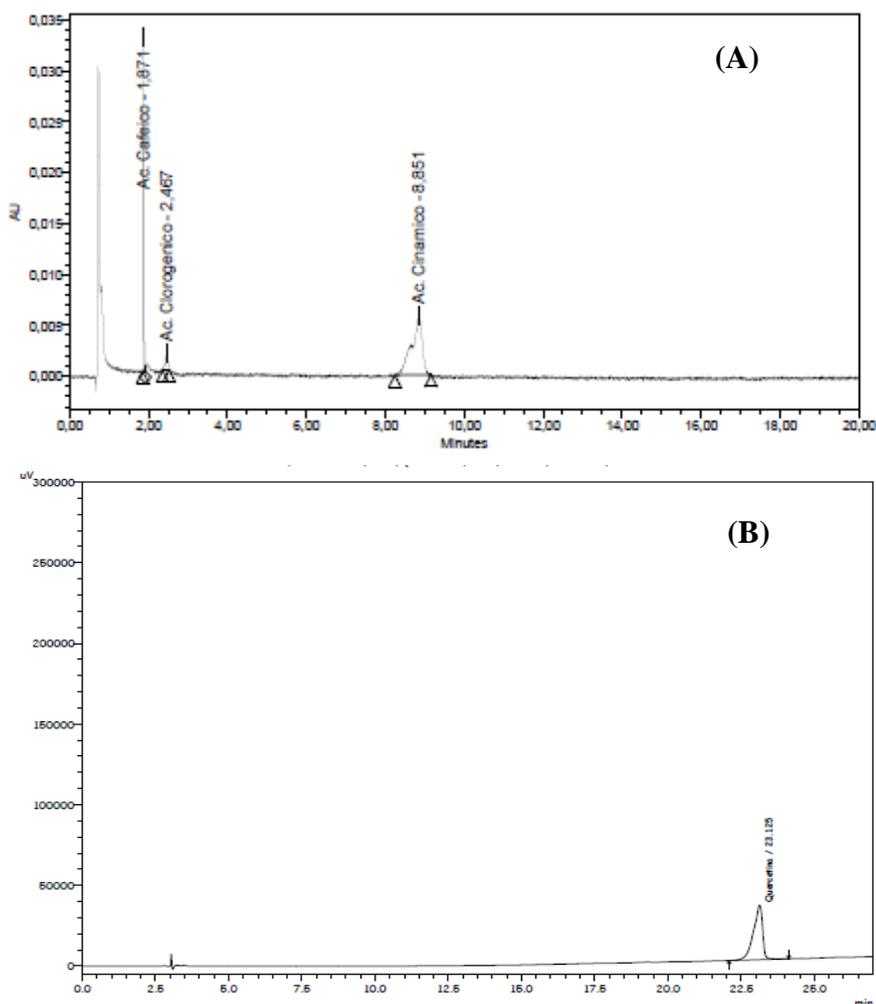
Comparando os resultados obtidos de óleo de semente de chia neste trabalho (Tabela 9) com Ayerza e Coates (2001) obtivemos valores semelhantes de ácido palmítico (7%), ácido esteárico (3,23%), ácido linolênico (60,68%) e gordura poliinsaturada (PUFA's) (81,15%), menores para ácido linoléico (20,47%) e maiores para o ácido oléico (7,48%). Ixtaina et al. (2011), igualmente aos resultados encontrados neste trabalho, classificaram os ácidos na

seguinte ordem de abundância: ácido linolênico (C18:3) > ácido linoléico (C18:2) > ácido oléico (C18:1) > ácido palmítico (C16:0) > ácido esteárico (C18:0). Contudo, alguns autores afirmam que a composição do óleo, medido em percentagem de ácidos graxos, é afetada pela localização de cultivo dessa semente (AYERZA, 2009; AYERZA, COATES, 2001). Além disso, a proporção de óleo de chia  $\omega$ -3: $\omega$ -6 neste estudo foi de 3,57, sendo que este resultado foi maior que a maioria dos óleos vegetais como óleo de canola (0,45), soja (0,15) e azeite (0,13) (BELITZ; GROSCH, 1999). Há indícios de que a incorporação de ingredientes na dieta com elevado teor de PUFA's têm sido documentado por fornecer numerosos benefícios à saúde (BOWEN; CLANDININ, 2005). A semente de chia pode ser considerada um alimento funcional, uma vez que se trata de uma fonte de ácidos graxos  $\omega$ -3, com no mínimo de 0,1 g de  $\omega$ -3 em 100 g de produto (BRASIL, 2008), elevado teor de fibra dietética total, acima de 3 g por 100 g de produto pronto (BRASIL, 1998) e proteínas.

### **3.2. Extração, quantificação e perfil dos compostos fenólicos de sementes de chia (*Salvia hispanica L.*)**

A Figura 4 e Tabela 10 apresentam o cromatograma da mistura de padrões dos compostos fenólicos em estudo, os coeficientes e as curvas analíticas dos padrões de ácidos fenólicos.

**Figura 4** - Cromatograma da mistura de padrões fenólicos ácido cinâmico, caféico e clorogênico (A) e quercetina (B) nas condições do experimento.



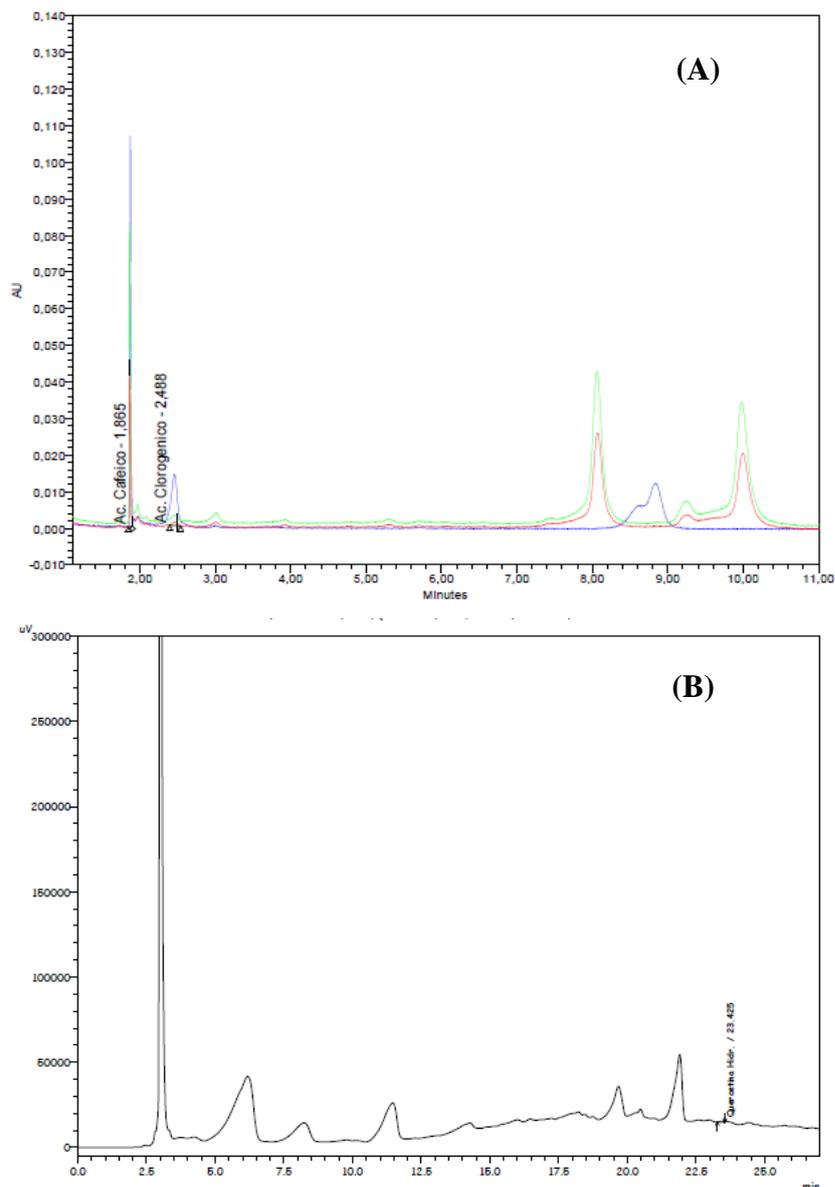
**Tabela 10** - Curvas analíticas dos padrões de ácidos fenólicos de semente de chia (*Salvia hispanica* L.).

Ácidos fenólicos	Curva analítica	R <sup>2</sup>
Ácido clorogênico	$y = 1,66^4x - 2,20^4$	0,9964
Ácido cafeico	$y = 2,10^4x - 9,65^3$	0,9987
Ácido cinâmico	$y = 4,62^4x - 1,11^4$	0,9997
Quercetina	$y = 6,19^{-6}x + 0,1347$	0,9999

Todas as curvas apresentaram valores de correlação que possibilitaram a quantificação confiável das amostras na faixa de linearidade determinada no instrumento. O perfil do extrato fenólico de chia ilustrado no cromatograma da Figura 5, apresenta a separação de três compostos conforme previsto na literatura. O ácido cinâmico não foi detectado na análise. O

mesmo verificado por Tosco (2004) estudando o teor de compostos fenólicos de semente de chia.

**Figura 5** - Cromatograma dos compostos fenólicos em semente de chia por UPLC (A) e HPLC (B).



O coeficiente de determinação da curva analítica de GAE foi de 0,983 e a equação da curva foi  $y = 0,020 \times (\mu\text{g.mL}^{-1})$ , sendo a variável do eixo x a concentração e do eixo y a absorbância. Os resultados encontrados, Tabela 11, para os extratos fenólicos de chia estão dentro da faixa encontrada por Reyes-Caudillo, Tecante e Valdivia-López (2008) onde a concentração variou de 511 a 881  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de semente de chia.

**Tabela 11** - Teor e perfil de compostos fenólicos ( $\mu\text{g}_{\text{GAE}}\cdot\text{g}_{\text{amostra}}^{-1}$ ) dos extratos fenólicos de chia (*Salvia hispanica* L).

	$\mu\text{g}_{\text{GAE}}\cdot\text{g}_{\text{amostra}}^{-1}$
Compostos fenólicos	641,71
Ácido cinâmico	ND
Ácido clorogênico	4,68
Ácido caféico	30,89
Quercetina	0,17
Glicosídeo fenólico*	605,97

\*ND (não detectado); \*glicosídeo fenólico = provavelmente união de um glicídio + composto fenólico.

O perfil de compostos fenólicos demonstrou um alto teor de ácido caféico comparado aos outros fenóis determinados. Reyes-Caudillo, Tecante e Valdivia-López (2008) estudaram o perfil de compostos fenólicos de sementes de chia de duas regiões do México sendo que o ácido clorogênico foi o predominante no extrato bruto de compostos fenólicos da chia, variando de  $45,9 - 102 \mu\text{g}\cdot\text{g}_{\text{chia}}^{-1}$  seguida por ácido caféico ( $3 - 6,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}_{\text{chia}}^{-1}$ ). Segundo ainda estes autores, estas diferenças podem ser explicadas pelo fato de que o conteúdo de compostos fenólicos é afetado por uma série de fatores externos, tais como condições meteorológicas e de pós-colheita. Kim et al. (2006) sugeriram a utilização de dois diferentes métodos de extração, afim de obter maiores informações sobre a concentração de compostos fenólicos em sementes de chia. Isto porque os compostos fenólicos podem estar na forma de polímeros, ésteres e glicosídeos sendo então indicada a hidrólise enzimática para quantificar e verificar a biodisponibilidade desses compostos, o que foi comprovado no estudo de Reyes-Caudillo, Tecante e Valdivia-López (2008) que encontrou  $651 \mu\text{g}\cdot\text{g}_{\text{amostra}}^{-1}$  de glicosídeos fenólicos em amostras de extrato bruto de compostos fenólicos de chia semelhante ao encontrado neste trabalho.

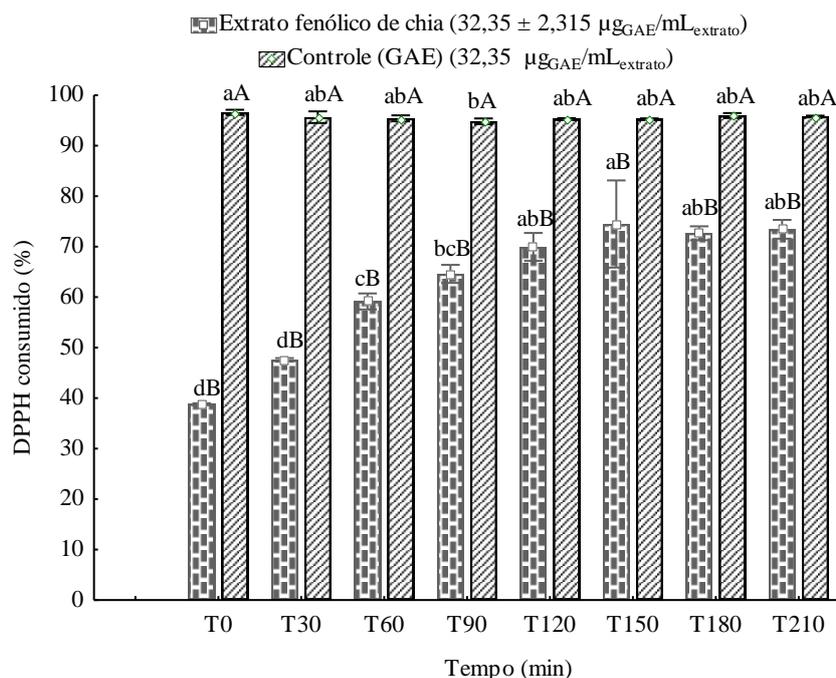
### 3.3. Atividade antioxidante de compostos fenólicos de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.)

#### 3.3.1. Capacidade de sequestro do radical livre DPPH

Os resultados da atividade antioxidante dos extratos fenólicos determinados pela inativação do DPPH (Figura 6) demonstraram que o extrato fenólico de chia ( $32,35 \mu\text{g}_{\text{GAE}}\cdot\text{mL}_{\text{extrato}}^{-1}$ ) apresentou atividade antioxidante e que esta foi estatisticamente igual no

período de tempo de 120 até 210 min. O extrato fenólico apresentou efetiva atividade de varredura do radical, com percentuais acima de 70%. Em relação ao controle, um antioxidante sintético (GAE), percebe-se que houve diferença significativa em relação ao extrato fenólico de chia.

**Figura 6** - Porcentagem de DPPH consumido dos extratos fenólicos de chia (*Salvia hispanica*, L.) e controle (GAE).



Os valores são médias  $\pm$  desvio padrão de análises realizadas em triplicata. \*GAE: equivalente de ácido gálico; letras minúsculas: diferença entre extratos e controle nos diferentes tempos; letras maiúsculas: diferenças entre os tempos de reação.

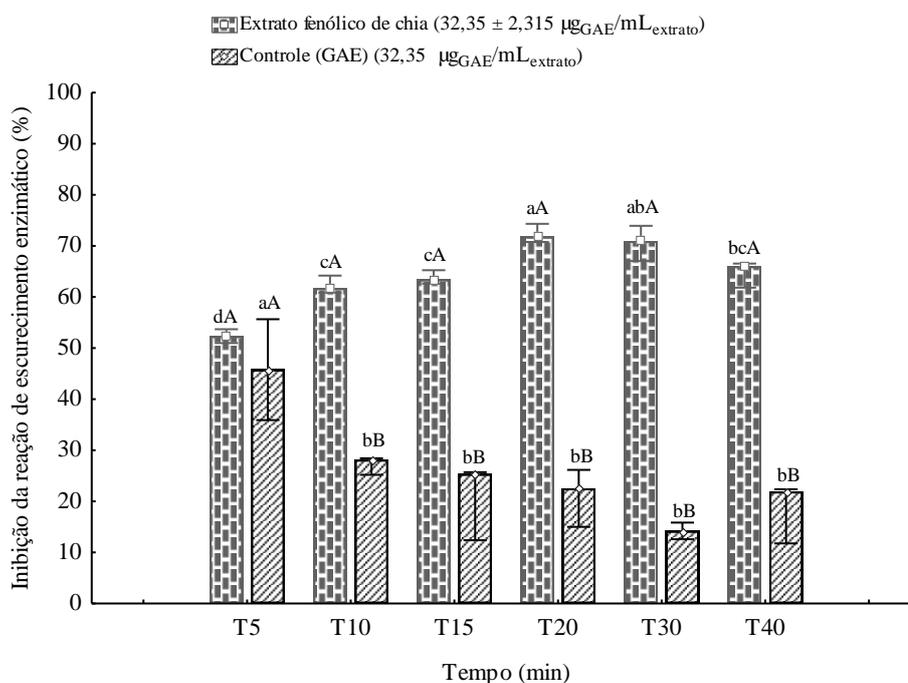
Com base nestes dados, evidencia-se que os compostos bioativos presentes nos extratos podem agir como seqüestradores de radicais pela capacidade de atuar como doadores de hidrogênio (SHAHIDI; ALASALVAR; LIYANA-PATHIRANA, 2007). Comparando nossos resultados ao estudo de Schmidt et al. (2014), os compostos fenólicos de chia apresentaram elevada atividade antioxidante pelo método DPPH. Estes autores estudaram a atividade antioxidante de compostos fenólicos extraídos de farelo de arroz obtendo aproximadamente 50% de inibição pelo método DPPH em uma concentração de  $100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  em 30 min de reação. Os componentes bioativos com capacidade antioxidante presentes nesses alimentos podem contribuir para menor incidência de doença cardiovascular e tecnologicamente evita a rancidez dos ácidos graxos insaturados que a contém (REYES-CAUDILLO, TECANTE, VALDIVIA-LÓPEZ, 2008; WANG et al., 2011). Segundo Castro

(2003), a eficácia de um antioxidante está relacionada com diversos fatores, entre eles, a energia de ativação, as constantes de velocidade, o potencial de óxido-redução, a maior ou menor facilidade de destruição ou perda do composto e das suas características de solubilidade.

### 3.3.2. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente

Em relação ao efeito inibitório dos extratos fenólicos de chia sobre a reação de escurecimento do guaiacol (Figura 7) pode ser observado que houve diminuição da velocidade de escurecimento ao longo do tempo, portanto, a reação de escurecimento enzimático foi inibida em presença dos extratos de chia.

**Figura 7** - Inibição da reação de escurecimento enzimático pelos extratos fenólicos de chia (*Salvia hispanica* L.) e controle (GAE).



Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. \*GAE: equivalente de ácido gálico, letras minúsculas: diferença entre extratos e controle nos diferentes tempos; letras maiúsculas: diferenças entre os tempos de reação.

Comparado ao controle (GAE) observa-se que não houve diferença significativa no tempo de 5 min e nos outros tempos o extrato fenólico de chia apresentou maior atividade antioxidante pela inibição da peroxidase do que o controle. Esta atividade antioxidante presente na semente de chia pode apresentar também efeitos fisiológicos como a sua atuação anticancerígena e antimutagênica considerando que estes problemas ocorram por ação de

radicais livres (MORAES; COLLA, 2006). Oliveira et al. (2007) encontraram valores superiores comparados a este estudo para o trigo e arroz, com 50 e 60% de inibição da enzima peroxidase contendo 2,0 e 1,3  $\mu\text{g}_{\text{fenóis}}\cdot\text{mL}^{-1}$ , respectivamente em 10 min de reação. A peroxidase é uma importante enzima das plantas que está envolvida em diversas reações, ligações de polissacarídeos, oxidação do ácido indol-3-acético, ligações de monômeros, lignificação, cicatrização de ferimentos, oxidação de fenóis, defesa de patógenos, regulação da elongação de células e outras (GASPAR et al., 1982; KAO, 2003).

#### 4. CONCLUSÃO

As sementes de chia apresentaram elevados teores de lipídios, especialmente ômega-3, um ácido graxo essencial, fibras e proteínas sendo uma matéria-prima útil para o enriquecimento de alimentos. Sugere-se que a fibra, um dos componentes da chia, devido a sua alta capacidade de retenção de água, são importantes para obtenção de outros produtos, como emulsificantes. Além disso, apresentou elevado teor de compostos fenólicos com efetiva atividade antioxidante sugerindo que a chia podem trazer benefícios para a saúde quando usada em produtos alimentícios.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. G.; EVANS, A. J.; OAKENFULL, D. G.; SIDHU, G. S. Fruit processing wastes as dietary fibre supplements. **Proceedings of the Nutrition Society of Australia**, v. 11, p. 115, 1986.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C., 1995. method 954.02

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of International**. 17 th. 1 CD-ROM, 2000.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists**. 18. ed., 2005. Method 996.06 p. 20-25.

ALI, N. M.; YEAP, S. K.; HO, W. Y.; BEH, B. K.; TAN, S. W.; TAN, S. G. The promising future of chia, *Salvia hispanica L.* **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2012, p. 1-9, 2012.

AL-SHERAJIA, S. H.; ISMAILA, A.; MANAP, M. Y.; MUSTAFAC, S.; YUSOFA, R. M.; HASSANA, F. A. Prebiotics as functional foods: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1542-1553, 2013.

ALU'DATT, M. H.; RABABAH, T.; EREIFEJ, K.; ALLI, I. Distribution, antioxidant and characterisation of phenolic compounds in soybeans, flaxseed and olives. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 93-99, 2013.

AMAROWICZ, R.; NACZK, M.; SHAHIDI, F. Antioxidant activity of various fractions of non-tannin phenolics of canola hulls. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 2755-2759, 2000.

AYERZA, R. The seed's protein and oil content, fatty acid composition and growing cycle length of a single genotype of chia (*Salvia hispanica L.*) as affected by environmental factors. **Journal of Oleo Science**, v. 58, p. 347-354, 2009.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia seeds: New source of omega-3 fatty acids, natural antioxidants, and dietetic fiber**. Tucson, Arizona, USA: Southwest Center for Natural Products Research & Commercialization, Office of Arid Lands Studies, 2001. 3p.

AYERZA, R.; COATES, W. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. **Tropical Science**, v. 44, n. 3, p. 131-135, 2004.

BADIALE-FURLONG, E.; COLLA, E.; BORTOLATO, D. S.; BAISCH, A. L. M.; DE SOUZA-SOARES, L. A. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. **Vetor**, v. 13, p. 105-114, 2003.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Food Chemistry**, 2nd ed. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1999.

BOWEN, R. A. R.; CLANDININ, M. T. Maternal dietary 22:6n-3 is more effective than 18:3n-3 in increasing content in phospholipids of glial cells from neonatal rat brain. **British Journal of Nutrition**, v. 93, p. 601-611, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Resolução nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno\\_lista\\_alega.htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm)>. Acesso: 23 jan/2104.

CASTRO, A. G. de. **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Ciência e técnica, v. 25, 2003. 295p.

COATES, W; AYERZA, R. Production potential of chia in north-western Argentina. **Industrial Crops and Products**, v. 5, p. 229-23, 1996.

CRAIG, R. **Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica L.*) seed and ground whole seed as novel food ingredient**. Food Standard Agency, UK. Commission Decision 2009/827/EC Company Representative Mr. D. Armstrong, Northern Ireland, 2004.

DJORDJEVIC, D.; MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Oxidative stability of whey protein-stabilized oil-in-water emulsions at pH 3: potential  $\alpha$ -3 fatty acid delivery systems (Part B). **Journal of Food Science**, v. 69, n. 5, p. C356-C362, 2004.

FRANCKI, V. M.; GOLLUCKE, A. P. B.; PIMENTEL, C. V. B. **Introdução às principais substâncias bioativas**. Editora Varela, São Paulo, 2005.

GASPAR, T. H.; PENEL, C. L.; THORPE, T.; GREPPIN, H. **Peroxidases: a survey of their biochemical and physiological roles in higher plants**. Genève: Université de Genève, 1982. 324p.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; MARTÍN-BELLOSO, O. Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. **Food Research International**, v. 31, p. 355-361, 1998.

HERRERO, M.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P.; SEÑORÁNS, F. J.; CIFUENTES, A.; IBÁÑEZ, E. Optimization of accelerated solvent extraction of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga. **Food Chemistry**, v. 93, p. 417-423, 2005.

IXTAINA, V. Y.; MARTÍNEZ, M. L.; SPOTORNO, V.; MATEO, C. M.; MAESTRI, D. M.; DIEHL, B. W. K. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 2, p. 166-174, 2011.

IXTAINA, V. Y.; VEGA, A.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C.; GIMENO, M.; BÁRZANA, E.; TECANTE, A. Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican

chia seed (*Salvia hispanica L.*); characterization and process optimization. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 55, p. 192-199, 2010.

JIN, F.; NIEMAN, D. C.; SHA, W.; XIE, G.; QIU, Y.; JIA, W. supplementation of milled chia seeds increases plasma ALA and EPA in postmenopausal women. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, p. 105-110, 2012.

KAO, C.H. Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, p. 83-89, 2003.

KIM, K. H.; TSAO, R.; YANG, R.; CUI, S. W. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. **Food Chemistry**, v. 95, p. 466-473, 2006.

LIMA, D. M.; PADOVANI, R. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FARFÁN, J. A.; NONATO, C. T.; DE LIMA, M. T. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. NEPA/UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011, 161 p.

MACEDO, J. A.; BATTESTIN, V.; RIBEIRO, M. L.; MACEDO, G. A. Increasing the antioxidant power of tea extracts by biotransformation of polyphenols. **Food Chemistry**, v. 126, p. 491-497, 2011.

MASON, M. J.; SCAMMON, D. L.; FANG, X. The impact of warnings, disclaimers, and product experience on consumers' perceptions of dietary supplements. **Journal of Consumers Affairs**, v. 41, p. 74-99, 2007.

McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A.; WEISS, J. Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. **Journal of Food Science**, v. 72, p. R109-R124, 2007.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Functional foods and nutraceuticals: definition, legislation and health benefits. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.3, n. 2, p. 99-112, 2006.

MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, v. 108, p. 216-224, 2012.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Adição de linhaça dourada (*Linum usitatissimum L.*) e derivados em hambúrgueres bovinos: aceitação sensorial e análise de sobrevivência. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 273-286, 2012.

OLIVEIRA, M. S.; DORS, G. C.; SOUZA-SOARES, L. A.; BADIALE-FURLONG, E. Atividade antioxidante e antifúngica de extratos vegetais. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v.18, n.3, p.267-275, 2007.

PACHECO M. T. B.; SGARBIERI, V. C. **Alimentos funcionais: conceituação e importância na saúde humana**. Instituto de Tecnologia de Alimentos ITAL, 13073-001 Campinas, 2001.

REGENSTEIN, J. M.; GORIMAR, T. S.; SHERBON, J. M. Measuring the water capacity of natural actomyosin from chicken breast muscle in the presence of pyrophosphate and divalent cation. **Journal of Food Biochemistry**, v. 3, p. 205-211, 1979.

REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 107, p. 656-663, 2008.

ROWLAND, I. Optimal nutrition : fibre and phytochemicals. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, p. 415-419, 1999.

SANDOVAL-OLIVEROS, M. R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 193-201, 2013.

SCHMIDT, C. G.; GONÇALVES, L. M.; PRIETTO, L.; HACKBART, H. S.; FURLONG, E. B. Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus *Rizhopus oryzae*. **Food Chemistry**, v. 146, p. 371-377, 2014.

SEGURA-CAMPOS, M. R.; SALAZAR-VEGA, I. M.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. A. Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. **Food Science and Technology**, v. 50, p. 723-731, 2013.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, p.7-19, 1999.

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

SHAHIDI, F.; ALASALVAR, C.; LIYANA-PATHIRANA, C. M. Antioxidant Phytochemicals in Hazelnut Kernel (*Corylus avellana* L.) and Hazelnut Byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 4, p. 1212-20, 2007.

TOSCO, G. **Os benefícios da “chia” em humanos e animais.** Atualidades Ornitológicas, n.119, p.7, 2004.

WANG, S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 14-22, 2011.

WATT, B., MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared.** Washington, DC: Consumer and Food Economics Research Division / Agricultural Research Service, p.198 (Agriculture Handbook, 8), 1963.

ZHENG, W.; WANG, S. Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 5165-5170, 2001.

**ARTIGO 2**  
**EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE CHIA (*Salvia hispanica* L.) SOBRE A**  
**QUALIDADE DO PÃO**

## Efeito da incorporação de chia (*Salvia hispanica* L.) sobre a qualidade do pão

### RESUMO

Devido a suas propriedades, elevado teor de fibras e ácido graxo  $\omega$ -3, a chia é considerada um alimento com características funcionais que pode ser adicionada como ingrediente em produtos de padaria. O teor de gordura vegetal hidrogenada foi reduzida e sementes e farinha de chia foram adicionadas na formulação de pão branco, gerando dois produtos: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura e pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura gerando uma redução de 27 e 24% de gordura saturada em relação ao pão controle feito com farinha de trigo, respectivamente. A razão gordura poliinsaturada e saturada (PUFA:SAT) em relação ao pão controle, de 1,01, aumentou para 3,1 e 3,9 nas novas formulações com chia. Os teores de fibras e  $\omega$ -3 aumentaram, destacando o apelo destes produtos como funcionais. Foi avaliado o impacto da redução de gordura sobre as características tecnológicas e sensoriais do produto. A qualidade tecnológica foi influenciada levemente pela adição de chia nas formulações, ocorrendo diminuição do volume específico e da pontuação total dos pães, obtendo índices de aceitação no teste sensorial de até 95%. Abordagens como esta podem ser utilizadas em escala industrial, gerando produtos diferenciados e contribuindo para diminuição da ingestão dos ácidos graxos saturados e aumento de ácidos graxos essenciais, como o  $\omega$ -3.

**Palavras-chave:** farinha, funcional, panificação, semente,  $\omega$ -3.

### ABSTRACT

Due to their properties, high fiber content and content of fatty acid  $\omega$ -3, chia is considered a food with functional features which can be added as an ingredient in bakery products. Hydrogenated vegetable fat content was reduced and seeds and chia flour were added in formulation of control bread (wheat flour), creating two products: bread added of 7.8% of chia flour and 0.9% fat and bread added with 11% of chia seed and 1% fat generating a reduction of 27 and 24% of saturated fat compared to control bread, respectively. The ratio polyunsaturated and saturated fat (PUFA:SFA) in relation to control bread, 1.01, increased to 3.1 and 3.9 in new formulations with chia. The levels of fiber and  $\omega$ -3 increased, highlighting the appeal of these products as functional foods. It was evaluated the impact of fat reduction on the technological and sensory characteristics of the product. The technological quality was influenced slightly by adding chia in the formulations occurring a decrease of specific volume and the total score of the loaves, obtaining acceptance indexes in sensory test of up to 95%. Approaches such as this, can be used on an industrial scale, generating differentiated products and contributing to decreased intake of saturated fatty acids and essential fatty acids increase, as the  $\omega$ -3.

**Keywords:** baking, flour, functional, seed,  $\omega$ -3.

## 1. INTRODUÇÃO

O risco de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e câncer colorretal aumenta com a obesidade (MASCIE-TAYLOR; KARIM, 2003). Dieta e estilo de vida podem ser modificados para evitar e reduzir os riscos dessas doenças. Há evidências epidemiológicas de que as dietas que promovem saúde são ricas em fibras alimentares, ômega-3, e pobres em gordura saturada, gordura trans e colesterol (HU, 2002). Uma estratégia para diminuir o consumo de gordura é desenvolver produtos com pouca gordura. Segundo Brien et al. (2003) a produção de pães com menor teor de gordura, que ainda possuam as características de qualidade, derivadas das propriedades funcionais das gorduras, como maior volume, textura mais suave e atraso do processo de envelhecimento do pão, constitui um desafio técnico para tecnólogos de alimentos. Com base no critério de saúde e em alimentos com características específicas de melhoria da saúde, tem sido crescente o interesse nos chamados alimentos funcionais, geralmente usados para referir-se a um alimento, semelhante a um alimento convencional, que é consumido como parte da dieta usual que, ou fornece benefícios fisiológicos, ou reduz o risco de doenças crônicas, além das funções nutricionais básicas (SHAHIDI, 2009).

O pão é um dos principais componentes da dieta humana. Por milhares de anos têm se usado o trigo para a produção de pão. Nas últimas décadas, os pesquisadores têm trabalhado em fortificar o pão com compostos naturais por causa de exigências de alimentos mais saudáveis. Assim, grãos integrais e outras sementes tornaram-se populares na produção de pão. A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta anual da família *Lamiaceae*. Em tempos pré-colombianos, suas sementes foram um dos alimentos básicos de civilizações da América Central (Ayerza and Coates 2005). As sementes de chia são compostas de proteínas (15-20%), lipídios (30-33%), cinzas (4-5%) e carboidratos (26-41%) com elevado teor de fibras (18-30%). Também contém uma quantidade elevada de antioxidantes, minerais e vitaminas (IXTAINA, NOLASCO, TOMÁS, 2008; AYERZA, COATES, 2005). Segundo Puig e Haros (2011), devido as suas propriedades nutricionais, o consumo de chia pode promover o correto funcionamento intestinal, diminuição dos níveis de colesterol e glicose no sangue e diminuição da incidência de enfermidades relacionadas com a síndrome metabólica. A chia é rica em ácidos graxos poliinsaturados, particularmente o ômega 3 (50-57%) e ômega-6 (17-26%) (REYES-CAUDILLO, TECANTE, VALDIVIA-LÓPEZ, 2008). Estes constituem os tecidos que compõem o sistema nervoso central, atuam no bom funcionamento da visão, bem como na prevenção de doenças cardiovasculares, cancro e doenças autoimunes e

inflamatórias. Além de serem nutricionalmente importantes para uma boa saúde e benéficos para os indivíduos que sofrem de doenças coronárias, diabetes e distúrbios de resposta imune (DJORDJEVIC, McCLEMENTS, DECKER, 2004; McCLEMENTS, DECKER, WEISS, 2007; SIMOPOULOS, 1991; THAUTWEIN, 2001).

Considerando estes fatores e o aumento da incidência e prevalência de obesidade e doenças cardiovasculares, torna-se uma importante medida de Saúde Pública melhorar a qualidade nutricional dos alimentos industrializados que fazem parte do hábito alimentar da população. O objetivo do nosso estudo foi desenvolver pão adicionado de chia com reduzido teor de gordura e avaliar sua qualidade global.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Matéria-prima**

Nas formulações foram utilizadas sementes de chia (Tabela 12), da espécie *Salvia hispanica* L. cedida pela empresa Chá e Cia – Ervas Mediciniais para chá, localizado na cidade de Jacareí, São Paulo. A matéria-prima utilizada para elaboração dos pães foi a farinha de trigo (Tabela 12) cedida pelo Moinho Galópolis S.A. localizado na cidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul. Alguns ingredientes utilizados para a produção do pão, como gordura vegetal hidrogenada, cloreto de sódio e sacarose foram adquiridos no comércio local. Foram utilizados também aditivos, como ácido ascórbico P.A. (Synth), e o coadjuvante de fabricação, fermento biológico (Fleischmann, seco instantâneo). Foram removidos das sementes os galhos, ocasionalmente encontrados, com o auxílio de uma pinça.

Para obtenção da farinha de chia, a semente de chia foi moída (Arno, modelo PL pic-liq) e peneirada na granulometria de 16 mesh, acondicionada em recipientes de plástico e mantida resfriada a 4 °C até posterior utilização.

**Tabela 12** - Composição proximal das matérias primas (b.s.).

Componentes	Semente de Chia	Farinha de trigo
Lipídios (%)	34,6 ± 0,353	3,6 ± 0,246
Cinzas (%)	4,6 ± 0,035	0,6 ± 0,182
Proteínas (%)	19,6 ± 1,720	10,7 ± 0,849
Fibra dietética (%)	23,7 ± 0,424	0,1 ± 0,040
Outros carboidratos (%)	17,5 ± 1,465	85,1 ± 0,968

\*b.s.: base seca

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Formulação e elaboração dos pães

A formulação básica do pão de farinha de trigo é apresentada na Tabela 13. Esta formulação seguiu a utilizada por El-Dash (1978), com modificações. O fermento biológico fresco foi substituído proporcionalmente pelo fermento biológico seco. As quantidades de farinha, semente de chia e gordura foram utilizadas conforme o delineamento composto central rotacional (DCCR) 2<sup>2</sup>, com três repetições no ponto central e quatro pontos axiais, apresentado na Tabelas 14 (BOX; DRAPER, 1987). Foram realizados dois planejamentos com o objetivo de verificar os efeitos da adição de chia (farinha e semente) e da redução da quantidade de gordura na qualidade final dos pães, com um total de 11 ensaios cada.

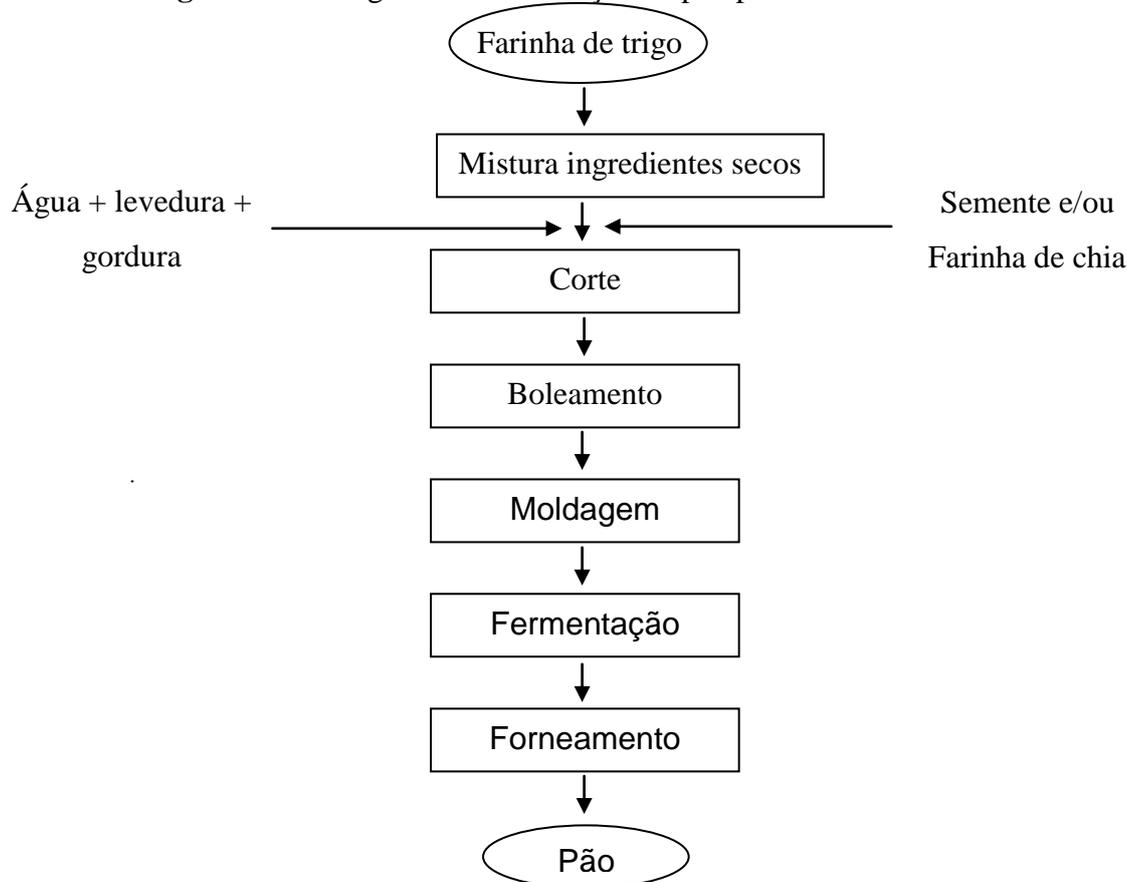
**Tabela 13** - Formulação do pão de farinha de trigo\*.

Ingredientes	g/100g
Farinha de trigo <sup>a</sup>	100
Cloreto de sódio	2
Sacarose	5
Fermento biológico fresco	3
Gordura <sup>a</sup>	3
Ácido ascórbico	0,009
Água	57–60
Semente de chia/Farina de Chia <sup>a</sup>	-

\*Formulação do pão controle adaptado de El-Dash (1978). (a): Os teores de farinha de chia e semente de chia em relação à farinha de trigo e gordura vegetal hidrogenada é variável conforme delineamento experimental.

O método de massa direta (Figura 8) foi utilizado para elaboração dos pães.

**Figura 8** - Fluxograma de elaboração do pão pelo método de massa direta.



Pelo método de massa direta, inicialmente foram misturados os ingredientes secos (farinha de trigo, cloreto de sódio, sacarose e ácido ascórbico) em uma batedeira planetária (KitchenAid) a velocidade baixa durante 3 min. Para as formulações com chia, a farinha ou semente foram hidratadas com 15% da água utilizada na formulação durante 10 min antes da adição na mistura à velocidade baixa durante 1 min. Após, foi acrescentado o restante de água, gordura e fermento biológico misturando-se por 6 min até a obtenção de uma massa consistente. A massa foi deixada em descanso por 10 min realizando o corte em pedaços de 165 g, sendo estes posteriormente boleados e moldados com rolo de madeira até formar bisnagas. As massas moldadas foram levadas a uma estufa de fermentação, onde permaneceram a uma temperatura de 30 °C, durante 90 min. A seguir, foram forneados em forno elétrico a 220 °C por 20 min. Após 1h do forneamento os pães foram fatiados (faca elétrica, Moulinex) para prosseguimento das análises.

**Tabela 14** - Variáveis independentes e níveis de variação para gordura vegetal hidrogenada e farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.) em relação à farinha de trigo.

Variáveis	Níveis				
	-1,414	-1	0	1	1,414
Gordura* (%)	0	0,4	1,5	2,6	3
Relação chia <sup>a</sup> /farinha de trigo* (%)	2	4,6	11	17,4	20

\*em base a 100% de farinha de trigo; (a) Experimento 1: realizado com farinha de chia; Experimento 2: realizado com semente de chia.

Os parâmetros tecnológicos avaliados nos pães dentro do delineamento experimental foram: as perdas na cocção, o volume específico (EL-DASH, 1978), a cor do miolo (luminosidade, croma e ângulo Hue) (MINOLTA, 1993), a dureza do pão após 1 e 24 h de forneamento (AACC, 2000) e a pontuação total (PIZZINATTO et al., 1993).

## 2.2.2. Avaliação química e nutricional dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)

### 2.2.2.1. Composição proximal e valor calórico

O teor de umidade (método n° 935.29), cinzas (método n° 923.03), proteínas (método de micro-Kjeldahl, n° 920.87) e fibra dietética total (método n° 985.29) dos pães foram determinadas de acordo com a Association of Official Analytical Chemists International – AOAC (2000). O teor de lipídios (método n° 954.02) foi determinado por hidrólise ácida segundo a AOAC (1995). O conteúdo de carboidratos foi obtido por diferença.

O valor calórico dos pães foi calculado de acordo com os coeficientes de Atwater (WATT; MERRILL, 1963), a partir dos coeficientes calóricos correspondentes para proteínas, carboidratos e lipídios de acordo com a Equação (1).

$$\text{Valor calórico (kcal/100g)} = (\text{g de proteína} \times 4) + (\text{g de lipídios} \times 9) + (\text{g de carboidratos} \times 4) \quad (1)$$

### 2.2.2.2. Perfil de ácidos graxos

A extração do óleo dos pães foi realizada pelo método de hidrólise ácida (AOAC, 2005). A transformação em ésteres metílicos e a composição de ácidos graxos foram

determinadas segundo a AOAC (2005) utilizando cromatógrafo Thermo, modelo Focus GC, detector FID.

As condições cromatográficas utilizadas foram: temperatura inicial da coluna igual a 100 °C por 4 min, temperatura final da coluna a 240 °C com velocidade de 3 °C.min<sup>-1</sup>. A temperatura do injetor foi de 225 °C, e a do detector 285 °C. O gás de arraste usado foi o hélio utilizando uma coluna capilar SP2560 100 m x 0,25 mm. Os resultados foram expressos em g de ácidos graxos por 100 g de lipídios totais.

### **2.2.2.3. Extração e quantificação dos compostos fenólicos**

A extração e quantificação dos compostos fenólicos dos pães foi realizada segundo Badiale-Furlong et al. (2003) com modificações, obtida através de 5 g de amostra com 40 mL de metanol sob agitação horizontal (5 x g) durante 2 h à 25 °C, sendo posteriormente interrompida por 15 min, e reiniciada a agitação (1 h). Após, acrescentado 10 mL de metanol. O extrato foi filtrado e lavado três vezes com hexano. Em seguida, clarificado com hidróxido de bário 0,1M e sulfato de zinco 5% e após 20 min de repouso, filtrado e o volume aferido a 50 mL com metanol.

A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada por espectrometria utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. Alíquotas de 0,5 mL dos extratos fenólicos foram adicionadas a tubos de ensaio juntamente com 0,5 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionados 4,5 mL da solução alcalina (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 4%, CuSO<sub>4</sub> 2% e tartarato duplo de sódio e potássio 4% na proporção 100:1:1). Os tubos permaneceram em repouso por 15 min em banho-maria a 40°C. Posteriormente foram adicionados 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (diluído 1:2 em água destilada), deixando em repouso por um intervalo de 10 min, e medida a absorbância em comprimento de onda de 750nm em espectrofotômetro (IONLAB, modelo IL-592). Para a quantificação, uma curva de calibração utilizando ácido gálico (GAE) em concentrações de 0 a 20 µg.mL<sup>-1</sup> foi utilizada.

### **2.2.2.4. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos**

#### **i. Capacidade de sequestro do radical livre 2,2-difenil-1-picrilidrazila (DPPH)**

Foi monitorado o consumo do radical livre DPPH pelo extrato fenólico dos pães de acordo com o procedimento descrito por Herrero et al. (2005) com modificações, através da

determinação do decréscimo da unidade de absorvância (UA) nas soluções contendo os extratos fenólicos. As medidas foram realizadas em espectrofotômetro (IONLAB, modelo IL-592) no comprimento de onda de 515 nm. Aos tubos contendo 3,0 mL da solução metanólica de DPPH ( $5,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ ) foram adicionados 1 mL dos extratos fenólicos. Para o branco foi utilizado 1 mL de metanol em substituição aos extratos fenólicos. A mistura reativa permaneceu a temperatura ambiente, sem a incidência de luz e a mudança de cor violeta para amarela foi medida após 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 min de reação. A solução de DPPH foi preparada diariamente e estocada em frascos âmbar cobertos com folhas de alumínio, mantidas no escuro a 4°C até o momento das determinações.

A capacidade de sequestrar o radical livre foi expressa como percentual de inibição de oxidação do radical, e calculado conforme Equação (2).

$$\% \text{ Inibição} = \frac{U_{\text{branco}} - U_{\text{amostra}}}{U_{\text{branco}}} \times 100\% \quad (2)$$

Onde  $U_{\text{branco}}$  corresponde as unidades de absorvância do branco,  $U_{\text{amostra}}$  corresponde as unidades de absorvância da amostra.

## **ii. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente**

A peroxidase empregada foi extraída de batata rosa (*Solanum tuberosum*). O extrato enzimático foi obtido de 20 g de polpa de batata homogeneizada com 100 mL de solução tampão fosfato pH 6,5 (20 mM) sob agitação em blender por 3 min. O homogeneizado foi centrifugado a  $3220 \times g$  a 4°C, por 10 min, e filtrado. O extrato bruto (sobrenadante) foi mantido a aproximadamente 4°C, para posterior utilização como fonte de peroxidase (OLIVEIRA et al., 2007).

A reação enzimática de escurecimento dos compostos fenólicos dos pães foi realizada a 30 °C em pH 6,5 utilizando-se guaiacol 1% como substrato em presença de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 0,08%. Os extratos fenólicos dos pães (1 mL) foram adicionados como inibidores da reação e no branco o volume de extrato fenólico foi substituído por água destilada. Após, adicionados de 1,5 mL de tampão fosfato pH 6,5, 1 mL de água destilada, 1 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,08%, 0,5 mL de guaiacol 1% e 1 mL de extrato enzimático de peroxidase. Os tubos foram agitados e em seguida a absorvância medida a 470 nm em um espectrofotômetro IONLAB modelo IL-592 nos tempos 5, 10, 15, 20, 30 e 40 min. A atividade antioxidante foi

expressa como o percentual de inibição da reação de escurecimento, em relação ao controle de acordo com a Equação (2).

### **2.2.3. Avaliação física dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)**

Em relação às propriedades físicas foi verificado a massa da massa crua e a do pão. As perdas na cocção (% PC) foram calculadas conforme Equação (3).

$$PC (\%) = \frac{M_{massa} - M_{pão}}{M_{massa}} \quad (3)$$

Onde  $M_{massa}$  corresponde a massa da massa e  $M_{pão}$  corresponde a massa do pão.

### **2.2.4. Avaliação tecnológica dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)**

#### **2.2.4.1. Volume específico e pontuação total**

A avaliação tecnológica dos pães foi determinada a partir do volume específico (VE) e das pontuações totais atribuídas segundo planilha de El-Dash (1978) (Anexo 1), com valor máximo de 100 pontos distribuídos nos parâmetros VE ( $V_E \times 3,33$ ), cor da crosta, quebra, simetria, características da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura do miolo, aroma e sabor. O VE (mL/g) foi obtido pela razão entre o volume aparente (mL), realizado por deslocamento de sementes de painço segundo Pizzinatto et al. (1993) e a massa (g) após o forneamento.

#### **2.2.4.2. Dureza do miolo**

A dureza do miolo do pão foi medida no pão fresco e 24 h após o forneamento, realizadas em texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, UK) (Figura 9). Para esta análise, os pães foram fatiados com faca elétrica. O teste foi realizado segundo metodologia da AACC 2000 (74-09.01) que consiste em comprimir duas fatias de 25 mm de espessura no centro da plataforma do Analisador de Textura, com probe cilíndrico de 36 mm de diâmetro nas seguintes condições de trabalho:

Velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s

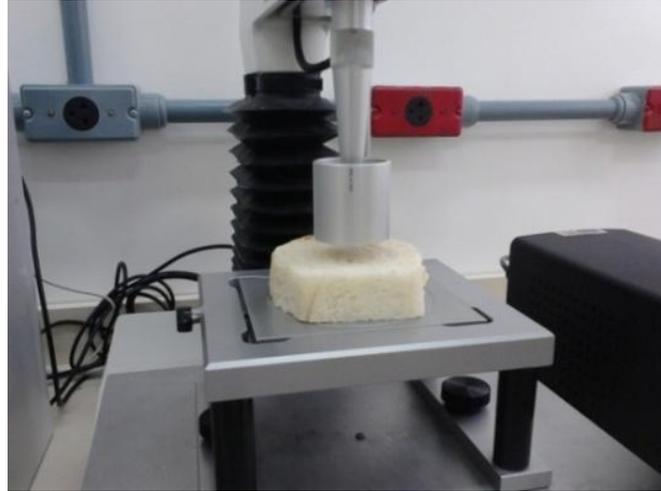
Velocidade de teste: 1,7 mm/s

Velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s

Compressão: 40%

Trigger force: 5 g

**Figura 9** - Texturômetro utilizado para análise dos pães.



#### 2.2.4.3. Cor do miolo e crosta

As análises do miolo e crosta dos pães foram realizadas em colorímetro marca Minolta®, modelo CR400 (Figura 10). O experimento segue o sistema de pães no espaço  $L^*a^*b^*$  ou CIE  $L^*a^*b^*$ , definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$  (coordenadas de cromaticidade). Foram calculados também o valor do croma ou  $C^*$  e ângulo de tonalidade ou  $h_{ab}$  (ângulo Hue), referidos como sistema de cor CIELCh, de acordo com Minolta (1993) (Equação (4) e (5)).

$$\text{Croma } (C^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (5)$$

**Figura 10** - Colorímetro utilizado para análise de cor dos pães.



### **2.2.5. Avaliação sensorial dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)**

A análise sensorial foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Federal do Rio Grande (Anexo 2), realizada com 58 julgadores não-treinados, escolhidos aleatoriamente entre alunos e professores da instituição, no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal do Rio Grande – *campus* Rio Grande, onde foram aplicados os testes de aceitabilidade e intenção de compra das amostras de pães formulados com semente e farinha de chia na melhor formulação obtida na validação do delineamento experimental. Um termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (Anexo 3) foi oferecido a cada julgador para o seu consentimento em participar da pesquisa mediante assinatura do julgador, pesquisador e orientador.

As amostras de pães foram fatiadas com espessura de 1 cm. Os testes de intenção de compra, foram realizados em escala de 5 pontos (1 - certamente não compraria à 5 - certamente compraria). Uma escala hedônica de nove pontos foi utilizada no teste de aceitabilidade, tendo em um extremo a qualificação “desgostei muitíssimo”, no centro “indiferente” e na outra extremidade “gostei muitíssimo” de acordo com a NBR 12994 (ABNT, 1993) avaliando os atributos aparência, cor da casca, cor do miolo, aroma, textura do miolo, sabor e qualidade global (Apêndice 1). A frequência que o provador consome pão de forma e outros tipos de pães também foi avaliado (Apêndice 2). O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado conforme a Equação (4).

$$IA (\%) = \frac{\text{Nota} * 100}{9} \quad (4)$$

### **2.2.6. Tratamento de dados**

Os dados foram comparados através de análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas foram comparadas através de teste de Tukey, com 95% de significância estatística ( $\alpha$ ),  $p < 0,05$ , utilizando o software Statistica 5.0. Todas as análises foram realizadas em triplicata, com exceção do perfil de ácidos graxos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Experimento 1**

#### Valores das respostas das características tecnológicas

A Tabela 15 apresenta os valores das respostas analisadas no delineamento experimental determinados nos pães adicionados de farinha de chia, sendo que os modelos foram preditivos para VE, ângulo Hue e pontuação total e não significativos, assim, não preditivos, para perdas na cocção, dureza de 1 e após 24 h de forneamento, luminosidade e croma.

**Tabela 15** – Valores das características tecnológicas dos pães elaborados com diferentes concentrações de farinha de chia hidratada e gordura (experimento 1).

Ensaio	Gordura (x <sub>1</sub> )	Relação* (x <sub>2</sub> )	Perdas na cocção (%)	VE* (cm <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> )	Dureza (g)	Dureza 24hrs (g)	L**	h <sub>ab</sub> * (°)	C**	Pontuação total
1	0,4 (-1)	4,6 (-1)	6,78 ± 2,03	3,15 ± 0,06	50,60 ± 3,50	92,02 ± 8,15	65,12 ± 1,74	87,64 ± 1,09	15,86 ± 0,42	78,13 ± 0,22
2	2,6 (1)	4,6 (-1)	7,71 ± 0,04	3,10 ± 0,09	59,35 ± 5,06	106,49 ± 8,10	63,75 ± 1,17	86,57 ± 0,94	15,78 ± 0,47	76,82 ± 0,26
3	0,4 (-1)	17,4 (1)	6,85 ± 0,48	2,59 ± 0,10	70,29 ± 3,91	94,94 ± 6,14	56,78 ± 1,79	80,39 ± 1,02	15,82 ± 0,76	68,29 ± 0,90
4	2,6 (1)	17,4 (1)	8,60 ± 1,67	2,84 ± 0,20	65,24 ± 5,43	97,68 ± 10,48	55,88 ± 2,06	81,47 ± 0,81	15,92 ± 0,85	74,12 ± 3,09
5	0 (-1,41)	11 (0)	7,61 ± 0,30	2,89 ± 0,05	59,02 ± 5,48	114,60 ± 12,72	59,27 ± 1,27	82,65 ± 0,42	15,53 ± 0,28	77,11 ± 1,43
6	3 (1,41)	11 (0)	6,86 ± 0,13	3,06 ± 0,10	38,29 ± 2,77	75,00 ± 7,74	61,40 ± 1,86	83,40 ± 0,60	15,40 ± 0,38	77,71 ± 1,07
7	1,5 (0)	2 (-1,41)	6,83 ± 0,33	3,45 ± 0,14	34,23 ± 2,34	75,58 ± 4,17	67,79 ± 3,12	88,35 ± 0,84	15,92 ± 0,75	82,99 ± 1,88
8	1,5 (0)	20 (1,41)	6,81 ± 0,15	2,61 ± 0,08	61,89 ± 10,49	95,70 ± 10,19	53,73 ± 3,18	79,69 ± 1,12	16,23 ± 0,53	71,19 ± 0,77
9	1,5 (0)	11 (0)	7,36 ± 0,77	3,10 ± 0,09	51,17 ± 2,94	89,54 ± 5,51	59,39 ± 1,20	83,06 ± 1,01	15,77 ± 0,47	79,33 ± 0,66
10	1,5 (0)	11 (0)	7,32 ± 0,30	3,09 ± 0,16	54,73 ± 2,17	91,03 ± 2,39	57,58 ± 1,44	82,45 ± 1,09	15,37 ± 0,59	79,46 ± 0,46
11	1,5 (0)	11 (0)	7,90 ± 0,23	3,05 ± 0,08	50,52 ± 1,43	78,35 ± 2,78	60,80 ± 2,38	83,86 ± 0,82	14,96 ± 0,52	80,14 ± 1,23

Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. \*Farinha de chia em base farinha de trigo; VE: Volume específico; L\*, h<sub>ab</sub> e C\* correspondem as cores do miolo. L\*: Luminosidade, h<sub>ab</sub>: ângulo Hue; C\*: croma.

Parâmetros de validação dos modelos e análise de efeitos principais

A Tabela 16 apresenta os parâmetros de validação dos modelos matemáticos aplicados.

**Tabela 16** - Parâmetros utilizados para validação do modelo utilizado no experimento 1.

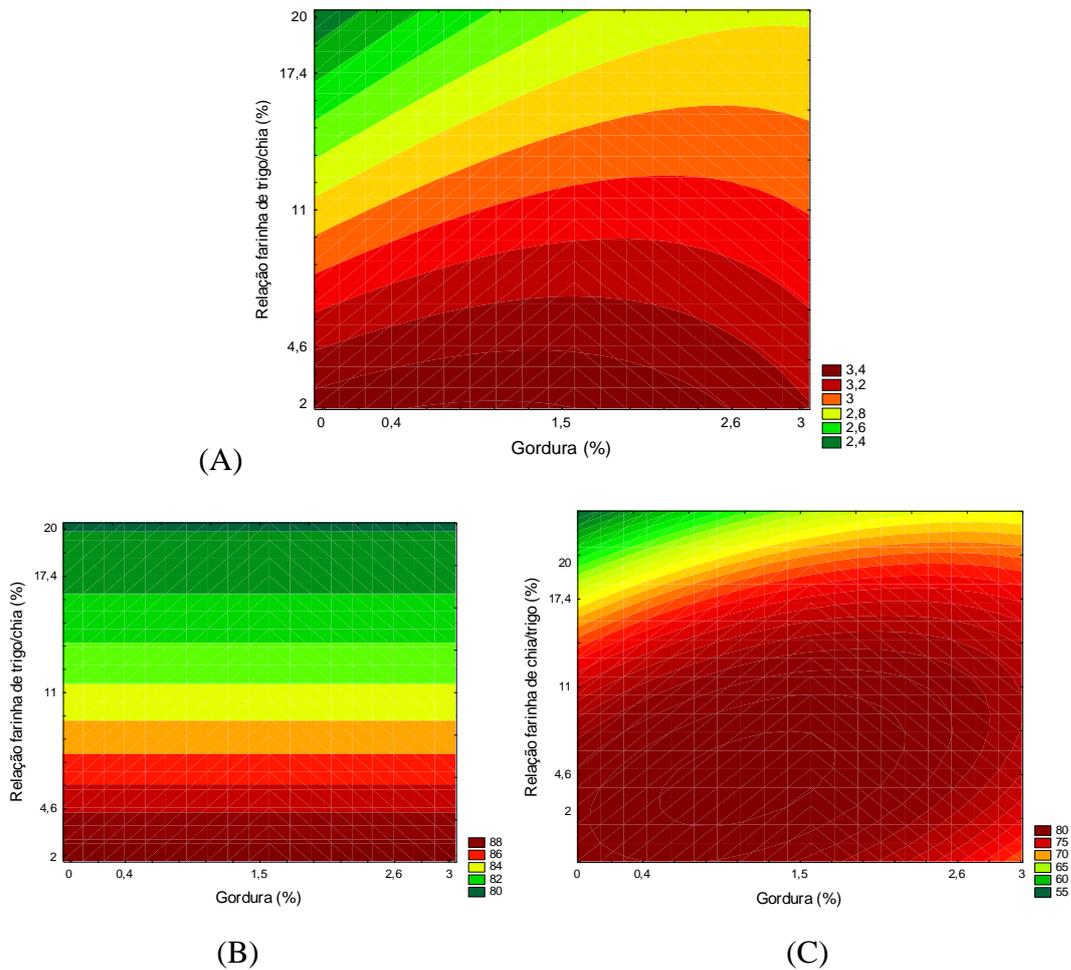
Parâmetro	Modelo	R <sup>2</sup>	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>	p
VE	VE = 3,03 + 0,11*X <sub>1</sub> - 0,12*X <sub>1</sub> <sup>2</sup> - 0,503*X <sub>2</sub> + 0,144X <sub>1</sub> .X <sub>2</sub>	0,9278	3,33	0,05
Ângulo Hue	Ângulo Hue = 83,194 - 6,150*X <sub>2</sub> + 1,098*X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	0,9631	23,98	0,20
Pontuação total	Pontuação = 79,645 + 1,342*X <sub>1</sub> - 3,688*X <sub>1</sub> <sup>2</sup> - 7,307*X <sub>2</sub> - 4,011*X <sub>2</sub> <sup>2</sup> + 3,57*X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	0,8805	3,32	0,20

VE: Volume específico; X1: Concentração de gordura; X2: Concentração de farinha de chia/farinha de trigo; R<sup>2</sup>: coeficiente de regressão, p: nível de significância

De acordo com a Tabela 16, observando as equações que correspondem aos modelos matemáticos significativos e preditivos verificou-se que a gordura vegetal hidrogenada teve um efeito positivo no volume específico e na pontuação total das características tecnológicas dos pães. A farinha de chia teve um efeito negativo no volume específico, ângulo Hue e na pontuação total.

A Figura 11 apresenta as curvas de contorno para os parâmetros avaliados nos pães obtidos no experimento 1.

**Figura 11** - Curva de contorno para (A) volume específico, (B) ângulo Hue e (C) pontuação total nos pães desenvolvidos no experimento 1.



Um dos grandes obstáculos ao desenvolvimento de produtos com baixos teores de gordura é obter características importantes como sabor, corpo e textura, assim como propriedades funcionais simultaneamente, uma vez que a melhoria de uma única característica pode não ser adequada sob o ponto de vista de aceitabilidade do consumidor (PINHEIRO; PENNA, 2004).

O VE dos pães variou de 2,59 a 3,45  $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ . No delineamento experimental, de acordo com a Figura 11A, independente do teor de gordura (0 a 3  $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de farinha) e nas menores concentrações de farinha de chia (aproximadamente 2 a 8%), obteve-se um alto VE. Este resultado é reflexo da adição de farinhas mistas na formulação. Pizarro et al. (2013) também estudaram o efeito da incorporação de diferentes quantidades de farinha de chia e gordura vegetal hidrogenada sobre a qualidade tecnológica de bolos e verificaram que com o aumento na concentração de farinha de chia de 0 a 30  $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de mistura de farinha

contribuiu para uma diminuição no VE dos bolos. Estes autores acreditam que este resultado deve-se à adição de farinha de chia que diminui a quantidade de glúten presente na formulação. O resultado também sugere que a incorporação de farinha de chia em bolos pode interferir na formação e na agregação de gordura em volta às bolhas de ar na massa.

A cor é uma das características mais importantes da aparência de um pão, uma vez que contribui com a preferência do consumidor em relação ao produto. O sistema CIE L\*a\*b\* 1976 permite registrar a luminosidade (-L\*, preto; +L\*, branco) e as coordenadas cromáticas a\* (+a\*, vermelho; -a\*, verde) e b\* (+b\*, amarelo; -b\*, azul). As coordenadas a\* e b\* possibilitam calcular o ângulo Hue ou tonalidade, quando os valores do ângulo Hue estão próximos de 0°, a cor é púrpura, próximos de 90° amarelo, ou verde-azulados (180°) ou azuis (270°). No experimento o ângulo Hue ( $h_{ab}$ ) variou de 79,69 a 88,35. Para obter um produto semelhante ao pão de trigo, a cor deve tender ao amarelo (próximo a 90°), o qual foi obtido nas menores concentrações de farinha de chia (aproximadamente 2 a 7%) e independente do teor de gordura como apresentado na Figura 11B.

Os valores de pontuação total variaram de 68,29 a 82,99. De acordo com a curva de contorno da resposta pontuação total (Figura 11C), independente do teor de gordura nos pães e nas menores concentrações de farinha de chia (até aproximadamente 17,4%) obteve-se maiores pontuações totais variando de 75 a 80 pontos. Isto porque com o aumento da quantidade de farinha de chia houve uma redução nos valores de pontuação total, pois este teste está relacionado com as características externas, especialmente o VE, internas, aroma e sabor do pão. Segundo Dutcosky (1996) o pão que apresenta uma pontuação de 81 a 100 pode ser classificado como um pão de boa qualidade, de 61 a 80 regular, de 31 a 60 ruim.

### Validação Experimental

A partir das análises de superfície de resposta foi possível determinar as condições de processo em que se obtêm simultaneamente aumento do volume específico (superior a 3 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup>), ângulo de Hue próximo a 90° (mais próximo ao amarelo) e aumento da pontuação total (maior que 75 e menor que 100 (máximo)). Tais condições de processo são apresentadas na Tabela 17 em que as variáveis gordura e relação farinha de chia/farinha de trigo proporcionam as características desejáveis do processo.

**Tabela 17** - Condições de processo para pão adicionado de farinha de chia (*Salvia hispanica* L.).

Variável	Condição experimental	Valor codificado
Gordura* (%)	0,9	-0,5
Relação farinha de chia/trigo* (%)	7,8	-0,5

\*Em base a 100% de farinha de trigo

A Tabela 18 apresenta os resultados preditos e observados obtidos pelo ensaio de validação experimental.

**Tabela 18** - Validação experimental para pão adicionado de farinha de chia (*Salvia hispanica* L.) (experimento 1).

Variável de resposta	Resultado predito	Resultado experimental	Desvio padrão
VE* ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ )	3,23	3,15	0,05
$h_{ab}$ * ( $^\circ$ )	86,54	85,03	1,07
Pontuação total	82,59	80,16	1,72

\*VE: volume específico;  $h_{ab}$ : ângulo Hue

Os resultados obtidos no ensaio de validação foram satisfatórios. A Figura 12 apresenta o pão obtido pela validação experimental adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura.

**Figura 12** - Validação experimental no experimento 1 (pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura).



### 3.2. Experimento 2

#### Valores das respostas das características tecnológicas

A Tabela 19 apresenta os valores das respostas analisadas no delineamento experimental determinados nos pães adicionados de semente de chia. Sendo que os modelos foram preditivos para coroma, VE e pontuação total e não significativos, assim, não preditivos, para perdas na cocção, dureza de 1 e após 24 h de forneamento, luminosidade e ângulo Hue.

**Tabela 19** - Valores das características tecnológicas dos pães elaborados com diferentes concentrações de semente de chia hidratada e gordura (experimento 2).

Ensaio	Gordura	Relação*	Perdas na cocção (%)	VE (cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup> )	Dureza (g)	Dureza 24h (g)	L*	h <sub>ab</sub> * (°)	C*	Pontuação total
1	0,4 (-1)	4,6 (-1)	7,62 ± 0,44	2,91 ± 0,02	60,32 ± 6,02	120,73 ± 10,37	69,43 ± 2,96	88,76 ± 0,95	16,28 ± 1,07	80,87 ± 0,23
2	2,6 (1)	4,6 (-1)	6,91 ± 0,17	3,20 ± 0,06	58,58 ± 3,46	129,13 ± 13,15	70,19 ± 1,33	88,70 ± 0,72	16,38 ± 0,81	80,81 ± 0,62
3	0,4 (-1)	17,4 (1)	7,87 ± 0,24	2,57 ± 0,06	76,19 ± 6,67	118,49 ± 12,07	64,67 ± 3,45	88,83 ± 0,78	13,56 ± 1,02	74,81 ± 0,42
4	2,6 (1)	17,4 (1)	6,99 ± 0,13	2,57 ± 0,02	72,34 ± 4,68	109,92 ± 9,64	66,76 ± 2,97	89,02 ± 0,76	14,29 ± 0,94	75,23 ± 0,83
5	0 (-1,41)	11 (0)	6,57 ± 0,20	2,54 ± 0,12	80,63 ± 8,87	127,42 ± 13,23	66,96 ± 1,17	89,53 ± 0,35	14,86 ± 0,94	77,15 ± 0,90
6	3 (1,41)	11 (0)	7,79 ± 0,23	2,93 ± 0,02	55,67 ± 3,14	97,79 ± 5,58	67,39 ± 1,44	89,11 ± 0,75	14,62 ± 0,75	78,91 ± 0,71
7	1,5 (0)	2 (-1,41)	7,39 ± 0,62	3,32 ± 0,04	42,94 ± 2,90	84,54 ± 6,71	71,17 ± 1,95	88,73 ± 0,46	16,46 ± 1,31	84,87 ± 0,37
8	1,5 (0)	20 (1,41)	7,66 ± 0,40	2,80 ± 0,08	69,94 ± 4,62	106,55 ± 11,32	61,22 ± 2,69	86,81 ± 1,53	13,10 ± 0,78	76,00 ± 0,78
9	1,5 (0)	11 (0)	7,49 ± 0,17	3,20 ± 0,07	45,46 ± 1,40	76,85 ± 1,63	68,14 ± 1,94	88,60 ± 0,57	14,45 ± 0,77	83,31 ± 0,76
10	1,5 (0)	11 (0)	7,81 ± 0,27	3,02 ± 0,01	55,56 ± 4,96	75,05 ± 6,25	66,81 ± 3,38	88,06 ± 1,02	14,19 ± 0,97	80,56 ± 0,55
11	1,5 (0)	11 (0)	7,65 ± 0,57	3,01 ± 0,03	48,53 ± 2,91	68,24 ± 11,28	69,50 ± 0,75	89,00 ± 0,87	14,51 ± 0,40	80,37 ± 1,17

Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. \*Semente de chia em base farinha de trigo; VE: Volume específico; L\*, h<sub>ab</sub> e C\* correspondem as cores do miolo. L\*: Luminosidade, h<sub>ab</sub>: ângulo Hue; C\*: croma.

Parâmetros de validação dos modelos e análise de efeitos principais

A Tabela 20 apresenta os parâmetros de validação dos modelos matemáticos aplicados.

**Tabela 20** - Parâmetros utilizados para validação do modelo utilizado no experimento 2.

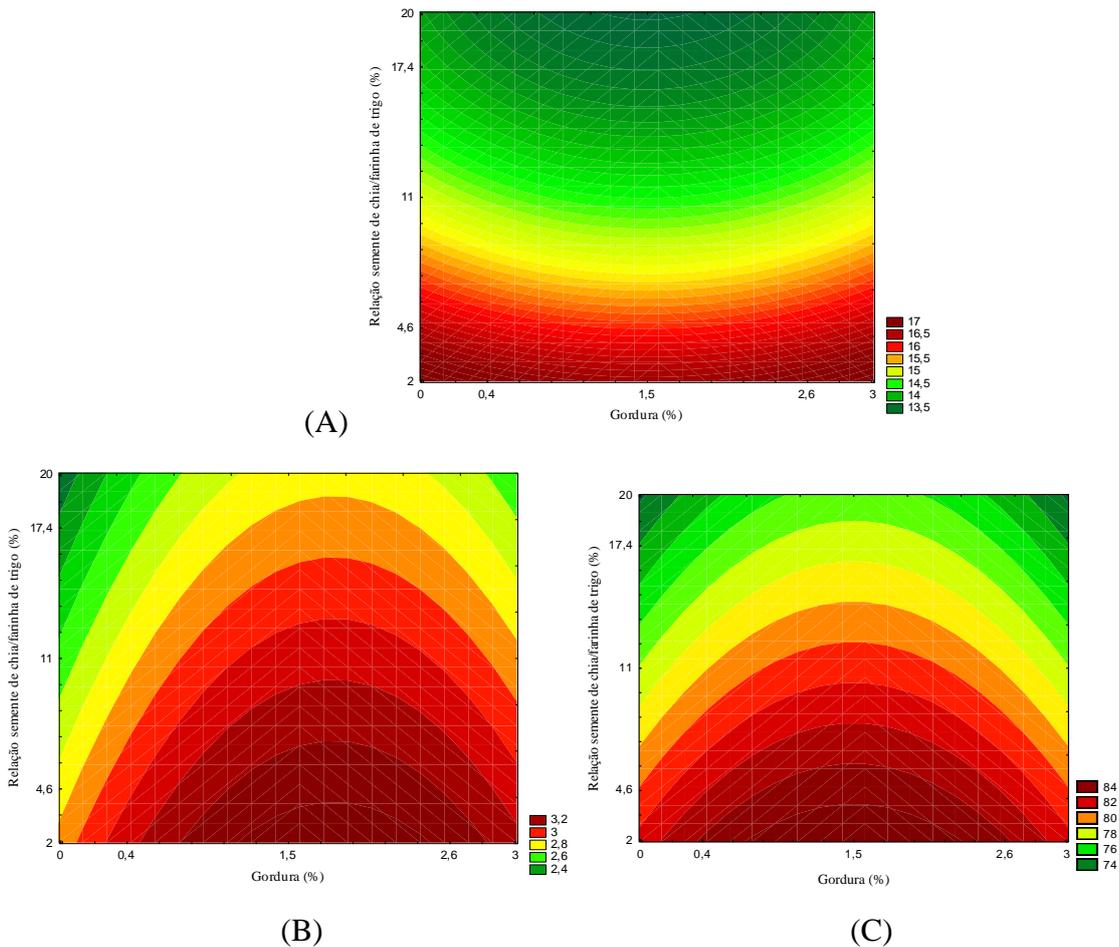
Parâmetro	Modelo	R <sup>2</sup>	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>	p
VE	$VE = 3,05 + 0,21X_1 - 0,37 X_1^2 - 0,43X_2$	0,8934	3,82	0,10
C*	$C^* = 14,38 + 0,54X_1^2 - 2,39X_2 + 0,58X_2^2$	0,9507	11,38	0,10
Pontuação total	$Pontuação = 80,65 - 3,56X_1^2 - 6,05X_2$	0,8663	2,63	0,05

VE: Volume específico; C\*: croma; X1: Concentração de gordura; X2: Concentração de semente de chia/farinha de trigo; R<sup>2</sup>: coeficiente de regressão, p: nível de significância.

De acordo com a Tabela 20, observando as equações que correspondem aos modelos matemáticos significativos e preditivos verificou-se que a gordura teve um efeito positivo no volume específico. Segundo Pires (1998), a gordura promove melhora no volume e maciez dos pães, por isso a relação proporcional entre o teor de gordura e o volume específico nos pães. A semente de chia teve um efeito negativo no volume específico, no croma e na pontuação total. Isto ocorre porque a chia não possui glúten e, além disso, as interações entre as proteínas (gliadinas e gluteninas) da farinha de trigo e as fibras, da chia, podem impedir a expansão do pão durante o processo de fermentação. Gewehr (2010) também verificou este efeito ao estudar pães com substituição de farinha de trigo por quinoa aos níveis de 10, 15 e 20%, onde o volume específico das formulações diminuiu conforme o percentual de substituição de farinha aumentou.

A Figura 13 apresenta as curvas de contorno para os parâmetros avaliados nos pães obtidos no experimento 2.

**Figura 13** - Curva de contorno para (A) coroma, (B) VE e (C) pontuação total nos pães desenvolvidos no experimento 2.



O valor de  $C^*$  variou de 13,10 a 16,46. No delineamento experimental, de acordo com a Figura 13A, independente do teor de gordura (0 à 3  $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de farinha) e nas menores concentrações de semente de chia (aproximadamente 2 à 11%), obteve-se um valor de coroma maior que 15, conseqüentemente, maior a intensidade da cor destes pães.

O VE obteve resultados que variaram de 2,54 a 3,32. Para obtenção de pães de boa qualidade, deve-se ter elevados valores de VE. De acordo com a curva de contorno para a resposta VE, Figura 13B, variando entre 0,6 e 2,8% o teor de gordura e até 11% de semente de chia obteve-se alto valor de VE. Concluindo que há a possibilidade de 50% de redução da gordura adicionada aos pães, sem interferir no volume específico destes ainda com a adição de até 11% de semente de chia.

Para a resposta pontuação total os resultados variaram de 74,81 a 84,97. De acordo com a curva de contorno da resposta pontuação total (Figura 13C), nos teores de gordura entre 0,4 e 2,6% nos pães e nas menores concentrações de semente de chia (até aproximadamente 11%)

obteve-se maiores pontuações totais variando de 80 à 84 pontos, classificado como pães de boa qualidade (DUTCOSKY, 1996).

### Validação Experimental

A partir das análises de superfície de resposta foi possível determinar as condições de processo em que se obtêm simultaneamente aumento do volume específico (superior a  $3 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ), cora (maior que 15) e aumento da pontuação total (maior que 80 e menor que 100 (máximo)). Tais condições de processo são apresentadas na Tabela 21 em que as variáveis gordura e relação semente de chia/farinha de trigo proporcionam as características desejáveis do processo.

**Tabela 21** - Condições de processo para pão adicionado de semente de chia (*Salvia hispanica* L.).

Variável	Condição experimental	Valor codificado
Gordura* (%)	1,0	-0,45
Relação semente de chia/trigo* (%)	11,0	0

\*Em base a 100% de farinha de trigo.

A Tabela 22 apresenta os resultados preditos e observados obtidos pelo ensaio de validação experimental.

**Tabela 22** - Validação experimental para pão adicionado de semente de chia (experimento 2).

Variável de resposta	Resultado predito	Resultado experimental	Desvio padrão
VE* ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ )	3,06	2,95	0,03
C*	14,49	14,10	0,73
Pontuação total	79,93	80,16	1,12

\*VE: volume específico; C\*: cora.

Os resultados obtidos no ensaio de validação foram satisfatórios. A Figura 14 apresenta o pão obtido pela validação experimental adicionado de 11,0% de semente de chia e 1,0% de gordura.

**Figura 14** - Validação experimental (pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura).



Comparando os pães de farinha e semente de chia hidratada, percebe-se que os pães adicionados de farinha de chia apresentaram maiores valores de volume específico e menores para dureza que os elaborados com semente de chia. Esse fenômeno pode ser explicado pela homogeneidade da chia, já que a chia em semente dificulta ainda mais o desenvolvimento da massa. Já a farinha de chia é mais homogênea na formulação dos pães, facilitando o crescimento da massa, obtendo maior volume e, conseqüentemente menor dureza.

Além disso, a dureza dos pães foi maior em maiores concentrações de chia e menores de gordura vegetal hidrogenada. Isto pode ser explicado pela diminuição no teor de gordura, que resultou em uma menor capacidade de aeração prejudicando a estrutura do miolo e, conseqüentemente, maior dureza (PIZARRO et al., 2013). Este fato também é reflexo do menor VE observado nestas faixas de concentração.

### **3.3. Composição proximal e valor calórico dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)**

A Tabela 23 apresenta a composição proximal dos pães desenvolvidos.

**Tabela 23** - Composição proximal do pão controle, pão adicionado de farinha de chia e pão adicionado de semente de chia.

Componente	Controle		F7,8		S11	
	%b.u.	%b.s.	%b.u.	%b.s.	%b.u.	%b.s.
Umidade (g.100g <sup>-1</sup> )	37,2 <sup>b</sup> ±0,26	-	37,2 <sup>b</sup> ±0,04	-	38,0 <sup>a</sup> ±0,00	-
Cinzas (g.100g <sup>-1</sup> )	1,6 <sup>b</sup> ±0,02	2,5 <sup>B</sup> ±0,05	1,9 <sup>a</sup> ±0,06	3,0 <sup>A</sup> ±0,10	1,9 <sup>a</sup> ±0,01	3,1 <sup>A</sup> ±0,04
Proteínas (g.100g <sup>-1</sup> )	7,6 <sup>a</sup> ±0,06	12,1 <sup>A</sup> ±0,09	8,2 <sup>a</sup> ±1,09	13,7 <sup>A</sup> ±1,28	8,5 <sup>a</sup> ±0,70	13,8 <sup>A</sup> ±1,13
Fibra dietética (g.100g <sup>-1</sup> )	0,1 <sup>c</sup> ±0,02	0,3 <sup>C</sup> ±0,14	1,3 <sup>b</sup> ±0,05	2,0 <sup>B</sup> ±0,07	3,4 <sup>a</sup> ±0,19	5,7 <sup>A</sup> ±0,54
Lipídios (g.100g <sup>-1</sup> )	1,8 <sup>c</sup> ±0,00	2,9 <sup>A</sup> ±0,89	2,0 <sup>b</sup> ±0,00	3,2 <sup>A</sup> ±0,64	2,4 <sup>a</sup> ±0,00	3,9 <sup>B</sup> ±0,03
Outros carboidratos (g.100g <sup>-1</sup> )	51,6 <sup>a</sup> ±0,23	82,1 <sup>A</sup> ±0,09	49,4 <sup>a,b</sup> ±1,14	78,1 <sup>A,B</sup> ±1,25	45,7 <sup>b</sup> ±0,65	73,5 <sup>B</sup> ±1,50
Valor calórico (Kcal.100g <sup>-1</sup> )	253,2 <sup>a</sup> ±0,78	404,1 <sup>B</sup> ±0,59	248,6 <sup>b</sup> ±0,21	404,0 <sup>B</sup> ±0,40	238,9 <sup>c</sup> ±0,58	407,1 <sup>A</sup> ±0,17

Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. Controle: pão de farinha de trigo; F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada; S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada. %b.u.: base úmida; %b.s.: base seca. Em uma mesma linha, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas corresponde a base úmida e letras maiúsculas corresponde a base seca.

Nos pães desenvolvidos (Tabela 23) percebe-se que houve um aumento do valor nutricional com a adição de chia. A incorporação de chia nas formulações aumentou ( $p<0,05$ ) os teores de cinzas, de fibras e de lipídios, sendo que diminuiu ( $p<0,05$ ) o teor de carboidratos em relação ao pão controle. O aumento de umidade na formulação S11 pode ter sido causado pela integridade do grão que absorve água e dificulta a liberação desta durante o forneamento.

Em geral, o pão branco contém um baixo conteúdo mineral e deve ser completada para atender os requisitos diários para os diferentes elementos (DYNER et al., 2007; ŠKRBIĆ, FILIPCEV, 2008). O teor de cinzas aumentou significativamente com a adição de farinha (F7,8) e semente (S11) de chia.

A presença de fibra dietética nos alimentos é de grande interesse para a saúde, já que têm sido relatados numerosos estudos que indicam seu papel na redução do risco de enfermidades como diverticulite, câncer de cólon, obesidade, problemas cardiovasculares e diabetes (DERIVI, MENDEZ, 2001; PARK, ARAYA, 2001). A incorporação de farinha (F7,8) e semente (S11) de chia aumentou 6,67 e 19 vezes, respectivamente, os valores de fibra dietética total em relação ao pão controle. Resultados superiores aos obtidos por Justo et al. (2007) em pães provenientes de farinhas mistas de trigo:soja:chia:linhaça nas proporções de 80:10:05:05 que comparado ao pão

de farinha de trigo integral aumentou o teor de fibra 1,78 vezes. No Brasil, um alimento contém alegação de propriedade funcional quando a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3 g de fibras se o alimento for sólido, auxiliando o funcionamento do intestino (BRASIL, 1998a). Sendo neste caso, somente a formulação S11 considerada um alimento funcional pelo seu elevado teor de fibra dietética.

O valor calórico foi maior para a formulação S11. Resultados semelhantes foram obtidos por Justo et al. (2007) em que obteve para pães adicionados de soja:chia (10:5) e soja:chia:linhaça (10:5:5) de 422,3 e 419,1 kcal.100g<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### **3.4. Perfil de ácidos graxos dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)**

Avaliando a caracterização do teor de lipídios (Tabela 24) verificou-se que houve um aumento no teor de lipídios, e também uma melhora do valor nutritivo destes.

**Tabela 24** - Teor de lipídios e composição de ácidos graxos nos pães desenvolvidos com chia (*Salvia hispanica* L.)\*.

	Formulações		
	Controle (g.100g <sup>-1</sup> )	F7,8 (g.100g <sup>-1</sup> )	S11 (g.100g <sup>-1</sup> )
Lipídios	2,88	3,21	3,95
<b>Gorduras saturadas</b>	<b>1,00</b>	<b>0,73</b>	<b>0,76</b>
Ácido Capróico (C6:0)	-	-	0,01
Ácido Láurico (C12)	0,01	-	-
Ácido Mirístico (C14:0)	0,01	0,01	0,01
Ácido Palmítico (C16:0)	0,60	0,51	0,53
Ácido Margárico (C17:0)	-	-	0,01
Ácido Esteárico (C18:0)	0,33	0,18	0,19
Ácido Araquídico (C20:0)	0,01	0,01	0,01
Ácido Behênico (C22:0)	0,02	0,01	0,01
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,01	-	-
<b>Gorduras Monoinsaturadas</b>	<b>0,83</b>	<b>0,44</b>	<b>0,42</b>
Ácido Palmitoleico (C16:1)	0,01	0,02	0,02
Ácido Oléico (C18:1 – ω-9)	0,65	0,37	0,35
Ácido cis-Eicosenóico (C20:1)	0,01	0,01	0,01
<b>Gorduras Poliinsaturadas</b>	<b>1,01</b>	<b>2,27</b>	<b>2,98</b>
Ácido Linoléico (C18:2 – ω-6)	0,86	1,02	1,10
Ácido Gama Linolênico (C18:3 - ω-6)	0,02	0,01	0,01
Ácido Linolênico (C18:3 - ω-3)	0,03	1,21	1,85
<b>Gordura Trans</b>	<b>0,26</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>
Ácido Elaidico (C18:1n9t)	0,16	0,05	0,04
Ácido Linolelaídico (C18:2n6t)	0,10	0,03	0,03
<b>Gorduras Insaturadas</b>	<b>1,84</b>	<b>2,71</b>	<b>3,40</b>
Razão PUFA:SAT	1,01	3,10	3,92

\*Em relação ao total de lipídios; Controle: pão de farinha de trigo, F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada.

A substituição de gorduras saturadas por insaturadas na dieta, ou a adição de gordura insaturada reduz o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (KUROKI; CARSON, 1959). Nos pães desenvolvidos, comparado ao controle, houve uma redução no teor de gordura saturada e monoinsaturada nas formulações F7,8 e S11 em 27 e 24% e 47 e 49% respectivamente. O mesmo foi verificado por Borneo, Aguirre e León (2010) estudando o efeito da substituição de 75% de ovos ou óleo na formulação de bolos por gel de chia apresentou uma redução do teor de gordura saturada em 17,6 e 32,3%, respectivamente. O aumento da relação entre a gordura poliinsaturada e saturada (PUFA:SAT) para as formulações F7,8 e S11, comparado ao pão controle, foi de 206,9 e 288,1%. Valores elevados comparado com Maruyama et al. (2013) que com a adição de sementes de chia e folhas de cenoura em pão branco verificaram um aumento máximo da razão PUFA:SAT de 18,88% em relação ao pão controle. Para indicar se um determinado alimento é saudável, o Departamento de Saúde do Reino Unido recomenda que o valor da razão PUFA:SAT deve estar acima de 0,45. Neste estudo, os valores desta relação para as formulações F7,8 e S11 foi de 3,10 e 3,92, respectivamente.

A gordura trans pode trazer malefícios ao ser humano, como o aumento da LDL-c e a redução de HDL-c que tem como consequência o aumento do risco de doença arterial coronariana, efeitos adversos no metabolismo de ácidos graxos essenciais e no balanço das prostaglandinas e pode também levar a trombogênese (MARQUES; VALENTE; ROSA, 2009). Um resultado satisfatório neste trabalho já que a gordura trans praticamente foi nula, com uma redução de 69,2 e 73,1% nas formulações em que foi adicionada farinha e semente chia com reduzido teor de gordura, respectivamente, comparado ao pão controle. Em 1999, a Food and Drug Administration (FDA) propôs que a quantidade de ácidos graxos trans fosse incluída nos rótulos dos produtos alimentícios quando tiver mais que 0,5 g na porção e especificada a quantidade quando somado aos ácidos graxos saturados. No Brasil, é previsto na Portaria SVS nº 27/98 (BRASIL, 1998) que pode ser utilizado a alegação "livre de gorduras trans" nos rótulos dos alimentos desde que o alimento pronto para consumo atenda às seguintes condições: máximo de 0,2 g de gorduras trans por porção; e, máximo de 2 g de gorduras saturadas por porção (BRASIL, 2003). Sendo assim, que os produtos desenvolvidos com chia podem receber a alegação 'livre de gordura trans'.

O teor de gordura poliinsaturada aumentou em torno de 125 e 195% para as formulações F7,8 e S11, comparado ao pão controle, respectivamente. Sendo destacado o aumento de 40,3 e 61,7 vezes dos teores de  $\omega$ -3 para as formulações F7,8 e S11, e  $\omega$ -6, com aumentos de 17,0 e 26,1%, respectivamente. Este resultado é elevado comparado ao estudo de Maruyama et al.

(2013) que obtiveram um aumento de 3,1 vezes de  $\omega$ -3 e semelhante para os teores de  $\omega$ -9 que diminuíram em pães com adição de sementes de chia e folhas de cenoura comparado ao pão controle. Porém, estes mesmos autores obtiveram resultados adversos a este estudo, pois verificaram uma redução nos teores de  $\omega$ -6. Justo et al. (2007) observaram que nos pães adicionados de farinha de trigo, soja, chia e linhaça na proporção de 80:10:5:5 aumentou em 4,6 vezes o teor de  $\omega$ -3. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2008) um alimento pode ser considerado com alegação de propriedade funcional quando apresentar no mínimo 0,1 g de  $\omega$ -3 na porção ou em 100g do produto pronto para o consumo o que auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos. Portanto, os produtos desenvolvidos neste estudo possuem alegação de propriedades funcionais.

### 3.5. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)

O teor de compostos fenólicos (Tabela 25) foi maior nos pães adicionados de chia, sendo semelhante ( $p < 0,05$ ) na formulação de pão adicionado de semente de chia (S11) e maior na formulação de pão adicionado de farinha de chia (F7,8) comparado ao pão controle. Estes resultados confirmam o potencial de usar a chia em produtos de panificação como um ingrediente funcional, uma vez que é uma importante fonte de antioxidantes naturais.

**Tabela 25** - Teor de compostos fenólicos apresentados pelos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.).

Formulações*	$\mu\text{g}_{\text{GAE}}/\text{g}_{\text{amostra}}$
Controle	$197,2^{\text{b}} \pm 17,284$
F7,8	$261,9^{\text{a}} \pm 19,351$
S11	$230,9^{\text{a,b}} \pm 14,582$

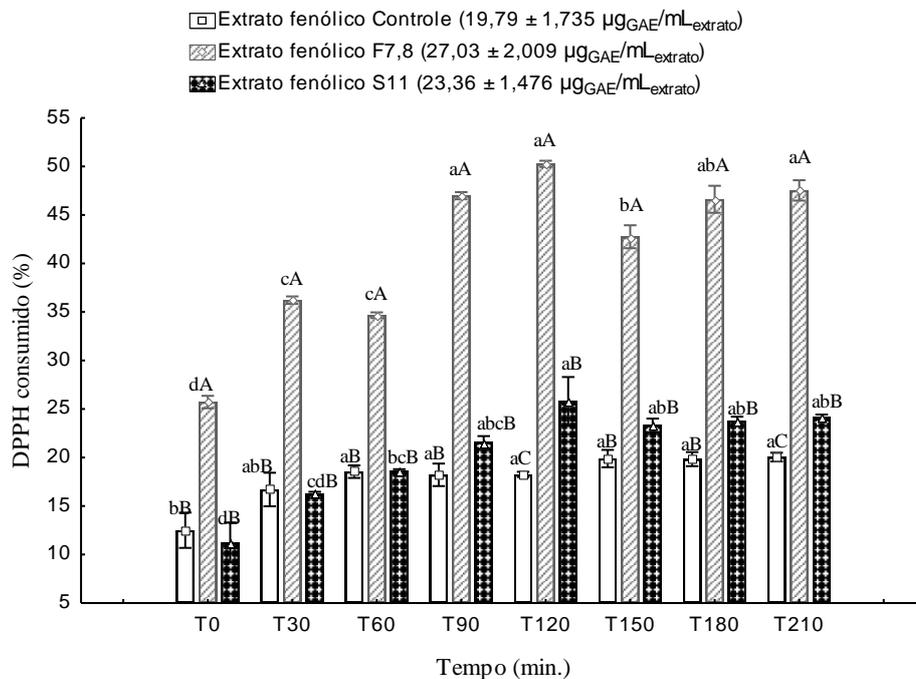
Os valores são médias  $\pm$  desvio padrão de análises realizadas em triplicata. \*Controle: pão de farinha de trigo, F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada. Em uma mesma coluna, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 3.5.1. Capacidade de sequestro do radical livre DPPH

É importante a presença nos alimentos de compostos fenólicos que atuam como agentes antioxidantes. Esse composto mantém a qualidade dos alimentos, previne ou retarda a deterioração, mantém o valor nutritivo dos alimentos e protege os tecidos do corpo do dano oxidativo (OOMAH, SITTER, 2009; VAN RUTH, SHAKER, MORRISSEY, 2001). A

porcentagem de sequestro do radical livre DPPH (Figura 15) nos pães demonstrou que a formulação F7,8 foi a que apresentou maior atividade antioxidante ( $p < 0,05$ ) comparado ao pão controle.

**Figura 15** - Teor de DPPH consumido apresentado pelos pães desenvolvidos com farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.).



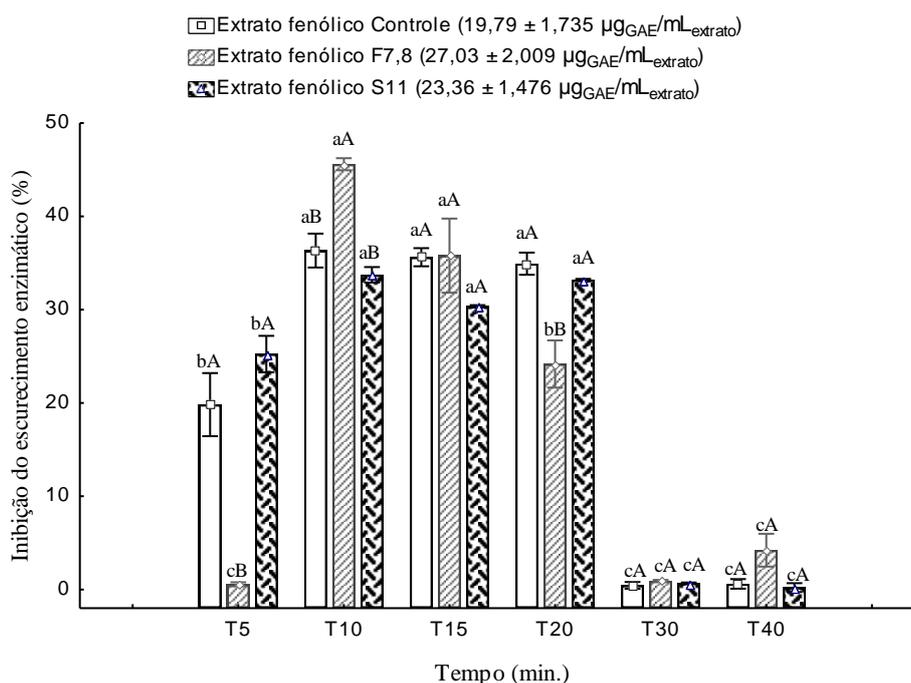
Os valores são médias  $\pm$  desvio padrão de análises realizadas em triplicata. Controle: pão de farinha de trigo, F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada. \*letras minúsculas corresponde a diferença entre os extratos nos diferentes tempos de reação; letras maiúsculas corresponde a diferenças entre os tempos de reação.

A formulação F7,8 foi a que apresentou maior sequestro do radical livre DPPH com o aumento do tempo de reação sendo igual ( $p < 0,05$ ) a partir de 180 min. Já a formulação S11 foi semelhante ao pão controle com exceção do tempo de reação de 120 e 210 min onde foi maior que o pão controle. Este resultado é explicado pelo maior teor de compostos fenólicos na formulação F7,8 que contém a farinha de chia. Quanto menor a área superficial da chia, maior o teor de compostos fenólicos. Segundo Puig e Haros (2011), produtos desenvolvidos com semente de chia, devido a integridade do grão promovem a inibição de liberação de seus compostos. Justo et al. (2005) estudaram a capacidade antioxidante pelo método de DPPH de pães adicionados de 10% de chia, e combinado com 5% de chia e 5% de linhaça e obtiveram atividade antioxidante maior comparada ao pão controle, passando de 2,25% (controle) para até 17,80% (pão de chia) e 5,16% (pão combinado) em 15 e 20 min de reação, respectivamente.

### 3.5.2. Inibição da oxidação catalisada enzimaticamente

Avaliar a atividade antioxidante dos extratos em um sistema enzimático aquoso sobre a ação da peroxidase permite inferir sobre o mecanismo de inibição de oxidação uma vez que o potencial antioxidante de uma substância depende de sua estrutura química (OLIVEIRA et al., 2007). A inibição da oxidação catalisada enzimaticamente é apresentada na Figura 16.

**Figura 16** - Inibição da reação de escurecimento enzimático da peroxidase apresentada pelos pães desenvolvidos com farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.).



Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. Controle: pão de farinha de trigo, F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada. \*letras minúsculas corresponde a diferença entre os extratos nos diferentes tempos de reação; letras maiúsculas corresponde a diferenças entre os tempos de reação.

O extrato fenólico da formulação F7,8 apresentou a maior inibição aos 10 min de reação, estimado em 45% de inibição do escurecimento enzimático catalisado pela peroxidase extraída da batata. Colla, Badiale-Furlong e Costa (2007) também obtiveram o mesmo comportamento em extratos fenólicos de *Spirulina platensis*, que apresentou um pico máximo de inibição da enzima peroxidase e posterior redução. A formulação S11 obteve resultados semelhantes ao pão controle ( $p < 0,05$ ). Isto pode estar relacionado à integridade do grão, que dificulta a liberação desses compostos (PUIG; HAROS, 2011) para inibição da peroxidase.

### 3.6. Avaliação física e tecnológica dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)

Para que um novo produto entre no mercado deve-se atingir o nível de qualidade que os consumidores demandam. O efeito da inclusão de chia sobre alguns parâmetros que descrevem a qualidade do pão é apresentado na Tabela 26.

**Tabela 26** - Características tecnológicas de pães adicionados de chia (*Salvia hispanica* L.).

	Formulações		
	Controle	F7,8	S11
Perdas na cocção (%)	7,8 <sup>a,b</sup> ± 0,188	8,4 <sup>a</sup> ± 0,546	6,9 <sup>b</sup> ± 0,337
VE (cm <sup>3</sup> .mL <sup>-1</sup> )	3,2 <sup>a</sup> ± 0,033	3,1 <sup>a</sup> ± 0,033	2,9 <sup>b</sup> ± 0,033
Dureza após 1h (g)	36,2 <sup>c</sup> ± 1,686	56,9 <sup>a</sup> ± 2,254	48,9 <sup>b</sup> ± 1,692
Dureza após 24h (g)	75,9 <sup>c</sup> ± 1,464	108,0 <sup>a</sup> ± 2,73	82,8 <sup>b</sup> ± 2,279
Cor do miolo			
L*	71,9 <sup>a</sup> ± 1,040	63,8 <sup>b</sup> ± 1,325	66,4 <sup>b</sup> ± 2,457
C*	15,8 <sup>a</sup> ± 1,059	15,7 <sup>a</sup> ± 0,490	14,1 <sup>a</sup> ± 0,727
h <sub>ab</sub> (°)	85,9 <sup>b</sup> ± 0,503	85,0 <sup>b</sup> ± 0,603	89,0 <sup>a</sup> ± 0,869
Cor da crosta			
L*	61,2 <sup>b</sup> ± 0,920	57,9 <sup>c</sup> ± 3,361	65,3 <sup>a</sup> ± 2,833
C*	36,5 <sup>a</sup> ± 1,028	33,7 <sup>a</sup> ± 2,094	33,4 <sup>a</sup> ± 2,178
h <sub>ab</sub> (°)	66,3 <sup>a</sup> ± 4,209	68,9 <sup>a</sup> ± 2,982	72,9 <sup>a</sup> ± 2,385
Pontuação total	100 <sup>a</sup>	80,1 <sup>b</sup> ± 0,208	80,1 <sup>b</sup> ± 1,123

Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. Controle: pão de farinha de trigo, F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada, VE: Volume específico; L\*: Luminosidade, hab: ângulo Hue; C\*: croma; Em uma mesma linha, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados demonstram que houve uma menor perda de cocção ( $p < 0,05$ ) na formulação S11 comparada ao controle, isto ocorre porque a fibra das sementes de chia contém mucilagens que absorvem quantidade elevadas de água (ESCUADERO ÁLVAREZ; GONZÁLEZ SÁNCHEZ, 2006) diminuindo o teor de água livre que possa ser evaporada no processo de fornecimento.

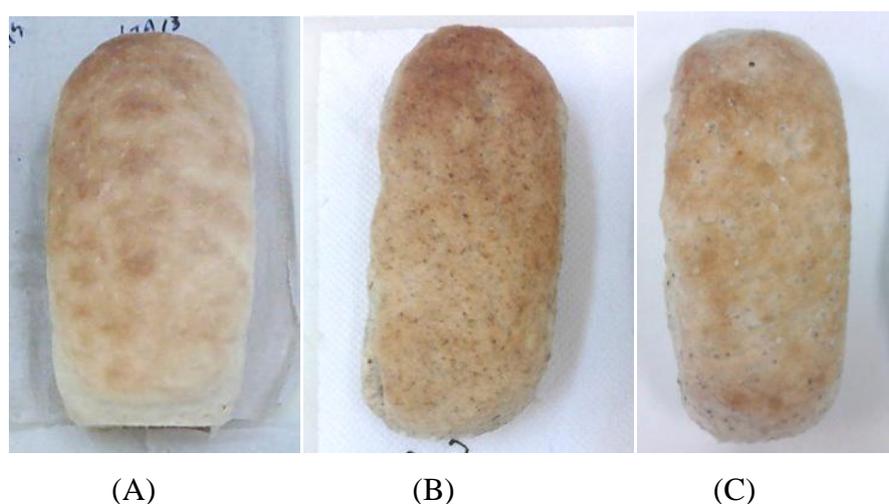
A formulação S11 apresentou menor VE comparada ao pão controle, não havendo diferenças entre as formulações F7,8 e controle. Puig e Haros (2011) desenvolveram pão adicionado de 5% de semente e 5% farinha de chia em pães formulados com água, farinha de

trigo, levedura e sal e obtiveram maiores valores para o VE, devido ao aporte de mucilagem da chia e a ausência de gordura vegetal hidrogenada nas formulações, e menores para os valores de dureza desses pães. A diluição do glúten em formulações contendo farinhas mistas de trigo e outras farinhas isentas dessa proteína é responsável pela baixa retenção de CO<sub>2</sub> oriundo da fermentação, tendo como principal consequência a redução de volume (SHARMA; CHAUHAN, 2000).

A dureza tanto após 1h como após 24h de forneamento foi menor para a formulação S11 comparada a formulação F7,8 sendo ambas diferentes ( $p < 0,05$ ) do pão controle. Este resultado demonstra que a textura dos pães foi influenciada pela adição de chia na formulação devido principalmente às características de formação do glúten da massa.

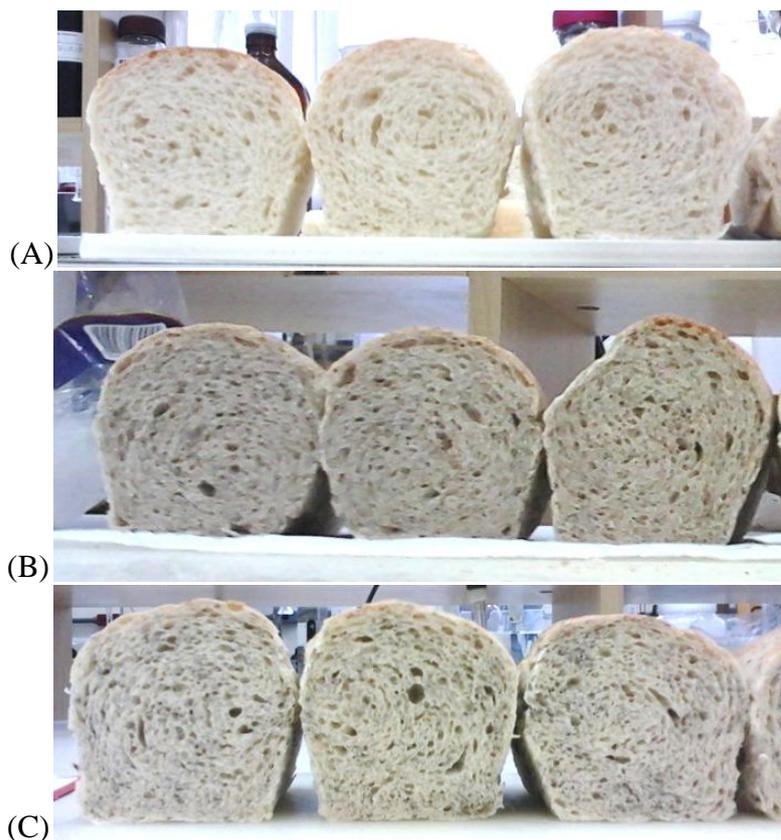
Na análise de cor, demonstrou diferenças significativas para luminosidade (L\*) do miolo e da crosta e ângulo Hue (h<sub>ab</sub>) do miolo. As Figuras 17 e 18 apresentam a crosta e o miolo dos pães controle e formulações F7,8 e S11, respectivamente. Os parâmetros de luminosidade do miolo diminuíram significativamente com a adição de chia, tendendo ao escuro, sendo mais pronunciado na formulação de farinha de chia (F7,8), efeito também observado por Puig e Haros (2011) que obtiveram uma diminuição com adição de 5% de farinha de chia e 5% de semente de chia comparado ao controle. O ângulo Hue foi maior para a formulação S11, com semente de chia, com maior tendência à cor amarela (ângulo próximo a 90°). Quanto à crosta, a luminosidade diminuiu para a formulação F7,8 e aumentou para a S11 comparado ao controle. Este resultado se deve muito a homogeneidade na etapa de forneamento.

**Figura 17** - Fotografias da crosta dos pães controle e adicionados de chia (*Salvia hispanica* L.).



\*(A) pão de farinha de trigo, (B): pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, (C): pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada.

**Figura 18** - Fotografias do miolo dos pães controle e adicionados de chia (*Salvia hispanica* L.).

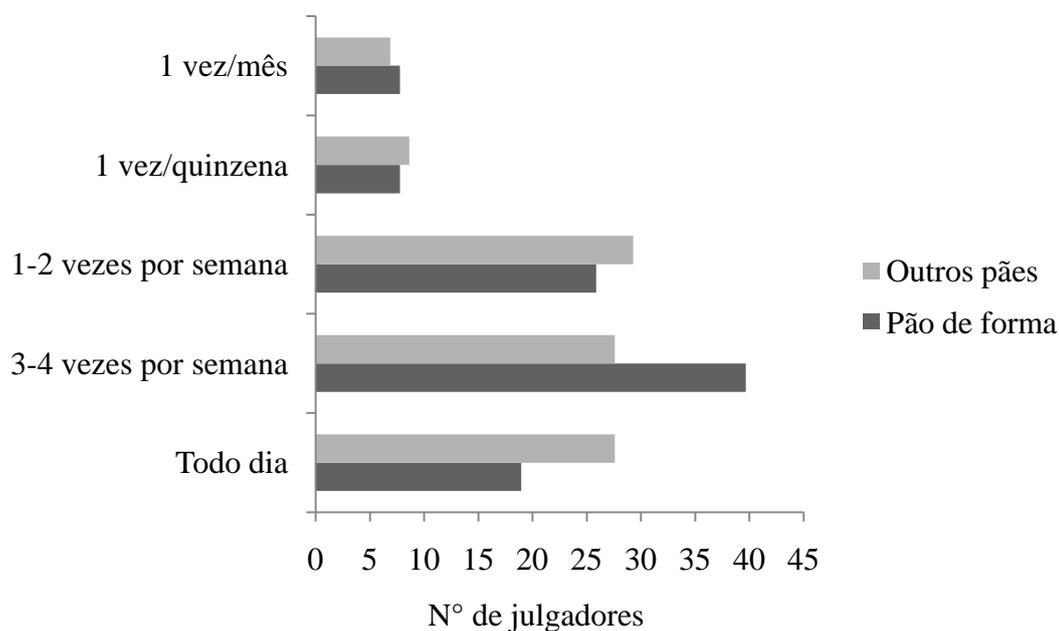


\*(A): pão de farinha de trigo, (B): pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, (C): pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada.

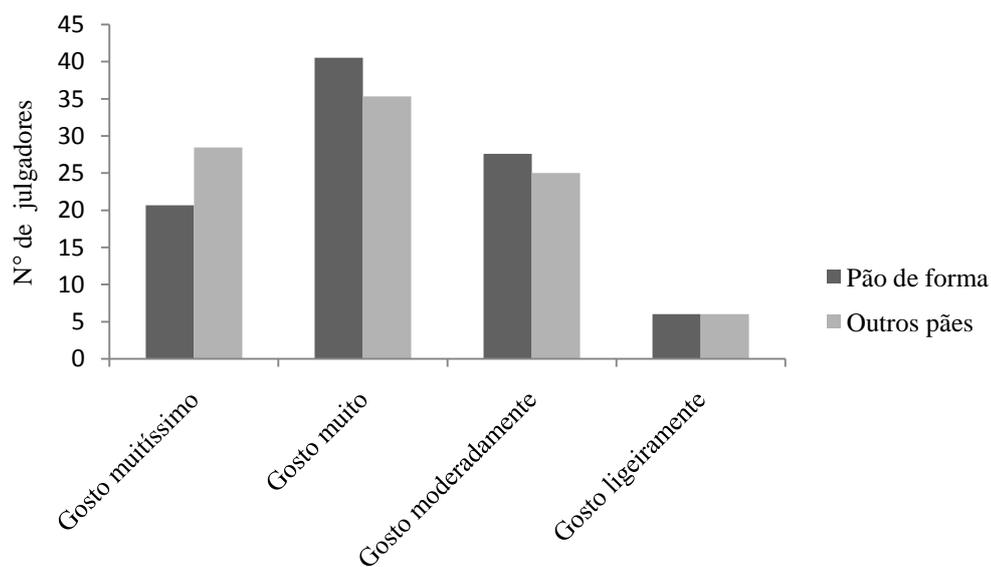
### **3.7. Avaliação sensorial dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)**

A maior parte dos consumidores foi do sexo feminino (68,9%) e tinham entre 18 e 25 anos (54,3%), 26 e 35 anos (37,1%), 36 e 45 anos (0,9%), 46 e 50 anos (1,7%) e maior que 50 anos (6,0%). As Figuras 19 e 20 apresentam a preferência dos consumidores para o consumo de pão de forma e outros pães. A maioria dos julgadores consome pão de forma a outros pães durante a semana. Porém, diariamente há um consumo maior de outros pães em relação ao pão de forma, o que é comprovado na preferência por outros pães. Entretanto, a maioria dos julgadores gosta muito de pão de forma. Houve uma igualdade entre o consumo diário de 3 a 4 vezes por semana para outros pães. Dos pães consumidos no Brasil, 86% correspondem aos pães artesanais (sendo 58% pão francês) e 4% são os pães industrializados (ABIP, 2013).

**Figura 19** - Recrutamento dos consumidores em relação ao consumo de pão de forma e outros pães.



**Figura 20** - Preferência dos consumidores por pão de forma ou por outros pães.



A Tabela 27 apresenta os resultados para os atributos avaliados na análise sensorial para as formulações F7,8 e S11.

**Tabela 27** - Resultados obtidos na análise sensorial dos pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.).

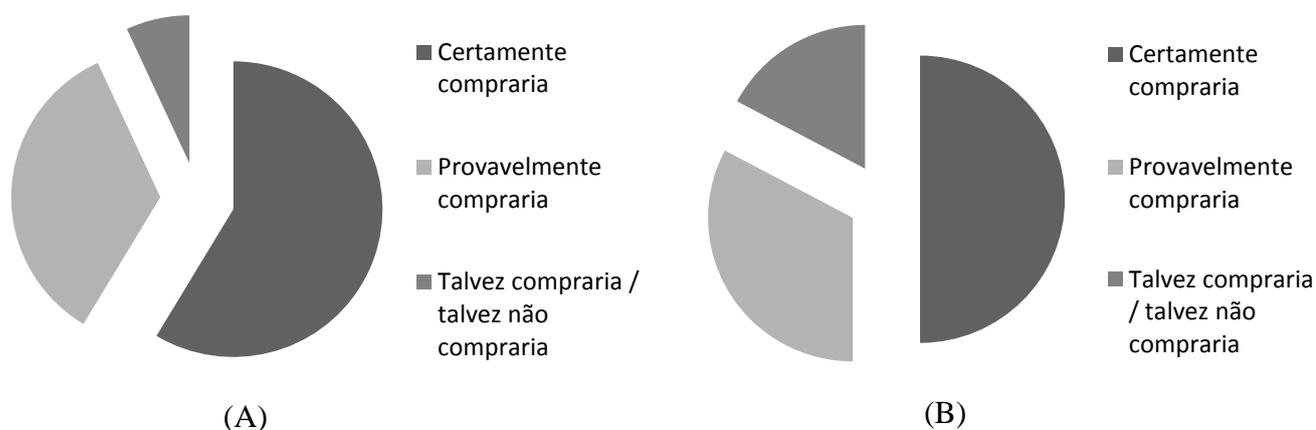
	F7,8		S11	
	Notas	IA	Notas	IA
Aparência	8,09 <sup>a</sup> ±0,960	89,8	7,95 <sup>a</sup> ±1,234	88,3
Cor da casca	7,81 <sup>a</sup> ±1,051	86,8	7,90 <sup>a</sup> ±1,255	87,8
Cor do miolo	8,12 <sup>a</sup> ±0,974	90,2	8,03 <sup>a</sup> ±1,108	89,3
Odor	7,72 <sup>a</sup> ±1,460	85,8	7,97 <sup>a</sup> ±1,186	88,6
Textura	7,91 <sup>a</sup> ±1,328	87,9	7,29 <sup>a</sup> ±1,777	81,0
Sabor	8,29 <sup>a</sup> ±0,858	92,1	7,91 <sup>a</sup> ±1,442	87,9
Qualidade global	8,17 <sup>a</sup> ±0,825	92,1	8,11 <sup>a</sup> ±0,951	90,13

Os valores são médias ± desvio padrão de análises realizadas em triplicata. IA: índice de aceitabilidade, F7,8: pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, S11: pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada; Em uma mesma linha, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em todos os atributos obteve-se nota maior que 7, demonstrado pela média de aceitação dos julgadores que variou de “gostei moderadamente” a “gostei muito”, e IA maior que 80% em todos os atributos. Segundo Spehar e Santos (2002) para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um IA de no mínimo 70%. Puig e Haros (2011) obtiveram uma alta aceitabilidade (97,8%) para o pão elaborado com 5% de semente de chia. Avaliando globalmente estes dados, verifica-se que a formulação de farinha de chia obteve melhor aceitabilidade o que pode estar relacionado aos maiores valores de VE comparada às formulações com semente de chia.

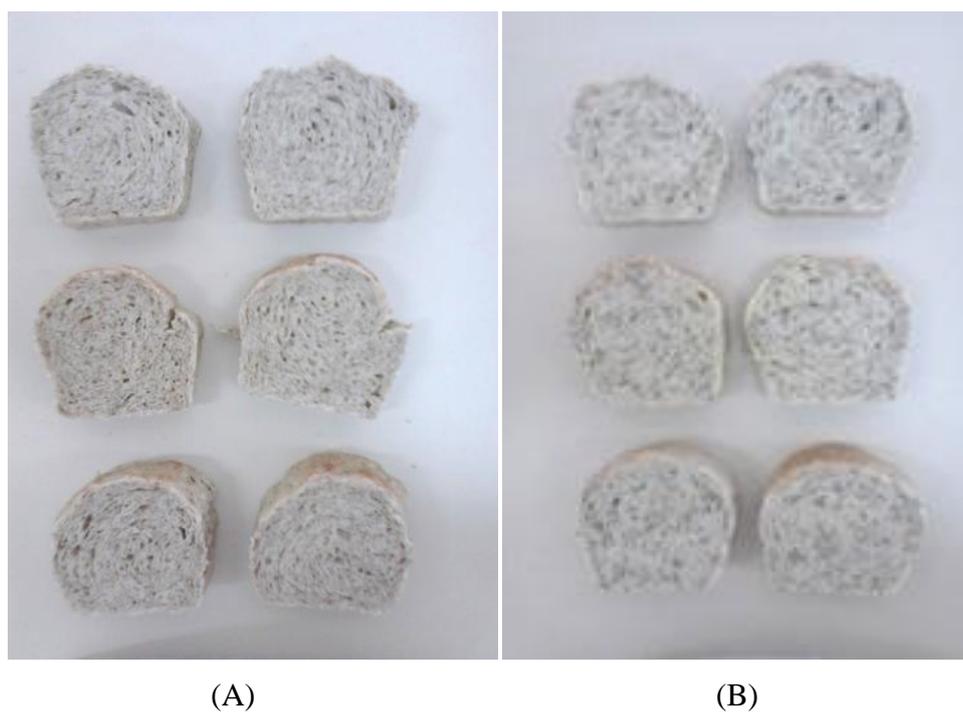
Em relação à intenção de compra (Figura 21), as amostras de pães adicionados de semente de chia apresentaram atitude positiva de compra, com 50% dos julgadores afirmando que certamente comprariam e 33% provavelmente comprariam, somando 83% dos consumidores. Já a formulação de farinha de chia (F7,8) cerca de 60% dos consumidores certamente comprariam o produto e 35% provavelmente comprariam, totalizando 95% dos consumidores, o que comprova que o pão adicionado de farinha de chia foi mais bem aceito pelos julgadores do que o de semente de chia. A Figura 22 apresenta os pães avaliados na análise sensorial.

**Figura 21-** Resultados para intenção de compra dos pães desenvolvidos com farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.)



(A) pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, (B) pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada.

**Figura 22 -** Pães adicionados de farinha e semente de chia (*Salvia hispanica* L.) utilizados na avaliação sensorial.



(A) pão adicionado de 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada, (B) pão adicionado de 11% de semente de chia e 1% de gordura vegetal hidrogenada.

#### 4. CONCLUSÃO

Através da redução do teor de gordura vegetal hidrogenada e inclusão de semente e farinha de chia (*Salvia hispanica* L.) em pães determinado pelo delineamento experimental, foi possível reduzir em 24 e 27% os teores de gordura saturada e aumentar os teores de gordura poliinsaturada em 195 e 125%, principalmente  $\omega$ -3, com aumentos de 61,7 e 40,3 vezes, além de aumentar os teores de fibras, em 19 e 6,67 vezes, respectivamente, apresentando características de produtos funcionais. Os pães elaborados com farinha de chia no delineamento experimental apresentaram características tecnológicas superiores aos elaborados com semente de chia. A qualidade tecnológica foi influenciada pela adição de chia nas formulações ocorrendo diminuição do volume específico e da pontuação total dos pães. Na avaliação sensorial os pães adicionados de 7,8% de farinha e 11% de semente de chia obtiveram altos índices de aceitabilidade e de intenção de compra demonstrando a viabilidade comercial destes produtos, sendo destacado o pão de farinha de chia com maior índice de intenção de compra que o de sementes de chia.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC. 10<sup>th</sup> edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Disponível em: <[http://www.abip.org.br/perfil\\_internas.aspx?cod=35](http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=35)>, Acesso em: 04/julho, 2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas** –NBR 12806. Rio de Janeiro, 1993. 8p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists**. Arlington: A.O.A.C., 1995. method 954.02

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of International**. 17 th. 1 CD-ROM, 2000.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists**. 18. ed., 2005. Method 996.06 p. 20-25.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia: rediscovering a forgotten crop of the Aztecs**. The University of Arizona Press, Tucson, 2005.

BADIALE-FURLONG, E.; COLLA, E.; BORTOLATO, D. S.; BAISCH, A. L. M.; DE SOUZA-SOARES, L. A. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. **Vetor**, v. 13, p. 105-114, 2003.

BORNEO, R.; AGUIRRE, A.; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. **A Journal of the American Dietetic Association**. Research and Professional Briefs, p. 946-949, 2010.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surface**. New York: Wiley, 1987. 669p.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Resolução nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprovar o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde, ANVISA. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno\\_lista\\_alega.htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm)>. Acesso: 23 jan/2104.

BRIEN, C. M. O.; MUELLER, A.; SCANNELL, A. G. M.; ARENDT, E. K. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 265-267, 2003.

COLLA, L. M.; BADIALE-FURLONG, E.; COSTA, J. A. V. Antioxidant properties of *Spirulina (Arthrospira) platensis* cultivated under different temperatures and nitrogen regimes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 1, p. 161-167, 2007.

DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Uma visão retrospectiva da fibra e doenças cardiovasculares. In: LAJOLO, F. M.; AURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Livraria Varela, Cap. 30, 2001, 411-430 p.

DJORDJEVIC, D.; McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Oxidative stability of whey protein-stabilized oil-in-water emulsions at pH 3: potential  $\omega$ -3 fatty acid delivery systems (Part B). **Journal of Food Science**, v. 69, n. 5, p. C356-C362, 2004.

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

DYNER, L.; DRAGO, S. R.; PIÑEIRO, A.; SÁNCHEZ, H.; GONZÁLEZ, R.; VILLAMIL, E., VALENCIA, M. E. Composition and potential contribution of iron, calcium and zinc of bread and pasta made with wheat and amaranth flours. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 57, p. 69-78, 2007.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.

ESCUADERO ALVAREZ, E. Y.; GONZALEZ SANCHEZ, P. La fibra dietética. **Nutrición Hospitalaria**, v. 21, n. 2, p. 61-72, 2006.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

HERRERO, M.; MARTÍN-ÁLVAREZ, P.; SEÑORÁNS, F. J.; CIFUENTES, A.; IBÁÑEZ, E. Optimization of accelerated solvent extraction of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga. **Food Chemistry**, v. 93, p. 417-423, 2005.

HU, F. B. Dietary patterns analysis: A new direction in nutritional epidemiology. **Current Opinion Lipidology**, v. 13, p. 3-9, 2002.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 28, n. 3, p. 286-293, 2008.

JUSTO, M. B.; ALFARO, A. D. C.; AGUILAR, E. C.; WROBEL, K.; WROBEL, K.; GUZMÁN, G. A.; SIERRA, Z. G.; ZANELLA, V. Da M. Desarrollo de pan integral con soya, chía, linaza y ácido fólico como alimento funcional para la mujer. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, v. 57, n. 1, p. 14-20, 2007.

JUSTO, M. B.; MARTÍNEZ, A. B.; MARTÍNEZ, C. B.; AGUILAR, E. C.; GUZMÁN, G. A.; ZANELLA, V. M.; SIERRA, Z. G. Propiedades funcionales y valor nutritivo de panes integrales

con chía y linaza. In: **VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos**. Guanajuato, Gto, México, 2005.

KUO, P. T.; CARSON, J. C. Dietary fats and diurnal serum triglyceride levels in man. *Journal of Clinical Investigation*, v. 38, p. 1384, 1959.

MARQUES, A. C.; VALENTE, T. B.; ROSA, C. S. Formação de toxinas durante o processamento de alimentos e as possíveis conseqüências para o organismo humano. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 2, p. 289-293, 2009.

MARUYAMA, S. A.; PALOMBINI, S. V.; CLAUS, T.; CARBONERA, F.; MONTANHER, P. F.; DE SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J.V.; GOMESA, S. T. M.; MATSUSHITA, M. Application of Box-Behnken design to the study of fatty acids and antioxidant activity from enriched white bread. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 9, p. 1520-1529, 2013.

MASCIE-TAYLOR, C. G.; KARIM, E. The burden of chronic disease. **Science**, v. 302, p. 1921-1922, 2003.

McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A.; WEISS, J. Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. **Journal of Food Science**, v. 72, p. R109-R124, 2007.

MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Minolta, Minolta Camera Co, Osaka, Japan, 1993. 13p.

OLIVEIRA, M. S.; DORS, G. C.; SOUZA-SOARES, L. A.; BADIALE-FURLONG, E. Atividade antioxidante e antifúngica de extratos vegetais. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 267-275, 2007.

OOMAH, B. D.; SITTER, L. Characteristics of flaxseed hull oil. **Food Chemistry**, v. 114, p. 623-628, 2009.

PARK, D. N.; ARAYA, L. H. Fibra dietética y obesidad. In: LAJOLO, F. M.; SAURACALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. (Ed.) **Fibra dietética en iberoamérica: tecnología y salud**. São Paulo: Varela, 2001. Cap.27, p.371-384.

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

PIRES, R. P. **Curso de extensão em tecnologia da panificação**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 1998.

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. **Food Science and Technology**, v. 54, p. 73-79, 2013.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R. S.; CAMPAGNOLLII, D. M. F.; VITTI, P.; LEITAO, R. F. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinha de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas, 3ª Edição, 1993. 54p.

PUIG, E. I.; HAROS, M. La chia em Europa: El nuevo ingrediente en productos de panadería. Artículos técnicos. **Alimentaria**, v. 420, p. 73-77, 2011.

REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 107, p. 656-663, 2008.

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

SHARMA, H. R.; CHAUHAN, G. S. Physicochemical and rheological quality characteristics of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) supplemented wheat flour. **Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 87-90, 2000.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p. 438-463, 1991.

ŠKRBIĆ, B.; FILIPCEV, B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. **Food Chemistry**, v. 108, p. 119-129, 2008.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

THAUTWEIN, E. A.  $\omega$ -3 fatty acids e physiological and technical aspects for their use in food. **European Journal of Lipid Science Technology**, v. 103, p. 45-55, 2001.

VAN RUTH, S. M.; SHAKER, E. S.; MORRISSEY, P. A. Influence of methanolic extracts of soybean seeds and soybean oil on lipid oxidation in linseed oil. **Food Chemistry**, v. 75, p. 177-184, 2001.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington, DC: Consumer and Food Economics Research Division / Agricultural

## **CAPÍTULO IV**

### **Conclusão Geral e Sugestões para Trabalhos Futuros**

## 5. CONCLUSÃO GERAL

Foi comprovado que a chia (*Salvia hispanica* L.) é uma boa fonte de gordura poliinsaturada, de  $\omega$ -3 e de  $\omega$ -6, assim como de fibras e proteínas, e apresenta altos teores de compostos fenólicos com atividade antioxidante.

Conseguiu-se reduzir o teor de gordura vegetal hidrogenada das formulações mantendo os parâmetros tecnológicos semelhantes ao controle através de uma validação experimental. Para a obtenção de elevado VE e maior pontuação total as formulações contendo 7,8% de farinha de chia e 0,9% de gordura vegetal hidrogenada e 11% de semente de chia e 1% de gordura foram satisfatórias. A adição de chia, na forma de semente e de farinha, ao pão, produziu melhora do valor nutricional dos produtos enriquecidos quando comparadas ao pão controle, feito com 100% de farinha de trigo, com redução de 24 e 27% dos teores de gordura saturada e aumento dos teores de gordura poliinsaturada em 195 e 125%, principalmente  $\omega$ -3, com aumentos de 61,7 e 40,3 vezes, além de aumento dos teores de fibras, em 19 e 6,67 vezes, respectivamente. Porém, houve influência nas características tecnológicas, principalmente na redução dos valores de volume específico e na pontuação total.

Os pães desenvolvidos são considerados alimentos funcionais já que apresentam elevados teores de  $\omega$ -3 (acima de 0,1 g em 100 g do produto), com redução dos teores de gorduras saturadas e trans, e a formulação com semente de chia apresentou elevado teor de fibra dietética total (acima de 3 g em 100 g do produto).

## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho tem como principal contribuição o desenvolvimento de dois produtos funcionais caracterizados pelos elevados teores de  $\omega$ -3. Porém, a utilização dos componentes da chia pode ser mais explorada para utilização em alimentos, tais como:

- Extração de compostos fenólicos de chia e possível aplicação para a redução do escurecimento enzimático, por exemplo, em frutas, quantificando estes compostos após a hidrólise;
- Extração de  $\omega$ -3 e posterior encapsulamento para aplicação em alimentos;
- A obtenção de hidrolisados protéicos e peptídeos biologicamente ativos que apresentam diferentes propriedades físico-químicas e atividades biológicas para melhorar as propriedades dos alimentos e saúde;
- Utilização de fibras solúveis como substitutos de emulsificantes.

**ANEXOS**

**Anexo 1 - Pontuação total: Qualidade do pão**

<b>CARACTERÍSTICAS EXTERNAS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>	<b>NOTA</b>
Volume (volume específico x 3,33)	20	----
Cor da crosta (fatores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara, muito escura)	10	
Quebra (fatores indesejáveis: muito pequena, áspera, lados desiguais)	05	
Simetria (fatores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais)	05	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>40</b>	

<b>CARACTERÍSTICAS INTERNAS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>	<b>NOTA</b>
Características da crosta (fatores indesejáveis: crosta “borrachenta”, quebradiça, dura, muito grossa, muito fina)	05	
Cor do miolo (características indesejáveis: miolo cinza, opaco, desigual, escuro)	10	
Textura do miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, miolo áspero, compacto, seco)	10	
Estrutura da célula do miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou fechados)	10	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>35</b>	

<b>AROMA E SABOR</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>	<b>NOTA</b>
Aroma (fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, “estranho”, muito fraco ou forte)	10	
Gosto (fatores indesejáveis: ácido, “estranho”, sabor de goma ou massa, gosto residual)	15	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>25</b>	

<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	
--------------	------------	--

**Anexo 2 - Documento de aprovação do comitê de ética**

**CEPAS/FURG**  
**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA NA ÁREA DA SAÚDE**  
**Universidade Federal do Rio Grande - FURG**  
[www.cepas.furg.br](http://www.cepas.furg.br)

---

**PARECER Nº 065/ 2013**

**CEPAS 19/2013**

Proc.: 23116.001856/2013-23

**PÃO ENRIQUECIDO COM CHIA**

Pesq. Resp.: Michele Silveira Coelho

**PARECER DO CEPAS:**

O Comitê, considerando tratar-se de um trabalho relevante, o que justifica seu desenvolvimento, bem como o atendimento às pendências informadas no parecer 045/2013, emitiu o parecer de **APROVADO** para o projeto "**PÃO ENRIQUECIDO COM CHIA**".

Está em vigor, desde 15 de novembro de 2010, a Deliberação da CONEP que compromete o pesquisador responsável, após a aprovação do projeto, a obter a autorização da instituição co-participante e anexá-la ao protocolo do projeto no CEPAS. Pelo exposto, o pesquisador responsável deverá verificar se seu projeto está obedecendo a referida deliberação da CONEP.

Segundo normas da CONEP, deve ser enviado relatório de acompanhamento ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme modelo disponível na página <http://www.cepas.furg.br>.

Data de envio do relatório: 01/03/2014.

Rio Grande, RS, 29 de abril de 2013.

*Eli Sinnott Silva*  
Profª. Eli Sinnott Silva

Coordenadora do CEPAS/FURG

**Anexo 3 - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)**

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Pão enriquecido com chia”

Nome do (a) Pesquisador (a): Michele Silveira Coelho

Nome do (a) Orientador (a): Myriam de Las Mercedes Salas-Mellado

**Natureza da pesquisa:** A Sra. (Sr.) está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como finalidade o desenvolvimento de um produto funcional (pão adicionado de chia) Os pães serão produzidos de acordo com as normas de higiene e segurança exigidos através de Boas Práticas de Fabricação segundo a Resolução - RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002.

**Participantes da pesquisa:** 50 julgadores não treinados, entre professores e alunos da instituição, todos consumidores de pão.

**Envolvimento na pesquisa:** Ao participar deste estudo a Sra. (Sr.) permitirá que a pesquisadora utilize suas respostas para publicar na dissertação. A Sra. (Sr.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a Sra. (Sr.). Além disso, sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone da pesquisadora do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

**Sobre as entrevistas:** Serão feitas duas perguntas para saber o quanto a Sra. (Sr.) gostou do produto, e se a Sra. (Sr.) normalmente consumiria pão adicionado de chia através de uma ficha de avaliação será solicitado que utilizando uma escala hedônica de nove pontos, tendo em um extremo a qualificação “desgostei muitíssimo”, no centro “indiferente” e na outra extremidade “gostei muitíssimo” avalie os atributos aparência, cor da casca, cor do miolo, aroma, textura do miolo, sabor e qualidade global.

**Riscos e desconforto:** A participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas. Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Os procedimentos usados oferecem riscos mínimos. Caso o julgador sinta algum desconforto estomacal como náusea ou apresente outros sintomas, será encaminhado ao ambulatório da instituição.

**Confidencialidade:** Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente a pesquisadora e sua orientadora (e/ou equipe de pesquisa) terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados dessa pesquisa.

**Benefícios:** Ao participar desta pesquisa a Sra. (Sr.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo obtenha informações importantes sobre as características sensoriais dos pães desenvolvidos, de forma que a partir desta pesquisa possa ser disponibilizado produtos de melhor qualidade a disposição do público consumidor, onde a pesquisadora se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item anterior.

**Pagamento:** A Sra. (Sr.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

#### Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa

---

Nome do Participante da Pesquisa

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

---

Assinatura do Pesquisador

---

Assinatura do Orientador

**Pesquisador: Michele Silveira Coelho, (53) 84497341.**

**Orientador: Myriam de Las Mercedes Salas-Mellado, (53) 32338621.**

**Telefone do Comitê: (53) 3233-0235**

**E-mail: [cepas@furg.br](mailto:cepas@furg.br)**

**APÊNDICES**

## Apêndice 1 - Ficha de avaliação sensorial

Universidade Federal do Rio Grande – FURG  
Escola de Química e Alimentos  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

### Ficha de Avaliação Sensorial

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

Você está recebendo 1 amostra codificada de pão enriquecido com chia. Utilizando a escala apresentada abaixo, atribua valores para cada um dos atributos da amostra, preenchendo os campos determinados.

**9** - Gostei muitíssimo

**8** - Gostei muito

**7** - Gostei moderadamente

**6** - Gostei ligeiramente

**5** - Indiferente

**4** - Desgostei ligeiramente

**3** - Desgostei moderadamente

**2** - Desgostei muito

**1** - Desgostei muitíssimo

	<b>Notas</b>
<b>Aparência</b>	_____
<b>Cor da casca</b>	_____
<b>Cor do miolo</b>	_____
<b>Odor</b>	_____
<b>Textura</b>	_____
<b>Sabor</b>	_____
<b>Qualidade global</b>	_____

➤ **Em relação à amostra, você:**

**5** - Certamente compraria

**4** - Provavelmente compraria

**3** - Talvez compraria / talvez não compraria

**2** - Provavelmente não compraria

**1** - Certamente não compraria

**Nota:** \_\_\_\_\_

**Apêndice 2 - Ficha de recrutamento de provador**Ficha de recrutamento de provador**Análise Sensorial de Pão Tipo Forma com Adição de Chia**

Nome \_\_\_\_\_

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

Faixa etária: ( ) 18-25 ( ) 26-35 ( ) 36-45 ( ) 46-50 ( ) &gt;50

Com que frequência você consome:

**PÃO DE FORMA:**

( ) Todo dia ( ) 3-4 vezes/semana ( ) 1-2 vezes/semana ( ) 1 vez/quinzena ( ) 1 vez/mês

**OUTROS PÃES:**

( ) Todo dia ( ) 3-4 vezes/semana ( ) 1-2 vezes/semana ( ) 1 vez/quinzena ( ) 1 vez/mês

**Quanto você gosta de:****PÃO DE FORMA**

( ) Gosto muitíssimo
( ) Gosto muito
( ) Gosto moderadamente
( ) Gosto ligeiramente

**OUTROS PÃES**

( ) Gosto muitíssimo
( ) Gosto muito
( ) Gosto moderadamente
( ) Gosto ligeiramente

Apêndice 3 - Fotografias de pães desenvolvidos no experimento 1.



Apêndice 4 - Fotografias de pães desenvolvidos no experimento 2.

