



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

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE CHIA (*Salvia  
hispanica L.*) E SEU COMPORTAMENTO SOB CONGELAMENTO**

**VIVIANE DA COSTA BORGES**

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

**Orientadora**

**Rio Grande, RS**

**2017**



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

DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE CHIA (*Salvia  
hispanica L.*) E SEU COMPORTAMENTO SOB CONGELAMENTO

VIVIANE DA COSTA BORGES

Eng<sup>a</sup> de Alimentos

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia e Ciência de  
Alimentos como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Doutor em  
Engenharia e Ciência de Alimentos

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

Orientadora

Rio Grande, RS

2017

Ficha catalográfica

B732d    Borges, Viviane da Costa.  
Desenvolvimento de pão sem glúten com adição de chia (*Salvia  
hispanica L.*) e seu comportamento sob congelamento / Viviane da  
Costa Borges. – 2017.  
149 p.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos,  
Rio Grande/RS, 2017.

Orientadora: Dra. Myriam De Las Mercedes Salas Mellado.

1. Mucilagem de chia 2. Pão de arroz 3. Congelamento  
4. Retrogradação 5. Hidrocolóides I. Mellado, Myriam De Las  
Mercedes Salas II. Título.

CDU 664

## APROVAÇÃO

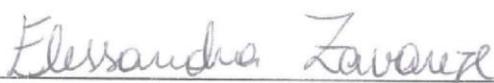
Tese defendida por Viviane da Costa Borges e aprovada em 14 de julho de 2017, pela Comissão Examinadora constituída pelos professores:



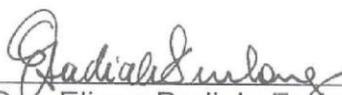
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Myriam de Las M. Salas Mellado – FURG.



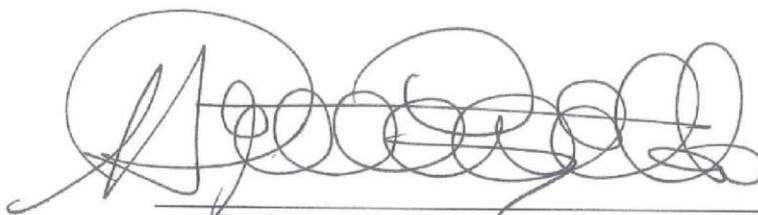
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Márcia Spadari Selmo – IFSUL



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Elessandra da Rosa Zavaeze – UFPEL



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Eliana Badiale Funong – FURG



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos Prentice-Hernández – FURG



\_\_\_\_\_  
Dra. Meritaine da Rocha – FURG



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Isabel e Elizeu, pelo amor incondicional, apoio, dedicação em todas as etapas da minha vida.

À minha orientadora, professora Myriam de Las Mercedes Salas Mellado, por seus ensinamentos, dedicação, apoio, disponibilidade, confiança, amizade e paciência. Pessoa na qual tenho grande admiração e respeito.

Ao professor Carlos Prentice Hernández, pela atenção, colaboração e ensinamentos.

À professora Eliana Badiale Furlong, pela atenção e ensinamentos.

À técnica do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Sabrine Aquino, pela paciência, compreensão, amizade, atenção e apoio, imprescindível na realização do presente trabalho.

Aos meus amigos que contribuíram no meu trabalho como iniciação científica, Thaís e Gabriel, pela amizade, apoio, paciência, disposição para ajudar na realização das análises e nas conversas aleatórias.

À todos os meus amigos do Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) e aos companheiros de pós-graduação, pela amizade, companheirismo, apoio, e momentos divertidos que passamos juntos.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica da Região Sul (CEME-Sul), pela disponibilização dos equipamentos para a realização das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura.

À empresa Cerealle, pelo fornecimento da farinha de arroz.

À CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.



## RESUMO

Existem diferentes transtornos alimentares relacionados ao trigo, a doença celíaca é a mais conhecida, resultante de uma intolerância permanente ao glúten. Sendo seu único tratamento uma dieta isenta de glúten. Desenvolver pães sem glúten é difícil, necessitando de um agente substituto, como os hidrocolóides. A semente de chia, quando incorporada a um alimento, além de melhorar o valor nutritivo, apresenta grande capacidade para reter água e óleo. Quando hidratadas as sementes de chia exsudam um gel mucilaginoso composto principalmente por fibras. A mucilagem de chia possui alta capacidade de reter água e alta estabilidade perante o congelamento. Deste modo, a semente e a mucilagem de chia revelam-se úteis para o desenvolvimento de novos produtos alimentares. O período de comercialização do pão é relativamente curto, pois se trata de um alimento perecível, uma alternativa para retardar o seu envelhecimento seria o congelamento. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver pães de arroz sem glúten adicionados de semente, farinha e mucilagem de chia, analisar suas características tecnológicas e sensoriais, e avaliar o efeito desta adição durante o armazenamento dos pães sob congelamento. Primeiramente foi realizada a extração da mucilagem de chia e análise das suas propriedades funcionais, sendo determinadas a composição proximal da farinha e da mucilagem de chia. Após foram desenvolvidos os pães sem glúten, um pão padrão utilizando 100% farinha de arroz, e pães adicionados de chia com diferentes quantidades de semente, farinha e mucilagem de chia. Os pães foram avaliados segundo suas características tecnológicas: o volume específico, a análise de textura do miolo, a cor do miolo e da crosta, o percentual de perda de peso, a umidade do miolo e da crosta, a pontuação total e avaliação sensorial. Foi realizado também um estudo do comportamento dos pães sem glúten adicionados de chia durante um período de armazenamento de 21 dias sob congelamento. Foram realizadas análises de volume específico, cor do miolo e da crosta, umidade do miolo e da crosta, e textura do miolo nos pães congelados, e foram avaliados o volume específico e a textura do miolo dos pães elaborados a partir das massas congeladas. Também foram realizadas análises de microscopia eletrônica de varredura e calorimetria diferencial de varredura nas massas. As mucilagens de chia seca e liofilizada possuem composição proximal semelhante, porém em virtude do processo de secagem, apresentam propriedades funcionais e características tecnológicas distintas. A adição de farinha de chia afetou negativa e proporcionalmente as características tecnológicas, sendo que o volume específico diminuiu e a firmeza do miolo dos pães aumentou. Contrariamente, a adição de semente de chia teve um efeito benéfico nas características tecnológicas, obtendo-se menores valores de firmeza e maiores valores de volume específico dos pães comparados com o pão padrão, com destaque para os pães com 4, 6 e 8% de semente de chia. A adição de mucilagem de chia seca em estufa e liofilizada promoveu uma melhora nas características tecnológicas dos pães sem glúten, principalmente em relação ao volume específico, a firmeza do miolo, e a pontuação, com destaque para a adição de ambos tipos de mucilagem na concentração de 0,0166% com relação a farinha de arroz. Na avaliação sensorial todos os pães foram bem aceitos pelos julgadores. O congelamento e armazenagem congelada da massa de pão sem glúten combinado com a adição de mucilagem de chia é eficiente para manter a qualidade do produto por mais tempo, e diminuir a retrogradação do amido nos pães sem glúten.

Palavras-chave: Doença celíaca. Mucilagem. Retrogradação. Hidrocolóides.



## **DEVELOPMENT OF GLUTEN-FREE BREAD WITH ADDITION OF CHIA (*Salvia hispanica L.*) AND ITS BEHAVIOR UNDER FREEZING**

### **ABSTRACT**

There are different eating disorders related to wheat, celiac disease is the best known, resulting from a permanent intolerance to gluten, being the only treatment a gluten-free diet. Developing gluten-free products is difficult, requiring a substitute agent, such as hydrocolloids. The chia seeds, when incorporated into a food, in addition to improving the nutritional value, presents great capacity to retain water and oil. When hydrated the chia seeds exude a mucilaginous gel composed mainly of fibers. The mucilage of chia has high capacity to retain water and high stability against freezing. Thus, chia seed and mucilage are useful for the development of novel food products. The period of marketing of bread is relatively short because it is a perishable food, an alternative to slow staling is freezing. The objective of the present work was to develop gluten - free rice breads added to seed, flour and mucilage of chia, to analyze their technological and sensorial characteristics, and to evaluate the effect of this addition during the storage of the breads under freezing. First, the extraction of chia mucilage and analysis of its functional properties were performed, and the proximal composition of the flour and the mucilage of chia were determined. After the gluten-free breads, a standard bread using 100% rice flour, and breads added with chia with different amounts of seed, flour and mucilage were developed. Breads were evaluated according to their technological characteristics: specific volume, analysis of crumb texture, crumb and crust color, percent weight loss, crumb and crust moisture, total score and sensory evaluation. It was also carried out a study of the behavior of gluten-free bread doughs added with chia during a storage period of 21 days under freezing. Specific volume, crust and crust color, crust and crust moisture, and crumb texture were evaluated in the frozen breads, and the specific volume and crumb texture of the breads prepared from the frozen dough were evaluated. Scanning electron microscopy and differential scanning calorimetry were also performed in the doughs. Dry and lyophilized chia mucilages have similar proximal composition, but due to the drying process, they present different functional properties. The addition of chia flour affected negatively and proportionally the technological characteristics, being that the specific volume decreased and the hardness of the bread crumb increased. In contrast, the addition of chia seed had a beneficial effect on the technological characteristics, resulting in lower values of hardness and higher values of specific volume compared to standard breads, especially loaves with 4, 6 and 8% of chia seed. The addition (0.0166%, basis flour) of the two types of chia mucilage (dried and lyophilized) promoted an improvement in the technological characteristics of the gluten-free breads, mainly in relation to the specific volume, the hardness of the crumb, and the total score. In the sensorial evaluation all the breads were well accepted by the judges. Freezing and frozen storage of gluten-free dough combined with the addition of chia mucilage was efficient to maintain product quality for a longer time, and to decrease the starch retrogradation in breads.

Key words: Celiac disease. Mucilage. Retrogradation. Hydrocolloids.



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

#### ARTIGO I - Extração e caracterização das mucilagens de chia (*Salvia hispanica* L.)

Tabela 1. Rendimento da extração de mucilagem de chia. .... 60

Tabela 2. Composição proximal e propriedades da farinha de chia e das mucilagens de chia. 60

#### ARTIGO II - Produção de pão sem gluten adicionado de farinha e de sementes de chia (*Salvia hispânica* L).

Tabela 1. Formulação dos pães padrão de farinha de arroz e dos pães adicionados de chia.... 72

Tabela 2. Composição proximal dos pães sem glúten com adição de farinha de chia e semente de chia..... 76

Tabela 3. Avaliação dos pães sem glúten com adição de farinha de chia (FC) e semente de chia (SC)..... 77

Tabela 4. Parâmetros de cor dos pães sem glúten. .... 79

Tabela 5. Perfil de textura das massas cruas dos pães sem glúten. .... 79

#### ARTIGO III - Efeito da adição de mucilagem de chia (*Salvia hispânica* l) na qualidade tecnológica do pão sem glúten.

Tabela 1. Formulação dos pães padrão de farinha de arroz e dos pães adicionados de mucilagem de chia. .... 92

Tabela 2. Perfil de textura das massas cruas dos pães sem glúten. .... 95

Tabela 3. Avaliação dos pães sem glúten com adição de mucilagem de chia..... 975

Tabela 4. Parâmetros de cor dos pães sem glúten. .... 98

#### ARTIGO IV - Efeito do congelamento em massas e pães sem glúten com adição de semente, farinha e mucilagem de chia (*Salvia hispânica* l).

Tabela 1. Avaliação tecnológica dos pães elaborados a partir das massas congeladas..... 113

Tabela 2. Avaliação das propriedades térmicas das massas de pão. .... 115

Tabela 3. Avaliação dos pães sem glúten. .... 118



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Mucosa do intestino delgado com vilosidade normal e com vilosidade atrofiada..               | 288 |
| Figura 2. Formação da camada de gel a partir da mucilagem hidratada, existente na semente de chia..... | 355 |

### CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

#### ARTIGO I - Extração e caracterização das mucilagens de chia (*Salvia hispanica* L.)

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Imagens do MEV, (a) semente de chia, (b) farinha de chia, (c) semente de chia hidratada e seca em estufa, (d) semente de chia hidratada e liofilizada, (e-f) farinha de chia, (g-h) mucilagem seca em estufa, (i-j) mucilagem liofilizada.....                   | 633 |
| Figura 2. Imagens do estereomicroscópio, (a) semente de chia, (b) semente de chia hidratada e seca em estufa, (c) semente de chia hidratada e liofilizada. Imagens do microscópio ótico, (d) farinha de chia, (e) mucilagem seca em estufa, (f) mucilagem liofilizada..... | 644 |

#### ARTIGO II - Produção de pão sem gluten adicionado de farinha e de sementes de chia (*Salvia hispânica* L).

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Notas da avaliação sensorial dos pães..... | 81 |
|--|----|

#### ARTIGO III - Efeito da adição de mucilagem de chia (*Salvia hispânica* l) na qualidade tecnológica do pão sem glúten.

|  |        |
|--|--------|
| Figura 1. Notas da avaliação sensorial dos pães..... | 999    |
| Figura 2. Notas da intenção de compra dos pães.....  | 100100 |

#### ARTIGO IV - Efeito do congelamento em massas e pães sem glúten com adição de semente, farinha e mucilagem de chia (*Salvia hispânica* l).

|  |       |
|--|-------|
| Figura 1. Avaliação tecnológica dos pães sem glúten armazenados sob congelamento: (a) Firmeza; (b) Umidade do miolo; (c) Umidade da crosta.....  | 1166  |
| Figura 2. Pães sem glúten armazenados sob congelamento (a) Pão padrão. (b) Pão com semente de chia. (c) Pão com farinha de chia. (d) Pão com mucilagem de chia liofilizada. (e) Pão com mucilagem de chia seca em estufa.....  | 119   |
| Figura 3. Imagens da microscopia eletrônica de varredura: (a) massa de pão sem glúten padrão; (b) pão sem glúten padrão; (c) massa de pão sem glúten com semente de chia; (d) pão sem glúten com semente de chia; (e) massa de pão sem glúten com farinha de chia; (f) pão sem glúten com farinha de chia; (g) massa de pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa; (h) pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa; (i) massa de pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada; (j) pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada..... | 12020 |

#### APÊNDICE I

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Ficha de avaliação sensorial dos pães sem glúten..... | 143 |
|---|-----|

## APÊNDICE II

Figura 2. Aprovação do Comitê de ética para avaliação sensorial no projeto..... 1455

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO I.....   | 19 |
| INTRODUÇÃO GERAL .....  | 19 |
| OBJETIVOS.....  | 19 |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL .....   | 21 |
| 2. OBJETIVOS.....   | 23 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....  | 23 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 23 |
| CAPÍTULO II.....  | 25 |
| REVISÃO DA LITERATURA .....   | 25 |
| 1. TRANSTORNOS DEPENDENTES DO GLÚTEN .....  | 27 |
| 1.1 DOENÇA CELÍACA .....  | 27 |
| 1.2 ALERGIA AO TRIGO .....  | 28 |
| 1.3 SENSIBILIDADE AO GLÚTEN “NÃO DOENÇA CELÍACA” .....                                  | 29 |
| 1.4 DIETA SEM GLÚTEN .....  | 29 |
| 2. PÃES SEM GLÚTEN .....  | 30 |
| 2.1 QUALIDADE NUTRICIONAL.....  | 31 |
| 2.2 HIDROCOLÓIDES COMO SUBSTITUTOS DO GLÚTEN.....                                       | 32 |
| 3. CHIA .....   | 33 |
| 3.1 MUCILAGEM DE CHIA.....  | 34 |
| 3.2 PRODUTOS DESENVOLVIDOS COM ADIÇÃO DE CHIA .....                                     | 36 |
| 4. ENVELHECIMENTO DO PÃO.....   | 37 |
| 4.1 GELATINIZAÇÃO E RETROGRADAÇÃO DO AMIDO .....  | 38 |
| 4.2 REDISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA.....   | 38 |
| 5. CONGELAMENTO DA MASSA DE PÃO E DO PÃO.....   | 39 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 40 |
| CAPÍTULO III .....  | 49 |
| DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....   | 49 |
| APRESENTAÇÃO.....   | 51 |
| ARTIGO I.....   | 53 |
| EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS MUCILAGENS DE CHIA ( <i>Salvia hispanica</i> L.)<br>..... | 53 |
| RESUMO .....  | 55 |

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 55 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 56 |
| 2.1 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE CHIA E OBTENÇÃO DA FARINHA DE CHIA.....                                       | 56 |
| 2.2 RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO DE MUCILAGEM DE CHIA.....   | 57 |
| 2.3 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA E DE ÓLEO .....   | 57 |
| 2.4 CAPACIDADE EMULSIONANTE.....   | 57 |
| 2.5 SOLUBILIDADE.....  | 58 |
| 2.6 COR.....   | 58 |
| 2.7 COMPOSIÇÃO PROXIMAL.....   | 58 |
| 2.8 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA .....  | 59 |
| 2.9 ANÁLISE COM MICROSCÓPIO ÓPTICO E ESTEREOMICROSCÓPIO.....   | 59 |
| 2.10 TRATAMENTO DE DADOS .....   | 59 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 59 |
| 4. CONCLUSÃO .....   | 64 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 65 |
| ARTIGO II.....   | 67 |
| PRODUÇÃO DE PÃO SEM GLUTEN ADICIONADO DE FARINHA E DE SEMENTES DE CHIA ( <i>Salvia hispânica L.</i> )..... | 67 |
| RESUMO.....  | 69 |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 69 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 70 |
| 2.1 MATERIAL .....   | 70 |
| 2.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE CHIA.....   | 71 |
| 2.3 ELABORAÇÃO DOS PÃES .....  | 71 |
| 2.4 COMPOSIÇÃO PROXIMAL.....   | 73 |
| 2.5 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO QUÍMICA DOS PÃES .....  | 73 |
| 2.5.1 Volume específico.....   | 73 |
| 2.5.2 Pontuação total .....  | 73 |
| 2.5.3 Firmeza do miolo do pão.....   | 73 |
| 2.5.4 Perdas de cocção .....   | 74 |
| 2.5.5 Cor do miolo e da crosta dos pães.....   | 74 |
| 2.6 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DA MASSA DO PÃO .....   | 74 |
| 2.7 ANÁLISE SENSORIAL.....   | 75 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 2.8   | TRATAMENTO DE DADOS.....   | 75  |
| 3.    | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 75  |
| 3.1   | COMPOSIÇÃO PROXIMAL DOS PÃES.....  | 75  |
| 3.2   | AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS PÃES .....  | 76  |
| 3.3   | PERFIL DE TEXTURA DA MASSA DE PÃO .....  | 79  |
| 3.4   | ANÁLISE SENSORIAL .....  | 81  |
| 4.    | CONCLUSÃO.....   | 82  |
| 5.    | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 83  |
|       | ARTIGO III.....  | 87  |
|       | EFEITO DA ADIÇÃO DE MUCILAGEM DE CHIA ( <i>Salvia hispânica L</i> ) NA QUALIDADE<br>TECNOLÓGICA DO PÃO SEM GLÚTEN..... | 87  |
|       | RESUMO .....   | 89  |
| 1.    | INTRODUÇÃO.....  | 89  |
| 2.    | MATERIAL E MÉTODOS.....  | 91  |
| 2.1   | MATERIAL.....  | 91  |
| 2.2   | EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE CHIA .....  | 91  |
| 2.3   | ELABORAÇÃO DOS PÃES .....  | 91  |
| 2.4   | AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO QUÍMICA DAS MASSAS E PÃES ..  | 92  |
| 2.4.1 | Análise do perfil de textura da massa do pão .....   | 92  |
| 2.4.2 | Volume específico do pão.....  | 93  |
| 2.4.3 | Pontuação total.....   | 93  |
| 2.4.4 | Firmeza do miolo do pão .....  | 93  |
| 2.4.5 | Perdas de cocção .....   | 94  |
| 2.4.6 | Cor do miolo e da crosta dos pães .....  | 94  |
| 2.4.7 | Análise Sensorial .....  | 94  |
| 2.5   | TRATAMENTO DE DADOS.....   | 95  |
| 3.    | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 95  |
| 3.1   | PERFIL DE TEXTURA DA MASSA DE PÃO .....  | 95  |
| 3.2   | AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS PÃES .....  | 96  |
| 3.3   | ANÁLISE SENSORIAL .....  | 98  |
| 4.    | CONCLUSÃO.....   | 101 |
| 5.    | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 101 |
|       | ARTIGO IV.....   | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| EFEITO DO CONGELAMENTO EM MASSAS E PÃES SEM GLÚTEN COM ADIÇÃO DE SEMENTE, FARINHA E MUCILAGEM DE CHIA ( <i>Salvia hispânica L</i> )..... | 105 |
| RESUMO.....  | 107 |
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 107 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 109 |
| 2.1 MATERIAL.....  | 109 |
| 2.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE CHIA.....   | 109 |
| 2.3 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE CHIA.....   | 109 |
| 2.4 ELABORAÇÃO DAS MASSAS DE PÃES SEM GLÚTEN.....  | 110 |
| 2.5 ELABORAÇÃO DOS PÃES.....   | 110 |
| 2.6 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO QUÍMICA DAS MASSAS E DOS PÃES.....  | 111 |
| 2.6.1 Volume específico do pão.....  | 111 |
| 2.6.2 Firmeza do miolo do pão.....   | 111 |
| 2.6.3 Umidade do miolo e da crosta dos pães.....   | 112 |
| 2.6.4 Cor do miolo e da crosta dos pães.....   | 112 |
| 2.6.5 Calorimetria diferencial de varredura.....   | 112 |
| 2.6.6 Microscopia eletrônica de varredura.....   | 112 |
| 2.7 TRATAMENTO DE DADOS.....   | 113 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 113 |
| 3.1 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DAS MASSAS CONGELADAS.....   | 113 |
| 3.2 AVALIAÇÃO DOS PÃES CONGELADOS.....   | 116 |
| 3.3 IMAGENS DAS ESTRUTURAS DAS MASSAS DE PÃO E DOS PÃES.....   | 119 |
| 4. CONCLUSÃO.....  | 121 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 121 |
| CAPÍTULO V.....  | 125 |
| CONCLUSÃO GERAL.....   | 125 |
| CAPÍTULO VI.....   | 129 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 129 |
| APÊNDICE I.....  | 143 |
| APÊNDICE II.....   | 145 |

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUÇÃO GERAL**  
**OBJETIVOS**



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A doença celíaca, enfermidade crônica, é causada pela intolerância permanente à ingestão do glúten, presente em cereais como o trigo, a cevada e o centeio. Sendo o único tratamento desta doença a estrita adesão a dieta sem glúten (REWERS, 2005). Com a crescente incidência de doença celíaca e outras reações / intolerâncias alérgicas do glúten, tanto em crianças como em adultos aparentemente saudáveis, há uma crescente demanda por produtos sem glúten (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004; KOTZE, 2006; SILVA et al., 2006; VOLTA; VILLANACCI, 2011). Como a única forma de tratamento da doença celíaca consiste em uma dieta isenta de glúten, torna-se cada vez mais necessária a produção de alimentos alternativos livres de glúten.

No desenvolvimento de produtos sem glúten, para substituição da farinha de trigo tem sido utilizada principalmente a farinha de arroz, porém as proteínas da farinha de arroz são incapazes de desenvolver rede proteica similar ao glúten. Por isso diversos ingredientes como hidrocolóides, emulsificantes, proteínas, produtos lácteos, amido gelatinizado e enzimas têm sido utilizados visando melhorar a qualidade reológica da massa, o volume final, as características estruturais e de textura, bem como a vida útil de pães sem glúten (BORGES; SALAS-MELLADO, 2016; GALLAGHER, 2009; CAPRILES e ARÊAS, 2011).

A *Salvia hispanica* L., também conhecida como chia, é uma planta herbácea, da família Labiatae, divisão Spermatophyta e reino Plantae. As sementes de chia contém proteínas (15-25%), gorduras (30 a 33%), carboidratos (26-41%), fibra dietética (18-30%), cinzas (4-5%), minerais e vitaminas (ALI et al., 2012).

A substituição de 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 semente de chia, é particularmente interessante dentro dessa lógica, que além de melhorar o valor nutritivo (DUNN, 2010), apresenta grande capacidade para reter água e óleo, características que fazem dela uma candidata natural como aditivo para produtos panificados (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008; OLIVOS-LUGO; VALDIVIA-LÓPEZ; TECANTE, 2010; CAPITANI et al., 2012).

Coelho e Salas Mellado (2015) desenvolveram pães de trigo substituindo parte da gordura vegetal hydrogenada por farinha e semente de chia, reduzindo assim o teor de gordura saturada, aumentando o teor de fibras e apresentando altos índices de aceitabilidade e de intenção de compra na avaliação sensorial.

A mucilagem de chia, um gel natural de sementes de chia é um novo ingrediente, forma-se ao redor da semente de chia quando hidratada. Ele é composto, principalmente, de xilose, glucose e ácido glucorônico formando um polissacarídeo ramificado (LIN; DANIEL; WHISTLER, 1994; MUÑOZ et al., 2012b).

Devido às propriedades funcionais da mucilagem de chia ela apresenta o potencial de ser usada como um agente espessante em formulações de alimentos. A mucilagem de chia pode ser utilizada como um agente emulsionante, em função à sua maior capacidade e estabilidade de emulsão, podendo também ser aplicada em produtos alimentícios congelados devido à sua estabilidade no congelamento e descongelamento (COOREY; TJOE; JAYASENA, 2014). Ela também pode atuar como um hidrocolóide, que possui propriedades de ligação com a água que afetam as propriedades de textura do produto, evitam a sinérese, e podem também afetar a formação e o crescimento dos cristais de gelo, influenciando assim a textura de pães congelados (MIR et al., 2016).

O período de comercialização do pão é relativamente curto, pois se trata de um alimento perecível. Um dos fatores que limita a vida útil do pão é o envelhecimento que ocorre devido à retrogradação e que contribui para aumentar a firmeza do miolo, dando uma sensação de produto seco ao ser ingerido (GUTKOSKI et al., 2005).

Existem poucas informações disponíveis na literatura sobre a retrogradação do amido num sistema isento de glúten com adição de gomas ou hidrocolóides. O hidrocolóide hidroxipropilmetilcelulose mostrou uma ação antienvelhecimento em pão de trigo, retardando o endurecimento do miolo e a retrogradação da amilopectina (BARCENAS; ROSELL, 2005, 2007).

Outra forma de aumentar a vida útil de pães sem glúten seria através do congelamento das massas de pão ou dos pães. Segundo Ronda e Ross (2011), o armazenamento de pães sem glúten congelados sob uma temperatura inferior à -20 °C parece ser satisfatório para obter menores taxas de endurecimento dos pães e manter a qualidade de pão sem glúten próximo ao pão fresco.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver pães sem glúten adicionados de semente, farinha e mucilagem de chia, e analisar o efeito desta adição e do congelamento nas características tecnológicas dos produtos .

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a extração e caracterização da mucilagem da chia.
- Realizar testes com a adição de diferentes quantidades de semente, farinha e mucilagem de chia em pães sem glúten, elaborados com farinha de arroz.
- Verificar o efeito da adição de semente, farinha de chia e mucilagem de chia nas características tecnológicas dos pães e compará-los ao pão padrão sem glúten.
- Avaliar os pães sensorialmente.
- Avaliar o comportamento da retrogradação dos pães sem glúten adicionados de semente, farinha e mucilagem de chia durante o armazenamento congelado.



**CAPÍTULO II**  
**REVISÃO DA LITERATURA**



## 1. TRANSTORNOS DEPENDENTES DO GLÚTEN

A hipersensibilidade alimentar é definida como uma reação adversa imunológica à ingestão de proteínas alimentares. É um problema clínico mais frequente na infância do que nos adultos. 5 a 10% das crianças apresentam alergia clinicamente significativa a um ou mais alimentos, sendo a prevalência estimada para os adultos em cerca de 2%. Nos primeiros anos de vida, cerca de 90% das reações alérgicas a alimentos são dependentes do leite, do ovo, do peixe, dos frutos secos, dos cereais e das leguminosas (SILVA et al., 2005).

As culturas de cereais e o consumo de cereais tiveram um papel vital na história da humanidade, mas nos últimos anos a ingestão de glúten se encontra ligada a uma ampla gama de distúrbios clínicos. Os cereais contendo glúten, como o trigo, o centeio e a cevada, sempre foram um dos principais componentes da dieta das pessoas nos países ocidentais, mas o seu consumo também está aumentando nos países do leste, devido à progressiva adoção de estilos de vida ocidentais. Neste contexto, os transtornos relacionados ao glúten emergiram gradualmente como um fenômeno epidemiologicamente relevante com uma prevalência global que é estimada em torno de 5% (ELLI et al., 2015), chamando a atenção da comunidade científica.

O glúten pode ser definido como uma massa proteica gomosa que permanece depois de lavar a massa de trigo para eliminar o amido. O glúten confere à massa de farinha as propriedades de cozimento desejadas e é amplamente utilizado na elaboração de alimentos. A exposição ao glúten pode criar condições propícias para o aparecimento de certas patologias em humanos, são elas a alergia ao trigo, a sensibilidade ao glúten e a doença celíaca (BAI et al., 2012; MATOS e ROSELL, 2015).

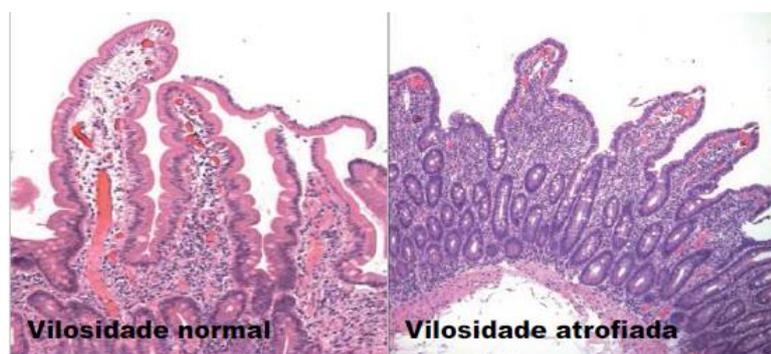
### 1.1 DOENÇA CELÍACA

A doença celíaca é uma das doenças mais comuns no mundo. É uma enteropatia imunomediada desencadeada pela ingestão de glúten em indivíduos geneticamente suscetíveis e é caracterizada por uma forte resposta imune a certas sequências de aminoácidos encontradas nas fracções de prolamina de trigo, cevada e centeio (HILL et al., 2005, ROSELL et al., 2014). Esta desordem danifica as vilosidades no intestino delgado, que absorvem nutrientes, devido a uma reação imunológica ao glúten, resultando em dano à mucosa e mal absorção generalizada de nutrientes (GALLAGHER, 2009).

A prevalência mundial de DC é estimada em 1%, e uma parcela considerável destes casos permanece sem diagnóstico e tratamento adequados (ELLI et al., 2015). A doença é de difícil diagnóstico, que é baseado em uma biópsia intestinal e na presença concomitante de uma sorologia positiva específica para DC (BAI et al., 2012).

Na manifestação da doença o sistema imunológico dos pacientes celíacos confunde um componente particular do glúten, a gliadina, com um perigoso invasor, e por isso produz anticorpos contra ele. Isso provoca a liberação de moléculas chamadas citocinas, que por sua vez destroem os vilos, que são minúsculas projeções que revestem a superfície do intestino delgado. Os vilos são cruciais porque fornecem a grande área de superfície necessária para a absorção de nutrientes no intestino e seu ingresso na corrente sanguínea (SCHAMNE, 2007; SCHWARCZ, 2007). Na Figura 1 observa-se o aspecto da mucosa do intestino delgado com vilosidades normais e atrofiadas.

**Figura 1** - Mucosa do intestino delgado com vilosidade normal e com vilosidade atrofiada.



Fonte: Green e Cellier, 2007.

## 1.2 ALERGIA AO TRIGO

A alergia ao trigo é uma reação imunológica adversa desencadeada pelas proteínas do trigo, mediada pela Imunoglobulina (IgE). Pode ser classificada em quatro categorias, dependendo da via de exposição aos alergênicos e os mecanismos imunológicos de base, são eles: alergia alimentar clássica que afeta a pele, o trato gastrointestinal ou as vias respiratórias, anafilaxia induzida pelo exercício dependente do trigo, rinite e asma ocupacionais (asma do padeiro) e urticária de contato (BAI et al., 2012; MATOS e ROSELL, 2015; ELLI et al., 2015).

O trigo ingerido pode causar alergias mediadas por IgE em crianças e adultos. A maioria das crianças alérgicas ao trigo sofre de dermatite atópica moderada a grave e a

ingestão de trigo pode provocar reações mediadas por IgE típicas, incluindo urticária, angioedema, obstrução brônquica, náuseas e dor abdominal, ou em casos graves anafilaxia sistêmica (RAMESH, 2008). Entre as alergias alimentares causadas pelo trigo em adultos, a variante mais comum é a anafilaxia, onde os sintomas resultam da combinação de ingestão causal de alimentos e exercício físico (bem como drogas anti-inflamatórias não-esteróides ou álcool). Em adultos, os sintomas gastrointestinais podem ser leves e difíceis de reconhecer, os mais comuns são diarreia e inchaço (KEET et al., 2009).

### 1.3 SENSIBILIDADE AO GLÚTEN “NÃO DOENÇA CELÍACA”

A sensibilidade ao glúten “não doença celíaca” é um transtorno relacionado com o glúten, considerado quando aparecem reações (sintomas) ao glúten que não envolvem mecanismos alérgicos ou autoimunes. Os pacientes com sensibilidade ao glúten “não doença celíaca” têm uma histologia duodenal aparentemente normal (sem atrofia vilosa) e não apresentam anticorpos específicos da doença celíaca, transglutaminase tecidual (BAI et al., 2012; CATASSI et al., 2013).

As primeiras descrições de sensibilidade ao glúten apareceram na literatura durante a década de 1980 (COOPER et al., 1981), e a prevalência geral da condição é difícil de estimar. De acordo com um estudo realizado pelo National Health and Nutrition Examination Survey nos Estados Unidos, a prevalência de auto-prescrição de dieta sem glúten em uma população não selecionada de indivíduos com idade igual ou superior a 6 anos foi de 0,5% (DIGIACOMO et al., 2013).

A apresentação clínica da sensibilidade ao glúten “não doença celíaca” inclui sintomas gastrointestinais, como dor abdominal, inchaço e alteração da flora intestinal, e sintomas sistêmicos, como fadiga, dor de cabeça, dor nasal ou articular, distúrbios do humor e manifestações cutâneas (por exemplo, eczema ou erupção cutânea). Os sintomas geralmente acompanham de perto o consumo de glúten e desaparecem após a retirada de glúten da dieta (ELLI et al., 2015).

### 1.4 DIETA SEM GLÚTEN

Atualmente, o único tratamento eficaz para a doença celíaca é a rigorosa adesão a uma dieta isenta de glúten. Além de pacientes com doença celíaca, muitos indivíduos não podem tolerar proteínas de glúten devido a reações alérgicas mediadas pela Ig-E ou pacientes

com sensibilidade ao glúten “não doença celíaca”, e eles também devem evitar alimentos contendo glúten (MATOS e ROSELL, 2015).

Pesquisas realizadas entre a população em geral confirmam que um número crescente de consumidores em todo o mundo evita alimentos contendo glúten, independentemente da presença de uma doença conhecida ou alergia. Optar por uma dieta sem glúten é muitas vezes visto como uma mudança de estilo de vida em vez de um tratamento dietético adequado (ELLI et al., 2015).

Existe uma necessidade de aumentar a produção e diversificação de produtos alimentícios livres de glúten, devido a diversos transtornos alimentares causados pela ingestão de glúten. A fim de possibilitar isto, as indústrias responsáveis pela fabricação de produtos livres de glúten devem ter controle rigoroso do processamento para evitar a contaminação cruzada com produtos que contenham glúten, tanto na escolha da matéria-prima quanto na limpeza dos equipamentos (PREICHARDT, 2009). O trigo poderá ser substituído pelo milho nas formas de farinha, amido ou fubá, pelo arroz na forma de farinha de arroz, pela batata na forma de fécula e mandioca nas formas de farinha e polvilho (SILVA et al., 2006).

Com a advertência, nos rótulos, da presença ou ausência de glúten nos produtos comercializados não ocorrem transgressões involuntárias na dieta. A lei número 10.674 (BRASIL, 2003), determina a obrigatoriedade da descrição nos rótulos dos produtos alimentícios industrializados quanto a presença e também a ausência de glúten através das inscrições “contém glúten” e “não contém glúten”, conforme o caso. Essa medida facilita e transmite maior confiança aos consumidores quanto à escolha dos alimentos da dieta, apesar de não haver referência com relação às bebidas alcoólicas (PREICHARDT, 2009).

## **2. PÃES SEM GLÚTEN**

Segundo Quaglia (1991), a primeira pesquisa que se preocupou com a qualidade tecnológica do pão, ou seja, tentar de alguma forma reter os gases no pão isento de glúten, foi feita pelo pesquisador Rotsch, em 1954, que demonstrou a possibilidade de fabricar pão empregando exclusivamente amido com água e agentes gelificantes. A partir de então, diversas pesquisas começaram a surgir.

Segundo Brasil (2005) pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. O pão é

considerado um dos alimentos mais antigos, se não o mais antigo processado, e também um dos alimentos mais consumidos pela humanidade (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

Os pães tradicionais são elaborados com farinha de trigo, que contém gliadina e glutenina, proteínas que interagem com a água formando um complexo protéico com propriedades viscoelásticas denominado glúten (SCHAMNE, 2007).

O glúten é responsável pelas propriedades de extensibilidade, elasticidade, viscosidade e retenção de gás da massa contribuindo para a aparência e estrutura do miolo dos pães. Por isso, a obtenção de produtos isentos de glúten torna-se tecnologicamente difícil, sendo muitas vezes necessária a combinação de diversos ingredientes e alteração dos processos tradicionais. A massa sem glúten não tem capacidade de reter o gás gerado durante a fermentação e o forneamento, originando pão com baixo volume específico e miolo firme e borrachento (CAPRILES e ARÊAS, 2011). De acordo com Ahlborn et al., (2005) atributos sensoriais, como estrutura do miolo e palatabilidade, além de problemas no armazenamento também têm sido verificados em produtos de panificação livres de glúten.

A ausência de glúten na massa de pão influencia nas características reológicas da massa, no processo de produção e na qualidade do produto final. As massas de pão sem glúten são muito menos coesivas e elásticas que a massa de pão de trigo. Elas são altamente suaves e difíceis de manusear, são mais pegajosas, menos elásticas e pastosas, sendo semelhantes à massa de bolo. Os produtos finais apresentam algumas deficiências quando comparados ao pão de trigo, sua textura é desintegrável e seu miolo é de cor mais clara (CAUVAIN e YOUNG, 2009; HOUBEN, HOCHSTOTTER e BECKER, 2012), e devido à sua baixa retenção de dióxido de carbono o volume dos produtos são em sua maioria menores (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003).

Uma vida útil curta, detecção de partículas na boca durante o consumo, sensação de boca seca e uma insatisfação no sabor são também algumas das desvantagens do pão sem glúten (ARENDETT et al., 2002). O desenvolvimento de novas tecnologias e a utilização de farinhas sem glúten, amidos, hidrocolóides e novos ingredientes alimentares são alternativas para melhorar os produtos tradicionais de panificação (GALLAGHER, 2009).

## 2.1 QUALIDADE NUTRICIONAL

Como a maioria das formulações de produtos alimentícios sem glúten baseiam-se em farinhas e amidos que são por natureza pobres nutricionalmente, o uso de diferentes fibras, farinha integral, a adição de vitaminas e minerais deve proporcionar um aumento no nível

nutricional destes produtos (GALLAGHER, 2009; GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004). Portanto, não é surpreendente que inadequações na dieta de indivíduos com doença celíaca, especialmente no que diz respeito à ingestão de fibras e micronutrientes, tenham sido observadas (THOMPSON, 2000; SHEPHERD; GIBSON, 2012).

Formulações de produtos sem glúten com adição de proteínas também têm sido estudadas para melhorar a estrutura e capacidade de retenção de gás das massas, além de simultaneamente beneficiar a qualidade nutricional dos produtos. Proteínas de diversas fontes podem ser utilizadas, entre elas, as proteínas do leite, albumina dos ovos, proteína de soja, além de outras proteínas de fontes vegetais (SCIARINI et al., 2010a; HOUBEN; HÖCHSTÖTTER; BECKER, 2012). Neste contexto, estudos têm apostado com sucesso na utilização de matérias-primas ricas em proteínas, como é o caso dos pseudocereais, das farinhas de sorgo e de soja (MEZAIZE et al., 2009; SCIARINI et al., 2010a; SUSANNA; PRABHASANKAR, 2013).

## 2.2 HIDROCOLÓIDES COMO SUBSTITUTOS DO GLÚTEN

Além da necessidade de substituição da matéria-prima, verifica-se um aumento no número de pesquisas que também investigam ingredientes com a habilidade de substituir a função do glúten nos produtos de panificação (YALCIN; BASMAN, 2008; SCIARINI et al., 2010b; DEMIRKESEN et al., 2010; HAGER; ARENDT, 2013; HADNAĐEV; TORBICA; HADNAĐEV, 2013; MARIOTTI; PAGANI; LUCISANO, 2013; VALLEJOS; CRIZEL; SALAS-MELLADO, 2015).

Entre estes ingredientes destacam-se os hidrocolóides (naturais, sintéticos e biotecnológicos), considerados essenciais na elaboração de produtos de panificação sem glúten, pois possuem capacidade de imitar, até certo ponto, a propriedade viscoelástica do glúten, substituindo a rede de glúten e sua funcionalidade. Muitas vezes os hidrocolóides são utilizados como agentes espessantes, pois aumentam as ligações com a água e proporcionam sua maior retenção. Além disso, desempenham papéis na estabilização, na geleificação, beneficiam a estrutura geral do pão e ainda podem ser usados como substitutos de gordura. Sensorialmente, a utilização de hidrocolóides produz benefícios no volume, na maciez e na textura dos produtos (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004; KOHAJDOVÁ; KAROVIČOVÁ, 2009; SCIARINI et al., 2010a; HOUBEN; HÖCHSTÖTTER; BECKER, 2012; MIR et al., 2016).

Os hidrocolóides podem ser classificadas de acordo com a sua origem. Entre os de origem vegetal estão: (a) aqueles provenientes de algas marinhas, como a goma agar-agar, carragena e alginato; (b) os extraídos de plantas, como pectina e  $\beta$ -glucanas; (c) as gomas exsudadas de plantas, como a goma arábica; (d) as mucilagens de sementes, como a goma alfarroba, goma guar e *psyllium*. Existem também os hidrocolóides produzidos a partir da síntese química ou bioquímica da celulose, tais como a hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), carboximetilcelulose (CMC) e a metilcelulose (MC); e também os oriundos da biossíntese microbiana, como é o caso da goma xantana (HOUBEN; HÖCHSTÖTTER; BECKER, 2012).

### 3. CHIA

A chia (*Salvia hispanica L.*) é uma planta herbácea pertencente à família *Lamiaceae*, é pouco tolerante a climas frios, e nativa do sul do México e do norte da Guatemala, tendo vindo a ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais, podendo, no entanto, o seu cultivo ser adaptado a sistemas de estufas em outros climas como o da Europa (CAPITANI et al., 2012; IXTAINA et al., 2011). Atualmente a produção cresceu em vários países e a estimativa anual mundial é de 30 mil toneladas (TIMILSENA et al., 2016).

Na era pré-colombiana as sementes de chia eram consideradas um alimento básico para a população da América Central, assumindo uma importância maior que o milho, feijão e outros cereais. Estas sementes eram também uma das ofertas aos deuses Astecas. Com o declínio das práticas religiosas, a utilização de sementes de chia por esses povos foi quase extinta há cerca de 500 anos (AYERZA e COATES, 2004; AYERZA e COATES, 2011).

As sementes de chia são pequenas e de forma oval achatada, com comprimento de 1,8 a 2,5 mm, largura de 1,5 a 2,0 mm (CAPITANI et al., 2013; SALGADO-CRUZ et al., 2013) e espessura de 0,84 a 0,92 mm. A coloração varia de café escuro a bege com pequenas manchas escuras pela superfície, embora existam algumas de cor cinza ou branca (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008; MUÑOZ et al., 2012b).

As sementes de chia, atendendo à sua riqueza nutricional, são utilizadas como suplementos na produção de pão, barras energéticas, bolachas e outros alimentos funcionais (DUNN, 2010). Embora a chia não seja amplamente conhecida na Europa, nos últimos anos tem sido introduzida, em particular no mercado dos produtos dietéticos. As sementes de chia têm sido também objeto de investigação, sendo-lhes reconhecido efeitos benéficos na saúde, devido aos seus elevados teores de proteína, antioxidantes e fibra dietética (IXTAINA et al., 2011).

Seu teor protéico (19-23%) é maior que muitos dos cereais tradicionalmente utilizados em produtos de panificação, incluindo trigo (14%), milho (14%), arroz (8,5%), aveia (15,3%) e cevada (9,2%) (AYERZA e COATES, 2005; CONSTANTINI et al., 2014). As sementes de chia contêm todos os aminoácidos essenciais, em particular leucina, lisina, valina, e isoleucina, sendo uma grande vantagem na sua utilização como fonte de nutrientes (RUPFLIN, 2011; SANDOVAL-OLIVEROS e PAREDES-LÓPEZ, 2013).

O consumo de fibra na dieta humana tem efeitos benéficos para a saúde. De acordo com Ixtaina (2010) o teor de fibra das sementes de chia – entre 18% e 30% - é cerca de 9% superior aos de outros cereais como a cevada, trigo, aveia, milho e arroz.

O teor de fibra na farinha de chia desengordurada (após extração do óleo) representa cerca de 40% da sua composição em massa dos quais 5% correspondem a fibra solúvel, maioritariamente mucilagem (LIN; DANIEL; WHISTLER, 1994). O fato da chia ser uma excelente fonte de fibra dietética, torna-a um alimento com características benéficas para o metabolismo humano, no que se refere à sua capacidade de redução do risco de doenças do trato gastrointestinal, de doenças cardiovasculares e dos níveis de colesterol no sangue (COATES, 2012).

A substituição de 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, podendo atuar como agente espessante, gelificantes e estabilizante na indústria alimentar e no desenvolvimento de novos produtos alimentares (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008; OLIVOS-LUGO et al., 2010; CAPITANI et al., 2012; COELHO e SALAS-MELLADO, 2014).

### 3.1 MUCILAGEM DE CHIA

Em 1996 as sementes de chia foram reconhecidas pela FAO como sendo uma fonte potencial de polissacáridos, essencialmente resultantes da sua mucilagem: que representa 5-6% (m/m) da semente de chia. Esta mucilagem é constituída por um polissacárido cujo peso molecular foi determinado por filtração em gel e varia de  $0,8-2,0 \times 10^6$  daltons. Da hidrólise completa deste polissacárido obtiveram-se  $\beta$ -D-xilose,  $\alpha$ -D-glucose e ácido 4-O-metil- $\alpha$ -D-glicurônico respectivamente, nas proporções de 2:1:1. Uma das

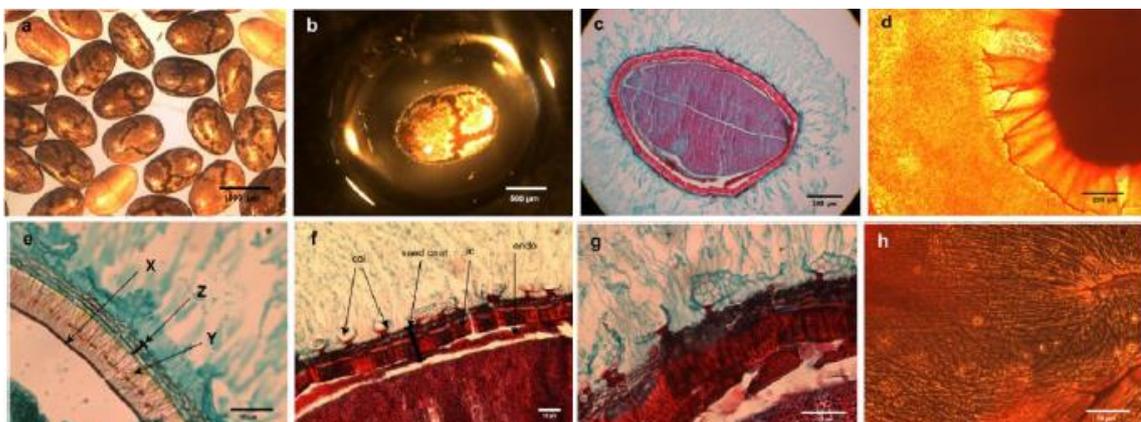
características dessa mucilagem é a particularidade de as sementes de chia, em solução aquosa, criarem à sua volta um filme de gel mesmo a baixas concentrações (LIN; DANIEL; WHISTLER, 1994; MUÑOZ et al., 2012a).

A mucilagem pode ser definida como uma substância translúcida, amorfa e polimérica, ela é formada por unidades de monossacarídeos, que podem estar combinados com ácidos urônicos. Os polissacarídeos lineares ocupam mais espaço e formam soluções mais viscosas, enquanto que compostos ramificados formam géis mais facilmente e são mais estáveis, pois a interação extensiva ao longo da cadeia não é possível (JANI et al., 2009).

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). Na Figura 2 (b, c) evidencia-se a película transparente existente na semente quando hidratada. Esta película - gel transparente mucilaginoso - atinge a sua espessura máxima após 2 h de hidratação. Na Figura 2 (d), observam-se duas camadas, uma interna, constituída por estruturas ramificadas, e uma externa. Observa-se também uma forte ligação entre a semente e a mucilagem presumindo-se que a mucilagem se situa na camada exterior que forma o revestimento da semente, nas chamadas células mucilaginosas (MUÑOZ et al., 2012b).

Na Figura 2 (e) observa-se em detalhe a estrutura do revestimento da semente. Esta é composta por três camadas: uma camada exterior (z), onde se encontra a mucilagem; uma camada intermedia (y), composta por células pouco estruturadas com uma fibra semelhante, e o endocarpo (x) (MUÑOZ et al., 2012b).

**Figura 2** - Formação da camada de gel a partir da mucilagem hidratada, existente na semente de chia.



Fonte: Adaptado de Muñoz et al. (2012b).

Quando a semente entra em contacto com a água, começam a desenrolar-se pequenos filamentos na superfície (Figura 2 (c, d)). Quando as sementes ficam totalmente hidratadas, estes filamentos agregam-se (Figura 2 (f, g)), distribuindo-se uniformemente sobre a superfície à volta da semente. Quando estas sementes são ingeridas também se forma a camada mucilaginosa (um gel) dentro do estômago. Esse gel cria uma barreira física entre os hidratos de carbono e as enzimas digestivas, diminuindo deste modo a transformação de hidratos de carbono em açúcares, contribuindo para a sensação de saciedade (MUÑOZ et al., 2012b). O próprio aumento de volume das sementes, resultante da hidratação também contribui para a mesma sensação. É este um dos principais atributos das sementes de chia que as tornam tão populares em dietas de emagrecimento (VAZQUEZ-OVANDO et al., 2009).

O principal efeito fisiológico da fibra advém da sua capacidade de absorção e retenção de água. Esta capacidade resulta da presença de polissacáridos. Uma dieta com teores de fibra adequados tem efeitos benéficos para a saúde, como a redução de colesterol, alterações da função intestinal e atividade antioxidante (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008). O consumo de chia, por conter elevados teores de fibra total, pode ser uma alternativa importante para aumentar a ingestão de fibra.

### 3.2 PRODUTOS DESENVOLVIDOS COM ADIÇÃO DE CHIA

Pereira et al. (2013) desenvolveram formulações de pão de batata sem glúten adicionado de 25% e 50% farinha de chia. A adição de farinha de chia melhorou as propriedades nutricionais do pão de batata, pois apresentou redução do teor de carboidratos e aumento no teor de proteínas, minerais e lipídeos insaturados. Em relação a análise sensorial todos os pães obtiveram índice de aceitabilidade maior que 70%, sendo a formulação com 25% de farinha de chia a mais aceita.

Costantine et al. (2014) desenvolveram formulações de pães sem glúten, utilizando farinha de trigo livre de glúten, adicionadas de 10% de farinha de chia. Os resultados indicaram que pães feitos com chia e farinha de trigo sem glúten são melhores em muitos aspectos nutricionais comparados aos pães controle: apresentando maior teor de proteínas, de fibras insolúveis, de cinzas e de ácido alfa linolênico.

Moreira, Chenlo, e Torres (2013) avaliaram o efeito da incorporação de chia e outros hidrocolóides na reologia de uma massa sem glúten. Os resultados demonstraram que a presença de farinha de chia, goma guar e goma tragacanto ocasionaram uma menor

retrogradação do amido. A temperatura de gelatinização diminuiu com a incorporação dos aditivos em todos os experimentos.

No estudo realizado por Coelho (2014) foram reduzidos os teores de gordura saturada e acrescidos os teores de gordura poli-insaturada, principalmente  $\omega$ -3, e aumentado o teor de fibras em pães de trigo com a substituição de parte da gordura vegetal hidrogenada por semente e farinha de chia. Os pães adicionados de farinha e semente de chia obtiveram altos índices de aceitabilidade e de intenção de compra na avaliação sensorial.

Existem poucos estudos com adição de mucilagem de chia em alimentos. Segundo pesquisa realizada por Menga et al. (2017) onde foram adicionadas sementes de chia e mucilagem de chia a macarrão sem glúten, foi constatado que a chia pode representar um substituto válido de hidrocolóides, que imitam a rede de glúten na formulação destes produtos.

Utpott (2012) desenvolveu uma formulação de maionese adicionada de mucilagem de chia, combinado ou não com emulsificantes e com reduzido teor de óleo e gema de ovo. A maionese desenvolvida manteve suas características funcionais, e apresentou um melhora nos seus aspectos sensoriais e tecnológicos.

Fernandes e Salas-Mellado (2017) utilizaram mucilagem de chia seca e liofilizada como substituto de gordura em formulações de pães e bolos de chocolate, conseguindo reduzir o valor calórico destes produtos e obtendo boa aceitabilidade na avaliação sensorial.

#### **4. ENVELHECIMENTO DO PÃO**

O pão, em especial, o pão sem glúten, é caracterizado por uma vida útil curta, pois apresenta uma rápida perda de frescura e aceleração do envelhecimento durante o armazenamento (MOORE; DAL BELLO; ARENDT, 2008). Durante o processo de armazenamento ocorre a perda de aroma, a diminuição da elasticidade, o amolecimento da crosta e o endurecimento do miolo dos pães (NOVOTNI et al., 2012). A retrogradação do amido contribui para aumentar a firmeza do miolo, dando uma sensação de produto seco ao ser ingerido (GUTKOSKI et al., 2005).

Os processos que causam o envelhecimento começam durante o resfriamento, ainda antes de o amido ter se solidificado de modo suficiente para o corte do produto. O termo envelhecimento refere-se à aceitação gradualmente decrescente do consumidor em relação ao pão, devido a todas as mudanças químicas e físicas que ocorrem na casca e no miolo durante o armazenamento, excluindo-se a deterioração microbiana (LEÓN, DURÁN e BARBER,

2002). Como resultado dessas mudanças temos um produto que o consumidor não considera mais “fresco”. O envelhecimento é detectado pelas alterações da textura, além do sabor e do aroma. Em geral, no armazenamento, o miolo se torna seco, farelento e mais duro, e a casca fica mole e coriácea (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

#### 4.1 GELATINIZAÇÃO E RETROGRADAÇÃO DO AMIDO

O amido é um polímero encontrado nos vegetais, desempenhando a função de reserva. Localiza-se no interior de pequenos grânulos, cujo tamanho e aparência variam conforme as plantas em que se encontram (ORDÓÑEZ, 2005). Ele é constituído por duas frações, isto é, a amilose e a amilopectina, em proporções que variam entre os amidos procedentes de diferentes espécies vegetais e influem na viscosidade e no poder de retrogradação do amido. (AQUARONE et al., 2001).

As mudanças que especialmente os polímeros de amido sofrem no processo de assamento e no armazenamento determinam a estrutura, as propriedades texturais e a conservação da qualidade do pão (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

A gelatinização dos grânulos de amido ocorre quando estes são aquecidos em presença de água, é definida como o colapso da ordenação granular, durante a qual ocorrem mudanças irreversíveis nas propriedades do amido, como o inchamento dos grânulos, a fusão cristalina, a perda da birrefringência, o rompimento dos grânulos com a liberação da amilose e o aumento da viscosidade da suspensão (SILVA et al., 2004).

A retrogradação é o termo dado às transformações que ocorrem durante o resfriamento e armazenamento da pasta de amido gelatinizado e, consiste basicamente de um processo de cristalização das moléculas, que provoca um aumento da firmeza e exsudação de parte da água absorvida na gelatinização (GRAY e BEMILLER, 2003).

#### 4.2 REDISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA

Diversos estudos têm sido realizados para entender os fenômenos que ocorrem durante a conservação do pão, em particular para aqueles ligados ao estado da água. Os resultados obtidos em análises têm evidenciado uma redução significativa do conteúdo de água ligada no miolo do pão durante sua conservação, portanto o conteúdo de água ligada no pão pode ser um índice de sua frescura. A velocidade de perda da água é reduzida com a

inclusão de gorduras (ácidos graxos) na formulação e com a conservação do pão em baixas temperaturas, como congelamento (QUAGLIA, 1991).

Comumente, quanto maior o conteúdo de umidade do produto panificável no estado fresco, mais pronunciadas são as mudanças nas suas propriedades que acontecem durante o envelhecimento. As principais alterações físicas que se tem identificado na instalação do envelhecimento são: endurecimento e rigidez do miolo, aparição de esfarelamento e perda de umidade por evaporação. O processo básico que resulta na dureza do miolo inclui a retrogradação do amido, a modificação da estrutura do glúten que produz umidade e a absorção desta umidade pelo amido retrogradado, resultando em redistribuição parcial de umidade. Este processo é acompanhado pela migração de umidade do centro do pão para as regiões externas (PYLER, 1988).

## **5. CONGELAMENTO DA MASSA DE PÃO E DO PÃO**

O pão sem glúten é um alimento amplamente consumido, principalmente por pacientes celíacos, e sua qualidade é rapidamente perdida devido ao seu envelhecimento (LERAY et al., 2010; NOVOTNI et al., 2012). Uma abordagem para aumentar a disponibilidade de pão sem glúten é o uso de congelamento e armazenamento congelado (RONDA e ROOS, 2011). O congelamento foi reconhecido como um excelente método para preservar as características de qualidade de alimentos estendendo sua vida útil, inclusive de pães (YI e KERR, 2009; YU, MA e SUN, 2010).

O emprego de baixas temperaturas é um dos métodos mais antigos para conservar alimentos, pode ser obtido com aplicação de frio por meio da refrigeração ou congelamento. O congelamento é um processo de redução e manutenção da temperatura dos alimentos abaixo do seu ponto de congelamento, normalmente à temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ocorrendo uma mudança de fase, onde parte da água se transforma em gelo e fica indisponível. Deste modo, detêm-se o crescimento e a atividade dos microrganismos e reduz-se consideravelmente a velocidade das reações químicas e enzimáticas (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Ronda e Roos (2011) desenvolveram um trabalho avaliando características tecnológicas de pães sem glúten congelados sob diferentes temperaturas, comparados ao pão fresco. Eles verificaram que após congelamento e armazenamento congelado de pães sem glúten durante 7 dias a temperaturas de  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , estes apresentaram propriedades físicas distintas. Os pães congelados à  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  mostraram propriedades físicas mais próximas

às de pães frescos, porém os pães armazenados à -14 °C apresentaram deterioração significativa.

Os pães sem glúten têm uma curta vida útil, e uma das abordagens para resolver esse problema é melhorar a disponibilidade de pão fresco congelando a massa e o produto final. Porém ocorrem vários problemas na produção de massa de pão de trigo congelados, estes estão relacionados principalmente com o dano da rede de proteínas, deterioração do fermento, redução do teor de água da superfície da massa (devido à sublimação) e redistribuição da água no sistema durante o congelamento (LERAY et al., 2010).

Na massa de pão sem glúten, algumas mudanças ocorrem entre 0 e 1 dia de armazenamento congelado. A firmeza da massa de pão sem glúten congelada e descongelada é maior que a da massa fresca, o teor de umidade na massa é reduzida pelo processo de congelamento (LERAY et al., 2010), e também ocorre uma perda de força da massa que causa uma diminuição na capacidade de retenção de CO<sub>2</sub> (SELOMULYO e ZHOU, 2007). Estes resultados mostram que o congelamento afeta tanto a massa de trigo como a massa sem glúten, então o dano da matriz do glúten não é a única consequência. De fato, ocorrem outros efeitos do congelamento da massa, como dano mecânico do amido, modificação nas propriedades do amido (RIBOTTA et al., 2003, 2004) e mudanças nas proteínas, que também poderiam afetar as propriedades reológicas da massa de pão sem glúten congelada (LERAY et al., 2010).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHLBORN, G. J.; PIKE, O. A.; HENDRIX, S. B.; HESS, W. M.; HUBER, C. S.; Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. **Cereal Chemistry**, v.82, n.3, p.328-335, 2005.

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.

AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; **Biociencia Industrial**. São Paulo: Editora Blucher, 2001. 183-207p.

ARENDRT, E.; KOB, C. M.; SCHOBER, T. J.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R. (2002). Development of gluten free cereal products. **Farm Food**, v.12, p.21-27.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia: Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs**. Tucson: The University of Arizona Press, 2005. 215 p.

- AYERZA, R.; COATES, W. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. **Tropical Science**, Germantown, v. 44, n. 3, p. 131-135, 2004.
- AYERZA, R.; COATES, W. O teor de proteínas, teor de óleo e perfil de ácidos graxos como critérios potenciais para determinar a origem da chia cultivada (*Salvia hispanica* L.). **Jornal das Culturas Industriais e Produtos**, v. 34, p. 1366 – 1371, 2011.
- BAI, J. C., FRIED, M., CORAZZA, G. R., SCHUPPAN, D., FARTHING, M., CATASSI, C., GRECO, L., COHEN, H., CIACCI, C., FASANO, A., GONZÁLEZ, A., KRABSHUIS, J. H., LEMAIR, A. **Doença celíaca**. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. 2012. p.18.
- BARCENAS, M.E., ROSELL, C.M. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloid addition. **Food Chemistry**, v.100, p.1594-1601, 2007.
- BARCENAS, M.E., ROSELL, C.M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.1037-1043, 2005.
- BORGES, V. C.; SALAS-MELLADO, M. M. Influence of  $\alpha$ -amilase, trehalose, sorbitol, and polysorbate 80 on the quality of gluten-free bread. **International Food Research Journal**, v.25, n.5, p.1973-1979, 2016.
- BRASIL. **Lei Federal nº 10.674 de 16 de maio de 2003**. Obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e controle da doença celíaca. D.O.U-Diário Oficial da União de 19 de maio de 2003.
- BRASIL. **Resolução – ANVISA – RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico Para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Disponível em:<[http://www.abima.com.br/dload/13\\_46\\_resol\\_263\\_05\\_leg\\_alim\\_nac.pdf](http://www.abima.com.br/dload/13_46_resol_263_05_leg_alim_nac.pdf)>. Acesso em: março de 2017.
- CAPITANI, M. I.; IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. **Journal Science Food Agric.**, v.93, p.3856–3862, 2013.
- CAPITANI, M. I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispânica* L.) seeds of Argentina. **LWT-Food Science and Technology**, v.45, p.94-102, 2012.
- CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G.; Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **B.CEPPA**, v.29, n.1, p.129-136, 2011.
- CATASSI, C., BAI, J. C., BONAZ, B., BOUMA, G., CALABRÒ, A., CARROCCIO, A., CASTILLEJO, G., CIACCI, C., CRISTOFORI, F., DOLINSEK, J., FRANCAVILLA, R., ELLI, L., GREEN, P., HOLTMEIER, W., KOEHLER, P., KOLETZKO, S., MEINHOLD, C., SANDERS, D., SCHUMANN, M., SCHUPPAN, D., ULLRICH, R., VÉCSEI, A., VOLTA, U., ZEVALLOS, V., SAPONE, A., FASANO, A. Non-Celiac Gluten sensitivity: the new frontier of gluten related disorders. **Nutrients**, v.5, n.10, p.3839–3853, 2013.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S.; **Tecnologia da panificação**. Barueri, SP. Manole, 2009. 2ed. 418p.

COATES, W. **Chia: the complete Guide to the ultimate superfood**. Sterling Publishing Eds. New York. 2012.

COELHO, M. S. **Pão enriquecido com chia (*Salvia hispânica L.*): desenvolvimento de um produto funcional**. 2014, 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, 2014. 148p.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica L*) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Effects of substituting chia (*Salvia hispanica L.*) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.60, p729-736, 2015.

COOPER, B. T.; HOLMES, G. K.; FERGUSON, R.; THOMPSON, R. A.; ALLAN, R. N.; COOKE, W. T. Gluten-sensitive diarrhea without evidence of celiac disease. **Gastroenterology**, v.81, p.192–194, 1981.

COOREY, R.; TJOE, A.; JAYASENA, V. Gelling Properties of Chia Seed and Flour. **Journal of Food Science**, v.79, n. 5, p.859-866, 2014.

COSTANTINI, L.; LUKŠIĆ, L.; MOLINARI, R.; KREFT, I.; BONAFACCIA, G.; MANZI, L.; MERENDINO, N. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**, v.165, p.232-240, 2014.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 295-303, 2010.

DIGIACOMO, D. V.; TENNYSON, C. A.; GREEN, P. H.; DEMMER, R. T. Prevalence of gluten-free diet adherence among individuals without celiac disease in the USA: results from the Continuous National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2010. **Scand J Gastroenterol**, v.48, p.921–925, 2013.

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 em: 10/jun, 2016.

ELLI, L.; BRANCHI, F.; TOMBA, C.; DANILO, V.; NORSA, L.; FERRETTI, F.; RONCORONI, L.; BARDELLA, M. T. Diagnosis of gluten related disorders: celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. **World Journal Gastroenterology**, v.21, n.23, p.7110-7119, 2015.

FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, v.227, p.237–244, 2017.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **J Food Eng**, v.56, n.2–3, p.153–161, 2003.

GALLAGHER, E. **Gluten- Free Food Science and Technology**. USA: Wiley-Blackwell. 2009. p.246.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, n. 3-4, p.143-152, 2004.

GRAY, J. A.; BEMILLER, J. N. Bread Staling: Molecular Basis and Control. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v.2, p.1-21, 2003.

GREEN, P. H. R.; CELLIER, C. Celiac Disease. **New England Journal of Medicine**, v.357, n. 17, p. 1731-1734, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; BREHM, C. M.; SANTOS, E.; MEZZOMO, N.; Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.460-467, 2005.

HADNAĐEV, T. R. D.; TORBICA, A. M.; HADNAĐEV, M. S. Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. **Food Bioprocess and Technology**, v. 6, n. 7, p. 1770-1781, 2013.

HAGER, A. S.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 195-203, 2013.

HILL, I. D., DIRKS, M. H., LIPTAK, G. S., COLLETTI, R. B., FASANO, A., & GUANDALINI, S. (2005). Guideline for the diagnosis and treatment of coeliac disease in children: recommendations of the North American Society for pediatric gastroenterology, hepatology and nutrition. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, 40, 1e19.

HOUBEN, A., HÖCHSTÖTTER, A., BECKER, T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **European Food Research Technology**, v.235, p.195–208, 2012.

IXTAINA, V. Y. (2010) **Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispanica L.*) obtenido mediante distintos procesos**. Aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 2010.

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

JANI, G.K.; SHAH, D.P.; PRAJAPATI, V.D.; JAIN, V.C. Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. **Asian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 5, p. 308-322, 2009.

KEET, C. A.; MATSUI, E. C.; DHILLON, G.; LENEHAN, P.; PATERAKIS, M.; WOOD, R. A. The natural history of wheat allergy. **Ann Allergy Asthma Immunol**, v.102, p.410–415, 2009.

- KOHAJDOVÁ, Z.; KAROVIČOVÁ, J. Application of hydrocolloids as baking improvers. **Chemical Papers**, v. 63, n. 1, p. 26-38, 2009.
- KOTZE, S. L. M. Doença celíaca. **Jornal Brasileiro de Gastroenterologia**, v.6, n.1, p.23-34, 2006.
- LEÓN, A. E.; DURÁN, E.; BARBER, C. B. Utilization of enzymes mixtures to retard bread crumb firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.50, p.1416-1419, 2002.
- LERAY, G.; OLIETE, B.; MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LAMBALLERIE, M. Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. **Journal of Food Engineering**, v.100, p.70–76, 2010.
- 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.
- MARIOTTI, M.; PAGANI, M. A.; LUCISANO, M. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 393-400, 2013.
- MATOS, M. E., & ROSELL, C. M. Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, p.653-661, 2015.
- MENGA, V.; AMATO M.; PHILLIPS, T. D.; ANGELINO, D.; MORREALE, F.; FARES, C.; Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. **Food Chemistry**, v.221, p.1954–1961, 2017.
- MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 3, p. E140-146, 2009.
- MIR, S. A.; SHAH, M. A.; NAIK, H. R.; ZARGAR, I. A. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. **Trends in Food Science & Technology**, v.51, p.49-57, 2016.
- MOORE, M. M.; DAL BELLO, F.; ARENDT, E. K. Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread. **European Food Research and Technology**, v.226, p.1309-1316, 2008.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p.160-166, 2013.
- 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(a).
- MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, 108, 216–224, 2012(b).

NOVOTNI, D.; CUKELJ, N.; SMERDEL, B.; BITUH, M.; DUJMIC, F.; CURIC, D. Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough. **Journal of Cereal Science**, v.55, p.120-125, 2012.

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

ORDÓÑEZ, J.A.; **Tecnología de alimentos**. Volume I, Componentes dos Alimentos e Processos. Editora Artmed, 2005. 294p.

PEREIRA, B. S.; PEREIRA, B. S.; CARDOSO, É. S.; MENDONÇA, J. O. B.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M. P.; ZAGO, L.; FREITAS, S. M. L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v.8, n.2, p.125-136, 2013.

PREICHARDT, L. D. **Aplicação de Xantana Comercial e Xantana Sintetizada por *Xanthomonas arborícola* pvpruni em Bolos sem Glúten**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009. 69p.

PYLER, E. J.; **Baking Science and Technology**. Vol.II, Sosland Publishing Company, 1988.

QUAGLIA, G. **Ciência e tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acríbia, 1991. 485p.

RAMESH S. Food allergy overview in children. **Clin Rev Allergy Immunol.**, v.34, p.217–230, 2008.

REWERS, M. Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? **Gastroenterology**, v.128, n.4, p.S47-S51, 2005.

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

RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. **Food Research International**, v.36, p.357–363, 2003.

RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v.18, p.305–313, 2004.

RONDA, F.; ROOS, Y. H. Staling of fresh and frozen gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v.53, p.340-346, 2011.

ROSELL, C. M.; BARRO, F.; SOUSA, C.; MENA, M. C. Cereals for developing glúten-free products and analytical tools for gluten detection. **Journal of Cereal Science**, v.59, p.354-364, 2014.

RUPFLIN, D. I. A. Caracterización de la Semilla Del Chan (*Salvia hispánica* L.) y Diseño de um Producto Funcional que la Contiene como Ingrediente. **Revista 23 de la Universidad del Valle de Guatemala**, Guatemala, p. 43-49, 2011.

SALGADO-CRUZ, M. P.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G.; CHANONA-PÉREZ, J.; FARRERA-REBOLLO, R. R.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J. V.; DÍAZ-RAMÍREZ, M. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. **Industrial Crops and Products**, v.51, p.453– 462, 2013.

SANDOVAL-OLIVEROS, M. R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 1, p. 193-201, 2013.

SCHAMNE, C. **Obtenção e caracterização de produtos panificados livres de glúten**. 2007. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

SCHWARCZ, J. **Uma maçã por dia – Mitos e verdades sobre os alimentos que comemos**. Rio de Janeiro: Zahar, p. 99-102, 2007.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 11, p. 2306–2312, 2010b.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Influence of gluten-free flours and their mixtures on bater properties and bread quality. **Food Bioprocess Technology**, v.3, p.577-585, 2010a.

SELOMULYO, V. O.; ZHOU, W. Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers. **Journal of Cereal Science**, v.45, p.1–17, 2007.

SHEPHERD, S. J.; GIBSON, P. R. Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 26, n. 4, p. 349-358, 2012.

SILVA, A. T.; MARTA, C. S.; PRATES, S.; MORAIS-ALMEIDA, M.; PINTO, J. R. Hipersensibilidade ao trigo: formas de apresentação e proteínas alergênicas. **Revista Portuguesa de Imunoalergologia**, v.13, n.2, p.133-140, 2005.

SILVA, M. C.; THIRÉ, R. M. S. M.; PITA, V. J. R. R.; CARVALHO, C. W. P.; ANDRADE, C. T.; Processamento de amido de milho em câmara de mistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.24, n.2, p.303-310, 2004.

SILVA, P. C.; ALMEIDA, P. D. V.; AZEVEDO, L. R.; GRÉGIO, A. M. T.; MACHADO, M. A. N.; LIMA, A. D. S.; Doença Celíaca: Revisão. **Clinica Pesquisa Odontológica**, Curitiba, v.2, n.5/6, p. 401-406, 2006.

SUSANNA, S.; PRABHASANKAR, P. A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 613-621, 2013.

THOMPSON, T. Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 100, n. 11, p. 1389-1396, 2000.

TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; KASAPIS, S.; ADHIKARI, B. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. **Carbohydrate Polymers**, v.136, p.128–136, 2016.

UTPOTT, M. **Utilização da mucilagem da chia (*Salvia hispânica 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.

VALLEJOS, V. B.; CRIZEL, T. M.; SALAS-MELLADO, M. M. Development of gluten-free cakes with the addition of methylcellulose and xanthan gum. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.1317-1328, 2015.

VÁZQUEZ-OVANDO, A.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica L.*). **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.168-173, 2009.

VOLTA, U.; VILLANACCI, V. Celiac disease: diagnostic criteria in progress. **Cellular & Molecular Immunology**, v.8, p.96–102, 2011.

YALCIN, S; BASMAN, A. Effects of gelatinisation level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 9, p. 1637-1644, 2008.

YI, J.; KERR, W. L. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.1474-1483, 2009.

YU, S.; MA, Y.; SUN, D. Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, p.1138-1143, 2010.



**CAPÍTULO III**  
**DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**



## APRESENTAÇÃO

As atividades experimentais da tese foram desenvolvidas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Escola de Química e Alimentos (EQA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Após realizar testes preliminares, o presente estudo foi dividido em quatro artigos científicos:

- ARTIGO I: Extração e caracterização das mucilagens de chia (*Salvia hispanica* L.);
- ARTIGO II: Produção de pão sem glúten adicionado de farinha e de sementes de chia (*Salvia hispânica* L.);
- ARTIGO III: Efeito da adição de mucilagem de chia (*Salvia hispânica* L.) na qualidade tecnológica do pão sem glúten;
- ARTIGO IV: Efeito do congelamento em massas e pães sem glúten com adição de semente, farinha e mucilagem de chia (*Salvia hispânica* L.);



**ARTIGO I**  
**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS MUCILAGENS DE CHIA (*Salvia*  
*hispanica* L.)**



## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar a extração, caracterização e comparação da mucilagem de chia seca em estufa e da mucilagem de chia liofilizada, para sua utilização em produtos alimentícios. A mucilagem da semente de chia foi extraída e seca por dois métodos diferentes, liofilização e seca em estufa. Foram avaliadas sua composição proximal, propriedades funcionais e microestrutura. As análises realizadas foram rendimento, capacidade de retenção de água, capacidade de retenção de óleo, capacidade emulsificante, solubilidade, cor, e microscopia eletrônica de varredura. As mucilagens de chia seca e liofilizada apresentaram composição proximal semelhante, porém apresentam propriedades funcionais distintas, podendo atuar de forma diferente ao serem incorporadas em alimentos. A análise de MEV mostrou que a mucilagem seca em estufa apresenta uma estrutura semelhante a uma película ou filme, enquanto a mucilagem liofilizada possui uma estrutura fibrosa e esponjosa.

**Palavras-chave:** microestrutura, propriedades funcionais, alimentos.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Salvia hispanica* L., também conhecida como chia, é uma planta herbácea, da família Labiatae, divisão Spermatophyta e reino Plantae (ALI et al., 2012). Considerando a composição química da chia, estas sementes apresentam capacidades tecnológicas diversas, podendo atuar como agentes espessantes, gelificantes e estabilizantes. Deste modo, revelam-se úteis para a indústria alimentar e para desenvolvimento de novos produtos alimentares (CAPITANI et al., 2012; REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008). Suas sementes são utilizadas como suplemento nutricional, bem como na fabricação de barras, cereais matinais e biscoitos nos Estados Unidos, América Latina e Austrália (DUNN, 2010).

Em 1996 as sementes de chia foram reconhecidas pela FAO como sendo uma fonte potencial de polissacáridos, essencialmente resultantes da sua mucilagem. Esta mucilagem é constituída por um polissacárido cuja massa molecular foi determinada por filtração em gel e varia de  $0,8-2,0 \times 10^{-6}$  daltons. A mucilagem de chia, considerada um gel natural de sementes de chia é um novo ingrediente, composto principalmente, de xilose, glucose e ácido glucorônico formando um polissacarídeo ramificado (LIN; DANIEL; WHISTLER, 1994; MUÑOZ et al., 2012b).

De acordo com Muñoz et al., (2012b), a semente de chia apresenta na sua composição uma percentagem considerável de mucilagem: 5-6% (m/m), que é uma secreção rica em polissacáridos, responsáveis pela retenção da água pelas sementes, contribuindo para o seu aumento de volume quando inseridas em meio aquoso.

A mucilagem evidencia-se como uma película transparente existente na semente quando hidratada. Esta película - gel transparente mucilaginoso - atinge a sua espessura máxima após 2 h de hidratação. Formando duas camadas, uma interna, constituída por estruturas ramificadas, e outra externa. Observa-se também uma forte ligação entre a semente e a mucilagem presumindo-se que a mucilagem se situa na camada exterior que forma o revestimento da semente, nas chamadas células mucilaginosas (MUÑOZ et al., 2012b). Lin, Daniel e Whistler (1994) propuseram a estrutura da mucilagem de chia como sendo um tetrassacarídeo com resíduos de 4-O-metil- $\alpha$ -D-glicuronopiranosil com ramificações de  $\beta$ -D-xilopiranosil na cadeia principal.

Devido às propriedades funcionais da mucilagem de chia ela apresenta o potencial de ser usada como um agente espessante em formulações de alimentos. Que pode ser utilizada como um agente emulsionante, em função da sua maior capacidade e estabilidade de emulsão, podendo também ser aplicada em produtos alimentícios congelados devido à sua estabilidade no congelamento e descongelamento (COOREY; TJOE; JAYASENA, 2014).

Este trabalho teve como objetivo realizar a extração, caracterização e comparação da mucilagem de chia seca em estufa e da mucilagem de chia liofilizada, para sua utilização em produtos alimentícios.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE CHIA E OBTENÇÃO DA FARINHA DE CHIA**

As sementes de chia utilizadas foram cedidas pela empresa Chá & Cia – Ervas medicinais para chá, Jacareí, São Paulo, Brasil. A extração da mucilagem foi realizada conforme Muñoz et al. (2012a), com algumas adaptações, onde as sementes de chia foram hidratadas em uma proporção 1:40 (semente:água) e agitadas em Shaker Cientec (CT-712RNT) a velocidade de 125 rpm durante 2h. Para separar a semente da mucilagem foram realizadas duas etapas, filtração à vácuo utilizando Bomba à vácuo Quimis (Q355B) com auxílio de uma peneira simples e centrifugação na velocidade de 11600 xg em Centrífuga Hanil (Supra 22K) por 20 minutos, onde o sobrenadante obtido foi mucilagem de chia. Em seguida, para obter a mucilagem seca a suspensão aquosa foi espalhada em formas e colocada em Estufa Quimis (Q-314 D242) com temperatura de 50 °C durante 24 h, e para obter a mucilagem liofilizada a suspensão foi congelada em Ultrafreezer Indrel (IULT 90-D) à -80°C por 48h e seca em Liofilizador Liotop (L108). Para obtenção da farinha de chia, as sementes

de chia foram moídas em liquidificador de facas duplas (ARNO) e peneiradas na granulometria de 16 mesh.

## 2.2 RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO DE MUCILAGEM DE CHIA

Para determinar a proporção semente/água durante a etapa de hidratação foi realizada análise de rendimento da mucilagem. Foram testadas as concentrações de 1:20 1:30 e 1:40 (semente/água), e o rendimento foi calculado medindo-se o peso de mucilagem obtida sobre o peso de semente de chia utilizada e multiplicada por 100. O rendimento foi obtido em porcentagem (%).

## 2.3 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA E DE ÓLEO

Foram realizadas análises na farinha de chia e nas mucilagens seca e liofilizada. A capacidade de retenção de água (CRA) e a capacidade de retenção de óleo (CRO) foram determinados seguindo os métodos descritos por Chau, Cheung e Wong (1997), com modificações. Para a determinação da CRA, 0,1 g de amostra foi adicionada à 10 ml de água destilada, em seguida, agitada durante 1 min em Agitador Vortex Warmnest VX-38, e centrifugado a  $2200 \times g$  durante 30 min em Centrífuga MPW-350. O sobrenadante foi descartado e o restante da amostra úmida dentro do tubo centrifugado foi pesada. Os resultados foram expressos como a massa (g) de água retida por massa (g) da amostra. A CRO foi determinada utilizando o mesmo método da CRA com a substituição de água por óleo de soja.

## 2.4 CAPACIDADE EMULSIONANTE

A Capacidade emulsionante (CE) foi medida de acordo com o método de Coorey et al., (2013) com modificações. Uma suspensão (100mL) de 1% (w / w) de farinha e/ou de mucilagem em água destilada foi preparada em balão volumétrico e transferido para um recipiente de 500 mL. A suspensão foi, em seguida, homogeneizada com 100 mL de óleo de soja durante 10 min com o auxílio de homogeneizador Ultraturrax (IKA, modelo T25). As amostras foram centrifugadas a  $1520 \times g$  durante 30 min na Centrífuga (Hanil, modelo Supra 22K). O volume da camada de emulsão foi medido em proveta. O resultado da CE foi expresso como uma porcentagem CE e calculado usando a Equação 2.

$$CE (\%) = 100 \times \frac{\text{camada emulsionada total (mL)}}{\text{volume total de suspensão (mL)}} \quad (2)$$

## 2.5 SOLUBILIDADE

A solubilidade da farinha de chia e das mucilagens de chia seca e liofilizada foram determinadas conforme o método descrito por Betancur-Ancona et al. (2003). Primeiramente foi preparado 40 ml de uma suspensão 10 g.L<sup>-1</sup> p/v de amostra em um tubo de centrífuga de 50mL. A solução foi agitada durante 30 min em Shaker Cientec (CT-712RNT) na temperatura ambiente. Após a suspensão foi centrifugada a 3415 xg por 15min em Centrifuga Hanil (Supra 22K). Uma alíquota de 10mL do sobrenadante foi seca em estufa à 120°C por 4h. A solubilidade foi calculada conforme a equação a seguir:

$$\text{Solubilidade (g.kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{peso seco à 120 }^{\circ}\text{C} \times 400}{\text{peso amostra}} \quad (3)$$

## 2.6 COR

As análises de cor da farinha de chia e das mucilagens seca e liofilizada foram realizadas em Colorímetro Minolta® CR400 (MINOLTA, 1993). Foi determinada seguindo o sistema de cor no espaço L\*a\*b\* ou CIE-L\*a\*b\*, definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores L\* (luminosidade), a\* e b\* (coordenadas de cromaticidade).

## 2.7 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

A composição proximal da farinha e das mucilagens de chia foi determinada conforme a AACC (2000), foram realizadas as seguintes análises físico-químicas:

- a) Umidade: foi determinada de acordo com o método n° 44-15A.
- b) Cinzas: foi determinada de acordo com o método n° 08-01. Foi empregado o tempo de cinco horas à 600°C, em mufla.
- c) Proteína: foi determinada de acordo com método de Kjeldahl, método n° 46-13.
- d) Lipídios: O teor de gordura foi determinado pelo método de Soxhlet, método n° 30-20.

- e) Carboidratos: O teor de carboidratos totais foi estimado por diferença.
- f) Fibra bruta: foi determinado segundo o método nº 32-05.01.

## 2.8 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada para analisar a microestrutura de 6 amostras, são elas: a semente de chia, a farinha de chia, a mucilagem liofilizada, a mucilagem seca, a semente de chia após hidratação liofilizada, e a semente de chia após hidratação seca em estufa. A superfície das amostras foi recoberta com ouro para melhorar a condutibilidade, e as amostras foram analisadas em Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol (JSM-6610LV) a uma tensão de aceleração de 10 kV.

## 2.9 ANÁLISE COM MICROSCÓPIO ÓPTICO E ESTEREOMICROSCÓPIO

A análise com Microscópio Óptico Labimex (PZO) e Estereomicroscópio Tecnival (SQZ-DS4) foi realizada para analisar a estrutura de 6 amostras, são elas: a semente de chia, a farinha de chia, a mucilagem liofilizada, a mucilagem seca, a semente de chia após hidratação liofilizada, e a semente de chia após hidratação seca em estufa. As imagens do microscópio estão com magnitude de 40x e as imagens do estereomicroscópio com magnitude de 2,5x. Foram tiradas fotos com celular Samsung (Galaxy SIII) acoplado ao equipamento para registrar as estruturas das amostras.

## 2.10 TRATAMENTO DE DADOS

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises foram tratados estatisticamente utilizando análise de variância (ANOVA), e comparados através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A semente de chia possui de 5-6% de mucilagem, e esta é considerada de difícil remoção. A concentração semente:água que alcançou maior rendimento foi a da proporção 1:40 (semente/água), sendo a escolhida para realizar a extração da mucilagem seca e

liofilizada (Tabela 1). Muñoz et al. (2012b) também relataram ter obtido maiores valores de rendimento na extração de mucilagem de chia utilizando a concentração 1:40.

A mucilagem de chia é um novo ingrediente e apresenta características interessantes para o desenvolvimento de produtos alimentícios. A composição proximal e as propriedades funcionais da farinha e das mucilagens de chia estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1** - Rendimento da extração de mucilagem de chia.

| Concentração | Rendimento MSE (%)      | Rendimento ML (%)       |
|--------------|-------------------------|-------------------------|
| 01:40        | 4,9 ± 0,1 <sup>ab</sup> | 5,2 ± 0,1 <sup>a</sup>  |
| 01:30        | 4,6 ± 0,1 <sup>b</sup>  | 4,9 ± 0,2 <sup>ab</sup> |
| 01:20        | 3,7 ± 0,1 <sup>c</sup>  | 3,9 ± 0,2 <sup>c</sup>  |

MSE= Mucilagem seca em estufa. ML= Mucilagem liofilizada. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si na linha e na coluna. O rendimento corresponde a quantidade de mucilagem obtida com relação A 100 g de semente.

**Tabela 2** - Caracterização da farinha de chia e das mucilagens de chia.

| Propriedades        | Farinha de chia            | Mucilagem liofilizada       | Mucilagem seca em estufa   |
|---------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Umidade (%)         | 7,1 ± 0,3 <sup>b</sup>     | 11,5 ± 0,5 <sup>a</sup>     | 12,3 ± 0,1 <sup>a</sup>    |
| Proteínas (%)       | 22,6 ± 0,3 <sup>a</sup>    | 7,1 ± 0,1 <sup>b</sup>      | 6,9 ± 0,4 <sup>b</sup>     |
| Lipídeos (%)        | 36,0 ± 0,1 <sup>a</sup>    | 2,4 ± 0,5 <sup>b</sup>      | 2,5 ± 0,6 <sup>b</sup>     |
| Cinzas (%)          | 5,9 ± 0,1 <sup>c</sup>     | 7,1 ± 0,1 <sup>b</sup>      | 7,6 ± 0,0 <sup>a</sup>     |
| Fibras (%)          | 26,3 ± 0,3 <sup>b</sup>    | 34,8 ± 1,0 <sup>a</sup>     | 35,2 ± 0,7 <sup>a</sup>    |
| Carboidratos (%)    | 9,2                        | 48,6                        | 47,8                       |
| CRA(g/g)            | 27,86 ± 1,18 <sup>b</sup>  | 159,12 ± 14,61 <sup>a</sup> | 177,12 ± 4,45 <sup>a</sup> |
| CRO(g/g)            | 19,01 ± 1,11 <sup>b</sup>  | 60,15 ± 5,28 <sup>a</sup>   | 23,45 ± 0,81 <sup>b</sup>  |
| CE (%)              | 23,33 ± 1,44 <sup>c</sup>  | 44,16 ± 1,44 <sup>a</sup>   | 33,33 ± 1,44 <sup>b</sup>  |
| Solubilidade (g/kg) | 116,63 ± 7,42 <sup>c</sup> | 147,48 ± 2,84 <sup>b</sup>  | 164,83 ± 3,79 <sup>a</sup> |
| L*                  | 40,16 ± 0,85 <sup>c</sup>  | 92,98 ± 1,54 <sup>a</sup>   | 86,28 ± 0,14 <sup>b</sup>  |
| Cor a*              | 3,96 ± 0,37 <sup>a</sup>   | -0,95 ± 0,19 <sup>c</sup>   | 0,61 ± 0,04 <sup>b</sup>   |
| b*                  | 14,32 ± 0,69 <sup>a</sup>  | 2,94 ± 0,64 <sup>c</sup>    | 4,66 ± 0,03 <sup>b</sup>   |

CRA= Capacidade de retenção de água. CRO= Capacidade de retenção de óleo. CE= capacidade emulsificante. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

A farinha de chia apresenta em geral altos teores de proteínas e lipídeos, neste caso a farinha de chia possui 22,6% de proteínas e 36,0% de lipídeos. Seu teor protéico (19-23%) é maior que muitos dos cereais, incluindo trigo (14%), milho (14%), arroz (8,5%), aveia (15,3%) e cevada (9,2%) (CONSTANTINI et al., 2014). A composição da farinha de chia foi semelhante a relatada por Salgado-Cruz et al, 2013.

A composição proximal das mucilagens seca e liofilizada é muito semelhante, e ambas se diferenciam da composição da farinha de chia. As mucilagens liofilizada e seca em estufa apresentaram maiores teores de proteínas, lipídeos e cinzas do que os valores relatados

por Coorey, Tjoe e Jayasena (2014), provavelmente deva-se ao método de extração da mucilagem que não separa a semente da mucilagem na sua totalidade. Capitani et al. (2013) também obtiveram uma mucilagem de semente de chia com alto teor de proteínas 11,2% e cinzas 8,4%, o método que estes autores usaram foi o de fricção em peneira seguido de liofilização.

Segura-Campos et al. (2014) obtiveram uma mucilagem a partir de semente de chia contendo 28,96% de fibra bruta. Capitani et al. (2013) verificou que a semente de chia apresenta um teor de fibra bruta de 27,6%. Podemos concluir que o teor de fibra bruta da farinha de chia apresentada na Tabela 2 está de acordo com o esperado, e que foram obtidas mucilagens de chia com maior conteúdo de fibra bruta quando comparado a trabalhos anteriores.

A mucilagem de chia possui propriedades funcionais bem diferentes da farinha de chia, apresentando maiores valores de CRA, de CRO, de CE e de Solubilidade. Estas características da mucilagem podem ser devido ao seu teor elevado de fibras. O principal efeito fisiológico da fibra advém da sua capacidade de absorção e retenção de água. Esta capacidade resulta da presença de polissacáridos. Uma dieta com teores de fibra adequados tem efeitos benéficos para a saúde, como a redução de colesterol, alterações da função intestinal e atividade antioxidante (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

Entre as duas mucilagens obtidas houve diferença estatística dos valores das propriedades funcionais, exceto na CRA. A mucilagem seca em estufa apresentou maior solubilidade, e menores valores de CRO e de CE quando comparada a mucilagem liofilizada. Ambas as mucilagens apresentaram CRA superior aos valores encontrados por Segura-Campos et al. (2014) que realizaram um estudo das propriedades funcionais das mucilagens obtidas a partir de farinha de chia e de farinha de chia desengordurada.

A CRO da mucilagem liofilizada foi muito semelhante a encontrada por Coorey, Tjoe e Jayasena (2014), que estudaram a mucilagem de semente de chia e a mucilagem de farinha de chia, que apresentaram CRO de 58,61 g/g e 19,18 g/g respectivamente, sendo que o processo de secagem utilizado foi a liofilização.

A maior solubilidade entre as amostras estudadas foi de 164,83g/kg referente a mucilagem seca em estufa. Porém este valor ainda é baixo quando comparado ao valor encontrado por Capitani et al. (2013) de 660 g/kg para a mucilagem de semente de chia de origem Argentina.

A cor da farinha de chia é escura e amarronzada, com luminosidade  $L^*$  de valor 40,16 e as coordenadas de cromaticidade  $a^*= 3,96$  e  $b^*= 14,32$ , porém as mucilagens apresentam-se mais claras com valores altos de luminosidade 92,98 e 86,28, sendo a mucilagem liofilizada mais clara que a mucilagem seca em estufa, em função do processo de secagem.

A Figura 1 apresenta as imagens obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura.

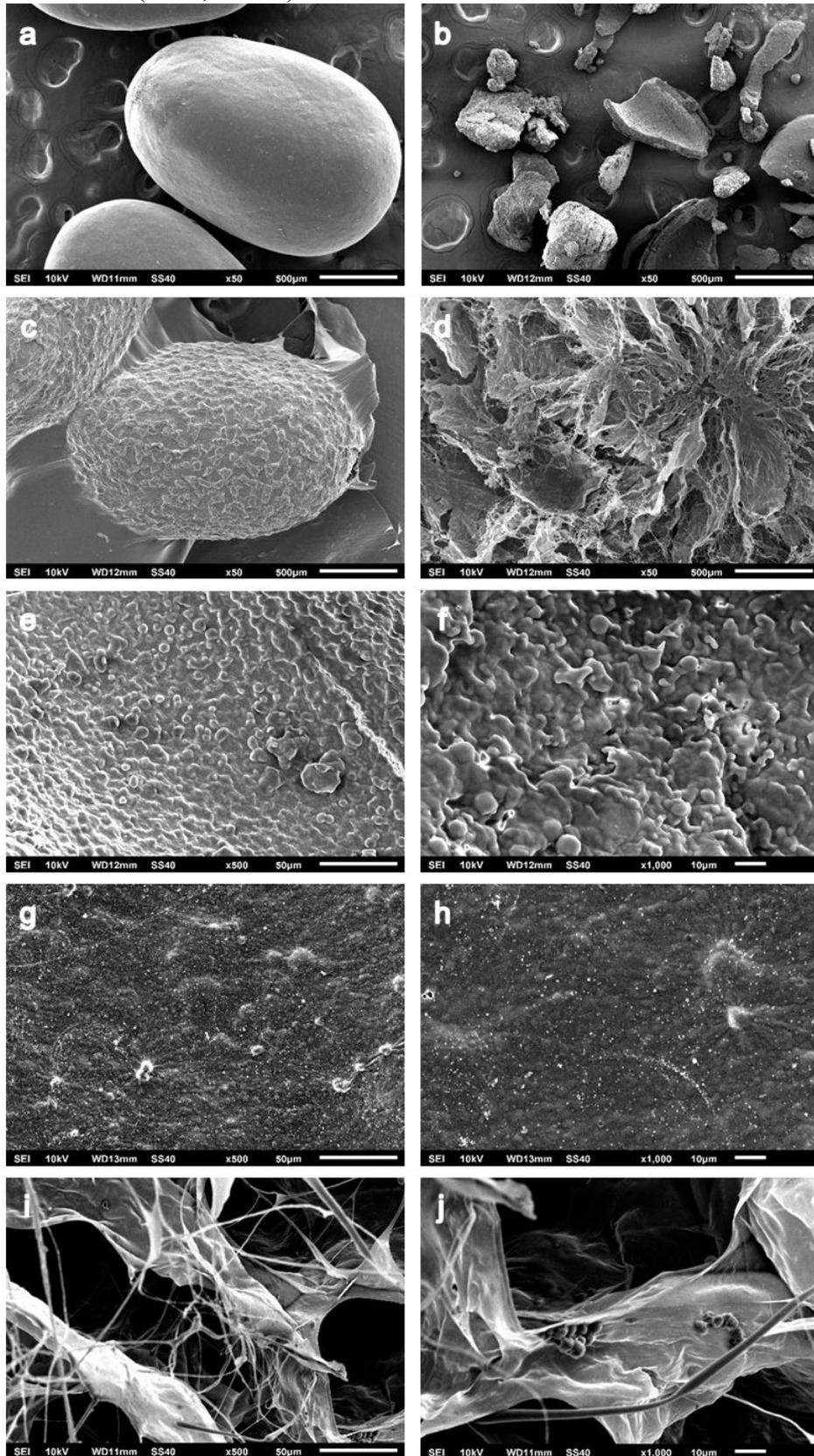
Na Figura 1(a) podemos visualizar a imagem da semente de chia intacta que apresenta forma elíptica e superfície lisa, sem rugosidade aparente. A farinha de chia (1b) possui uma granulidade alta, devido que seu alto teor de lipídeos não permitiu uma redução maior do tamanho de partícula, formando grumos que dificultam a separação.

Pode-se observar na Figura 1(c) que após a semente ser hidratada e seca em estufa, ocorreu a formação de uma camada rugosa em sua superfície, e uma película fina ao seu redor, que claramente se deve a produção da mucilagem em seu entorno. Porém quando a semente hidratada foi liofilizada (1d) não conseguimos observar a estrutura da semente de chia, pois ela ficou totalmente envolta pela mucilagem liofilizada.

A estrutura da farinha de chia (1e-f) apresenta alta rugosidade em sua superfície, enquanto que a mucilagem seca (1g-h) possui uma estrutura pouco rugosa e com pontos brancos, que podem ser indícios da presença de lipídeos. A mucilagem liofilizada (1i-j) no entanto apresenta uma estrutura muito distinta das demais em vários aspectos, pois sua estrutura é porosa, fibrosa e muito densa, apresentando também vestígios de glóbulos de gordura. Capitani et al. (2013) relatou que a associação entre os diferentes componentes da mucilagem forma uma estrutura em rede de poros abertos, que proporcionam propriedades reológicas interessantes como a formação do gel. A extração, purificação, secagem e/ou novos processos de modificação podem afetar significativamente o produto químico, a composição e a estrutura molecular de plantas naturais com base em biopolímeros.

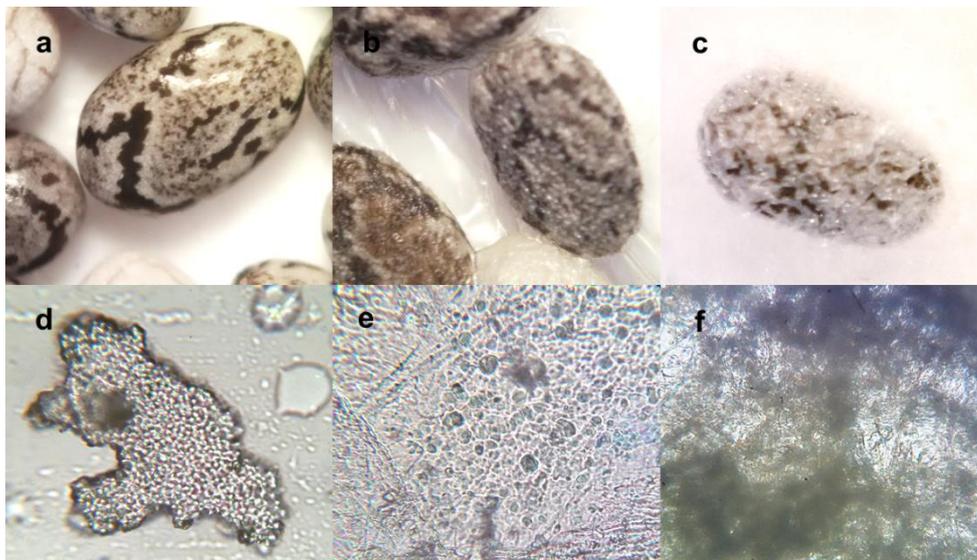
Mirhosseini e Amid (2013) estudaram o efeito de diferentes técnicas de secagem nas características de fluidez e propriedades químicas da goma natural de misturas de carboidratos-proteína originárias de sementes de frutas, eles relataram que a goma seca por liofilização revelou uma porosidade mais elevada, diferente das gomas de sementes secas em estufa. Estes autores relataram que esse comportamento pode ser devido à menor degradação térmica, o que provavelmente resultou na estrutura menos compacta do que outras amostras.

**Figura 1** - Imagens do MEV, (a) semente de chia (x50), (b) farinha de chia (x50), (c) semente de chia hidratada e seca em estufa (x50), (d) semente de chia hidratada e liofilizada (x50), (e-f) farinha de chia (x500, x1000), (g-h) mucilagem seca em estufa (x500, x1000), (i-j) mucilagem liofilizada (x500, x1000).



A Figura 2 apresenta as imagens registradas com a utilização do Microscópio óptico e do Estereomicroscópio.

**Figura 2** - Imagens do estereomicroscópio, (a) semente de chia, (b) semente de chia hidratada e seca em estufa, (c) semente de chia hidratada e liofilizada. Imagens do microscópio óptico, (d) farinha de chia, (e) mucilagem seca em estufa, (f) mucilagem liofilizada.



A Figura 2 apresenta imagens da semente de chia intacta (2a), após 2 horas de hidratação da semente ocorre a completa formação da mucilagem, um gel mucilaginoso que exsuda da semente. Quando a semente hidratada é seca em estufa (2b) a mucilagem forma uma película semelhante a um filme, e quando a semente hidratada é liofilizada (2c) a mucilagem forma uma estrutura esponjosa, inclusive cobrindo as sementes de chia. As imagens do microscópio óptico revelam que as estruturas da farinha de chia (2d) e da mucilagem seca (2e) são compactas e com textura irregular, enquanto que a estrutura da mucilagem liofilizada (2f) se diferencia por ser mais fibrosa.

#### 4. CONCLUSÃO

Foi possível realizar a extração da mucilagem de chia, apesar da mucilagem ser muito ligada a semente de chia. A mucilagem obtida foi seca por dois métodos diferentes, secagem em estufa e liofilização.

As mucilagens de chia seca e liofilizada possuem composição proximal semelhante, porém em virtude do processo de secagem, apresentam propriedades funcionais e características tecnológicas distintas, podendo ambas ser utilizadas em formulações de alimentos, dependendo das propriedades funcionais desejadas.

As análises de MEV das mucilagens seca e liofilizada também revelaram diferenças entre as suas estruturas, a mucilagem seca em estufa apresenta uma estrutura semelhante a uma película ou filme, enquanto a mucilagem liofilizada possui uma estrutura fibrosa, esponjosa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC (American Association of Cereal Chemists). Approved Methods of the AACC. 10th edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

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.

BETANCUR-ANCONA, D.; L'ÓPEZ-LUNA, J.; CHEL-GUERRERO, L.; Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. **Food Chemistry**, v.82, p.217–225, 2003.

CAPITANI, M. I.; IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. **Journal Science Food Agric.**, v.93, p.3856–3862, 2013.

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

CHAU, C. F.; CHEUNG, P. C. K.; WONG, Y. S. Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.7, p.2500-2503, 1997.

COOREY, R.; CHAO, K. I.; KUMAR, V.; JAYASENA, V. The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) protein isolation on its dietary fibre and whey proteins. **Quality Assurance Safety Crops Foods**, v.5, n.4, p.287–294, 2013.

COOREY, R.; TJOE, A.; JAYASENA, V. Gelling Properties of Chia Seed and Flour. **Journal of Food Science**, v.79, n. 5, p.859-866, 2014.

COSTANTINI, L.; LUKŠIĆ, L.; MOLINARI, R.; KREFT, I.; BONAFACCIA, G.; MANZI, L.; MERENDINO, N. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**, v.165, p.232–240, 2014.

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 em: 10/jun, 2016.

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.

MIRHOSSEINI, H.; AMID, B. T. Effect of different drying techniques on flowability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate–protein cum from durian fruit seed. **Chemycal Central Journal**, v. 7, p.1–14, 2013.

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(a).

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

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

SALGADO-CRUZ, M. P.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G.; CHANONA-PÉREZ, J.; FARRERA-REBOLLO, R. R.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J. V.; DÍAZ-RAMÍREZ, M. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. **Industrial Crops and Products**, v.51, p.453– 462, 2013.

SEGURA-CAMPOS, M. R.; CIAU-SOLÍS, N.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Chemical and Functional Properties of Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Gum. **International Journal of Food Science**, v.2014, 5p, 2014.

**ARTIGO II**  
**PRODUÇÃO DE PÃO SEM GLUTEN ADICIONADO DE FARINHA E DE**  
**SEMENTES DE CHIA (*Salvia hispânica L.*).**



## RESUMO

Devido a necessidade de produtos sem glúten no mercado pois a população celíaca vem aumentando e o único tratamento destes indivíduos é uma dieta isenta de glúten, torna-se um desafio desenvolver alimentos livres de glúten e com qualidade. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver pães sem glúten com adição de semente de chia ou farinha de chia que apresentem boas características tecnológicas e sensoriais. Foram desenvolvidas formulações de pães sem glúten com farinha de arroz, adicionados de 2, 4, 6, 8 e 10% de semente ou farinha de chia. As análises realizadas foram composição proximal, volume específico, firmeza do miolo, pontuação, perdas na cocção, cor do miolo e da crosta, análise do perfil de textura e análise sensorial de aceitação. A adição de farinha e semente de chia em pães sem glúten proporcionou um aumento no valor nutricional dos pães, em relação ao teor proteico. A adição de semente de chia teve um efeito benéfico nas características tecnológicas, obtendo-se menores valores de firmeza e maiores valores de volume específico. Além disso as características espessante e geleificante das sementes e farinha de chia afetaram as características da massa de pão sem glúten, principalmente aumentando a sua gomosidade. Na avaliação sensorial, os pães sem glúten padrão, com 4% de farinha de chia e com 6% de semente de chia foram bem aceitos pelos consumidores pois sua aceitação global foi superior a 70%.

**PALAVRAS-CHAVE:** doença celíaca, farinha de arroz, massa, sensorial.

## 1. INTRODUÇÃO

A doença celíaca (DC) é uma doença autoimune, que causa uma intolerância permanente ao glúten (RODRIGO, 2006) em indivíduos predispostos geneticamente. A doença é caracterizada por lesão permanente da mucosa intestinal provocada pela ingestão de glúten, podendo haver a recuperação completa da mucosa em decorrência da remoção do glúten da dieta (MELO et al., 2006).

O glúten é uma proteína insolúvel presente no trigo, cevada, centeio (AUGUSTO; ALVES; MANNARINO, 2002), triticale e possivelmente na aveia (MOREIRA, 2007). Apenas algumas partes do glúten são prejudiciais e tóxicas ao intestino do indivíduo intolerante ao glúten, que recebem nomes diferentes para cada cereal: no trigo é a gliadina; na cevada é a hordeína; na aveia é a avenina e no centeio é a secalina (ACELBRA, 2004).

Na produção de pão, o glúten é o ingrediente responsável pela retenção dos gases de fermentação de leveduras, aumentando seu volume (CÉSAR et al., 2006). Mesmo existindo vários produtos sem glúten no mercado, esses geralmente não apresentam a qualidade desejada, necessitando de um agente substituto do glúten. O glúten pode ser substituído pela farinha de milho, amido de milho, farinha de arroz, fécula de batata, farinha de mandioca e polvilho (AUGUSTO; ALVES; MANNARINO, 2002; BORGES; SALAS-MELLADO, 2016). Entretanto, essa substituição provoca mudanças sensoriais nos alimentos,

modificando seu sabor, textura, hidratação e aparência (ANDRADE et al., 2011) e, muitas vezes, por estas farinhas e amidos serem refinados, apresentam baixos teores de micronutrientes e fibra alimentar, um dos fatores responsáveis pelo consumo inadequado desses nutrientes por celíacos (THOMPSON et al., 2005). Portanto, outros alimentos passaram a ser utilizados como novas opções para a fabricação de alimentos isentos de glúten e também para o aumento de seu valor nutritivo, como por exemplo, o amaranto, a quinoa e, mais recentemente, a chia (PEREIRA et al., 2013).

A *Salvia hispanica* L., também conhecida como chia, é uma planta herbácea, da família Labiatae, divisão Spermatophyta e reino Plantae (ALI et al. 2012). Suas sementes são utilizadas como suplemento nutricional, bem como na fabricação de barras, cereais matinais e biscoitos nos Estados Unidos, América Latina e Austrália (DUNN, 2010).

A chia se destaca por conter altos teores de fibras, proteínas, minerais e ácidos graxos poli-insaturados (URIBE, et al., 2011). Considerando a composição química da chia, estas sementes apresentam capacidades tecnológicas diversas, podendo atuar como agentes espessantes, gelificantes e estabilizantes. Deste modo, revelam-se úteis para a indústria alimentar e para desenvolvimento de novos produtos alimentares (CAPITANI et al., 2012; REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

Muitos estudos que visam a utilização de matérias-primas isentas de glúten com alto valor nutritivo, e que ao mesmo tempo contribuam para a melhoria das características tecnológicas dos produtos apresentam-se promissores. A farinha de chia por ser uma fonte de nutrientes, mucilagem e não conter glúten torna-se atraente para ser utilizada na elaboração destes produtos (FIGUEIRA et al., 2011; GARDA; ALVAREZ; LATTANZIO, 2012).

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver pães sem glúten com adição de semente de chia ou farinha de chia que apresentem boas características tecnológicas e sensoriais.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 MATERIAL**

A matéria prima utilizada na elaboração dos pães sem glúten foi a farinha de arroz fornecida pela Cerealle Indústria e Comércio de Cereais Ltda., localizada na cidade de Pelotas, RS.

As sementes de chia foram fornecidas pela empresa Chá e Cia – Ervas Medicinais para chá, localizada na cidade de Jacareí, São Paulo.

Os ingredientes como fermento biológico, açúcar, sal e óleo foram adquiridos no comércio local. A enzima Transglutaminase (TGase) Activa WM® e o Hidrocolóide Metilcelulose A4M, foram fornecidas pelas Indústrias Ajinomoto e Tovani Benzaquen, respectivamente. O Ácido ascórbico utilizado foi da empresa Synth.

## 2.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE CHIA

Para obtenção da farinha de chia, as sementes de chia foram moídas em triturador de facas duplas (ARNO) e peneiradas na granulometria de 16 mesh, acondicionados em recipientes de plástico e mantidas resfriadas a 4° C até sua utilização.

## 2.3 ELABORAÇÃO DOS PÃES

Foram elaborados pães sem glúten padrão e com adição de semente de chia e farinha de chia nas concentrações 2, 4, 6, 8 e 10%, em base a farinha de arroz. A formulação básica dos pães sem glúten é a apresentada na Tabela 1.

Para a elaboração dos pães sem glúten, a farinha de arroz, o sal, o açúcar, o fermento seco, o óleo, a semente de chia e/ou a farinha de chia foram pesados em balança de precisão (Marte, modelo AS200), o ácido ascórbico e a enzima transglutaminase foram pesados em balança analítica (Bioprecisa, modelo FA2104N).

Os ingredientes secos foram colocados em batedeira planetária (“Stand Mixer” 300W) durante 1 min à velocidade média, a seguir adicionados o óleo e a água e misturados por 9 min sendo mantida a mesma velocidade. A massa resultante foi colocada em um recipiente e levada para estufa (Biopar, modelo S150BA) a 30°C por 60 min, para uma primeira fermentação. Posteriormente, foram colocados 175g de massa em formas próprias para pão, sendo levada a fermentação por mais 55 min a 30°C e em seguida foi assada a 200°C por 20 minutos em forno elétrico (Fischer, modelo Diplomata).

Os pães foram retirados do forno logo após assados e resfriados a temperatura ambiente por uma hora, sendo então encaminhados para as análises específicas.

**Tabela 1.** Formulação dos pães padrão de farinha de arroz e dos pães adicionados de chia.

| <b>Ingredientes(g) / Pães</b> | <b>Padrão*</b> | <b>FC2%</b> | <b>FC4%</b> | <b>FC6%</b> | <b>FC8%</b> | <b>FC10%</b> | <b>SC2%</b> | <b>SC4%</b> | <b>SC6%</b> | <b>SC8%</b> | <b>SC10%</b> |
|-------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Farinha de arroz              | 100            | 100         | 100         | 100         | 100         | 100          | 100         | 100         | 100         | 100         | 100          |
| Sal                           | 2              | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            |
| Açúcar                        | 5              | 5           | 5           | 5           | 5           | 5            | 5           | 5           | 5           | 5           | 5            |
| Fermento seco                 | 2              | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            |
| Óleo                          | 2              | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            |
| Ácido ascórbico               | 0,009          | 0,009       | 0,009       | 0,009       | 0,009       | 0,009        | 0,009       | 0,009       | 0,009       | 0,009       | 0,009        |
| Água                          | 120mL          | 120mL       | 120mL       | 120mL       | 120mL       | 120mL        | 120mL       | 120mL       | 120mL       | 120mL       | 120mL        |
| Farinha de chia               | -              | 2           | 4           | 6           | 8           | 10           | -           | -           | -           | -           | -            |
| Semente de chia               | -              | -           | -           | -           | -           | -            | 2           | 4           | 6           | 8           | 10           |
| Metilcelulose                 | 2              | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            |
| Enzima transglutaminase       | 0,5            | 0,5         | 0,5         | 0,5         | 0,5         | 0,5          | 0,5         | 0,5         | 0,5         | 0,5         | 0,5          |

\* Adaptado de FIGUEIRA (2010).FC2% a 10%: pães adicionados de 2 até 10% de farinha de chia.SC2% até 10%: pães adicionados de 2até 10% de sementes de chia.

## 2.4 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

A composição proximal dos pães sem glúten adicionados de semente de chia e farinha de chia foi determinada em base as seguintes análises físico-químicas (AACC, 2000):

- a) Umidade: foi determinado de acordo com o método AACC n° 44-15A.
- b) Cinzas: foi determinado de acordo com o método AACC n° 08-01.
- c) Proteína: foi determinado de acordo com método de Kjeldahl, método AACC n° 46-13.
- d) Lipídios: foi determinado pelo método de Soxhlet, método AACC n° 30-20.
- e) Carboidratos: O teor de carboidratos totais foi estimado por diferença.

## 2.5 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO QUÍMICA DOS PÃES

### 2.5.1 Volume específico

Foi realizada a análise de volume específico (VE), onde os pães foram pesados em balança de precisão e seu volume determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (PIZZINATTO e CAMPAGNOLLI, 1993). O volume específico foi calculado segundo a razão entre o volume e a massa do pão assado (mL/g).

### 2.5.2 Pontuação total

Os pães foram avaliados por análise de características internas e externas segundo planilha de El-Dash (1978), que atribui uma pontuação aos pães, com valor máximo de 100 pontos distribuídos nos parâmetros volume (VE x 3,33), cor da crosta, quebra, simetria, característica da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo, textura do miolo, aroma e sabor.

### 2.5.3 Firmeza do miolo do pão

Para verificar o grau de firmeza do miolo dos pães foram realizadas análises de firmeza do miolo no analisador de textura TAXT2, utilizando o software (Exponent da Stable Micro System, Surrey, Reino Unido).

O teste foi realizado segundo método 74-09.01 da AACC (2000) que consiste em colocar uma fatia de 25mm de espessura no centro da plataforma do Analisador de Textura TAXT2, que é comprimida com um probe cilíndrico de 36mm 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: 5g.

#### 2.5.4 Perdas de cocção

Em relação as propriedades físicas foram verificados o peso da massa crua e o do pão. As perdas de cocção (% PC) foram calculadas conforme Equação (4).

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

Onde  $P_{\text{massa}}$  corresponde ao peso da massa crua e  $P_{\text{pão}}$  ao peso do pão.

#### 2.5.5 Cor do miolo e da crosta dos pães

As análises de cor do miolo e da crosta dos pães foram realizadas em Colorímetro Minolta® CR400 (MINOLTA, 1993) e determinadas seguindo o sistema de cor no espaço  $L^*a^*b^*$  ou CIE- $L^*a^*b^*$ , definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$  (coordenadas de cromaticidade).

### 2.6 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA DA MASSA DO PÃO

A maquinabilidade da massa de pão foi avaliada pelo método de Análise do Perfil de Textura (TPA). Um analisador de textura TAXT2 (Stable Micro System, Surrey, Reino Unido), equipado com um probe cilíndrico de plástico P/0,5 com 1,27 cm de diâmetro, foi usado. Um recipiente de vidro com diâmetro de 3,6 centímetros, e 2,4 centímetros de altura foi preenchido com a amostra. A superfície foi perfeitamente nivelada com uma espátula. O ciclo de compressão dupla foi realizado a uma velocidade de 2 mm/s, com uma distância de 40% de compressão, um período de repouso de 30 s e uma força de disparo de 4,5 g. A firmeza e a elasticidade da massa foram medidas utilizando uma película de plástico na

superfície da massa para evitar a distorção induzida pelo pico negativo da adesividade (LERAY et al, 2010).

## 2.7 ANÁLISE SENSORIAL

Para a avaliação sensorial foram escolhidos os pães com as melhores características tecnológicas para serem submetidos ao teste de aceitação e comparados ao pão sem glúten controle. A avaliação sensorial foi realizada para verificar a aceitação dos pães sem glúten com adição de farinha de chia e semente de chia frente ao público consumidor.

A análise foi realizada com 100 julgadores não celíacos, consumidores de pão dos sexos masculino e feminino. Os julgadores receberam uma amostra em fatia de pão de 1cm de altura em prato branco, um copo com água à temperatura ambiente e uma ficha de avaliação sensorial. A fim de avaliar a aceitabilidade dos consumidores, eles provaram as amostras de pão e classificaram as usando uma escala hedônica de nove pontos, onde 1 equivale a “desgostei muitíssimo” e 9 a “gostei muitíssimo (QUEIROZ e TREPTOW, 2006).

## 2.8 TRATAMENTO DE DADOS

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises foram tratados estatisticamente utilizando análise de variância (ANOVA), e comparados através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), empregando o programa *Statistica 5.0*.

# 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 COMPOSIÇÃO PROXIMAL DOS PÃES

A composição proximal dos pães sem glúten (PSG) adicionados de farinha de chia e semente de chia está apresentada na Tabela 2.

A adição de semente de chia e farinha de chia nos pães sem glúten aumentou os teores de proteínas e cinzas dos pães, e diminuiu a umidade e o teor de carboidratos totais.

Os pães sem glúten normalmente possuem menor teor proteico quando comparados aos pães de trigo, portanto a adição de farinha e semente de chia foi benéfica, aumentando o valor nutricional destes pães.

**Tabela 2.** Composição proximal dos pães sem glúten com adição de farinha de chia e semente de chia.

| Pães   | Umidade (%)              | Proteínas (%)*          | Lipídeos (%)*          | Cinzas (%)*             | Carboidratos (%)* |
|--------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|
| Padrão | 48,8 ± 0,6 <sup>a</sup>  | 5,6 ± 0,4 <sup>d</sup>  | 1,5 ± 0,3 <sup>a</sup> | 2,0 ± 0,0 <sup>d</sup>  | 90,9              |
| FC2%   | 47,8 ± 0,6 <sup>ab</sup> | 6,1 ± 0,6 <sup>d</sup>  | 1,7 ± 0,5 <sup>a</sup> | 2,1 ± 0,0 <sup>cd</sup> | 90,1              |
| FC4%   | 47,2 ± 0,5 <sup>b</sup>  | 7,8 ± 0,1 <sup>c</sup>  | 1,4 ± 0,1 <sup>a</sup> | 1,2 ± 0,0 <sup>d</sup>  | 89,6              |
| FC6%   | 45,1 ± 0,5 <sup>d</sup>  | 8,4 ± 0,1 <sup>bc</sup> | 1,8 ± 0,1 <sup>a</sup> | 2,1 ± 0,0 <sup>c</sup>  | 87,7              |
| FC8%   | 45,5 ± 0,7 <sup>d</sup>  | 9,1 ± 0,2 <sup>ab</sup> | 1,9 ± 0,2 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,1 <sup>c</sup>  | 86,8              |
| FC10%  | 45,4 ± 0,7 <sup>d</sup>  | 10,1 ± 0,4 <sup>a</sup> | 2,1 ± 0,2 <sup>a</sup> | 2,4 ± 0,1 <sup>ab</sup> | 85,4              |
| SC2%   | 47,5 ± 0,1 <sup>b</sup>  | 6,2 ± 0,7 <sup>d</sup>  | 1,7 ± 0,4 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,0 <sup>bc</sup> | 89,9              |
| SC4%   | 46,8 ± 0,6 <sup>bc</sup> | 7,3 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 1,9 ± 0,2 <sup>a</sup> | 2,4 ± 0,0 <sup>ab</sup> | 88,4              |
| SC6%   | 44,9 ± 1,3 <sup>d</sup>  | 8,4 ± 0,3 <sup>bc</sup> | 2,0 ± 0,1 <sup>a</sup> | 2,4 ± 0,0 <sup>ab</sup> | 87,2              |
| SC8%   | 45,5 ± 1,0 <sup>d</sup>  | 8,4 ± 0,3 <sup>bc</sup> | 2,1 ± 0,5 <sup>a</sup> | 2,4 ± 0,0 <sup>ab</sup> | 87,1              |
| SC10%  | 45,7 ± 0,7 <sup>cd</sup> | 9,6 ± 0,2 <sup>a</sup>  | 2,2 ± 0,8 <sup>a</sup> | 2,4 ± 0,0 <sup>a</sup>  | 85,8              |

FC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Pães adicionados nessas porcentagens de farinha de chia. SC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Pães adicionados nessas porcentagens de semente de chia. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si. \* porcentagem em base seca.

O aumento mais significativo foi para o conteúdo proteico dos pães adicionados com as maiores quantidades de farinha e semente de chia que alcançou valores de 10,1% e 9,6% de proteínas para os pães com adição de farinha e semente, respectivamente. Coelho e Salas-Mellado (2015) elaboraram pães de trigo com adição de 11% de semente de chia e obtiveram pães com 13,8% de proteínas.

### 3.2 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS PÃES

A avaliação tecnológica dos pães sem glúten (PSG) adicionados de semente de chia e farinha de chia está apresentada na Tabela 3.

Os valores de volume específico dos pães sem glúten com farinha de chia foram diminuindo proporcionalmente conforme foi aumentando a quantidade de farinha de chia adicionada. Porém com a adição de semente de chia foram obtidos valores de VE maiores que do pão padrão, com destaque para os pães sem glúten com 4, 6 e 8% de semente de chia.

Costantini et al., (2014) desenvolveram pães sem glúten adicionados de 10% farinha de chia com valores de volume específico que variaram de 1,2 até 1,49 mL/g. Steffolani et al., (2014) formularam pães sem glúten com adição de farinha de chia e adição de semente de chia, cujos maiores valores de volume específico obtidos foram de 2,28 mL/g e 3,01mL/g, respectivamente. Portanto os valores de volume específico para os pães sem glúten obtidas neste estudo foram satisfatórios e ficaram acima dos encontrados na literatura.

**Tabela 3.** Avaliação dos pães sem glúten com adição de farinha de chia (FC) e semente de chia (SC).

| Pães   | VE (mL/g)                 | Firmeza (g)                  | Perdas da cocção (%)      | Pontuação                 |
|--------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Padrão | 3,05 ± 0,02 <sup>c</sup>  | 211,29 ± 14,06 <sup>f</sup>  | 13,2 ± 0,6 <sup>a</sup>   | 72,81 ± 0,51 <sup>d</sup> |
| FC2%   | 2,73 ± 0,09 <sup>d</sup>  | 276,74 ± 7,80 <sup>e</sup>   | 10,9 ± 0,8 <sup>bcd</sup> | 78,76 ± 0,32 <sup>c</sup> |
| FC4%   | 2,87 ± 0,07 <sup>cd</sup> | 321,76 ± 27,33 <sup>d</sup>  | 10,9 ± 0,2 <sup>bcd</sup> | 79,21 ± 0,65 <sup>c</sup> |
| FC6%   | 2,50 ± 0,03 <sup>e</sup>  | 584,49 ± 20,73 <sup>c</sup>  | 11,6 ± 0,4 <sup>bcd</sup> | 74,31 ± 0,93 <sup>d</sup> |
| FC8%   | 2,25 ± 0,07 <sup>f</sup>  | 763,61 ± 38,93 <sup>b</sup>  | 11,1 ± 0,4 <sup>bcd</sup> | 74,17 ± 1,57 <sup>d</sup> |
| FC10%  | 2,30 ± 0,04 <sup>f</sup>  | 837,88 ± 25,23 <sup>a</sup>  | 10,6 ± 0,2 <sup>d</sup>   | 71,98 ± 0,52 <sup>d</sup> |
| SC2%   | 3,44 ± 0,10 <sup>b</sup>  | 133,304 ± 13,88 <sup>g</sup> | 10,7 ± 0,5 <sup>cd</sup>  | 86,04 ± 1,83 <sup>a</sup> |
| SC4%   | 3,79 ± 0,03 <sup>a</sup>  | 109,484 ± 10,02 <sup>g</sup> | 11,4 ± 0,2 <sup>bcd</sup> | 87,85 ± 1,23 <sup>a</sup> |
| SC6%   | 3,80 ± 0,05 <sup>a</sup>  | 121,576 ± 6,26 <sup>g</sup>  | 11,7 ± 0,3 <sup>bcd</sup> | 85,22 ± 0,55 <sup>a</sup> |
| SC8%   | 3,69 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 98,646 ± 12,58 <sup>g</sup>  | 12,1 ± 0,6 <sup>ab</sup>  | 82,20 ± 0,08 <sup>b</sup> |
| SC10%  | 3,31 ± 0,12 <sup>b</sup>  | 139,754 ± 21,70 <sup>g</sup> | 12,0 ± 0,4 <sup>abc</sup> | 77,61 ± 0,40 <sup>c</sup> |

VE= Volume específico. FC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Pães adicionados nessas porcentagens de farinha de chia. SC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Pães adicionados nessas porcentagens de semente de chia. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

Com relação a firmeza e a pontuação, os pães com adição de semente de chia foram aqueles que apresentaram melhores características como baixa firmeza e alta pontuação, mostrando o efeito benéfico da adição das sementes de chia nas massas de pão.

Steffolani et al., (2014) relataram um comportamento semelhante, onde a adição de semente de chia resultou em pães sem glúten mais macios do que aqueles adicionados de farinha de chia, eles formularam pães sem glúten com adição de farinha de chia e adição de semente de chia, foram adicionadas 15g/100g de farinha de arroz, e obtidos valores de firmeza de 858,58g para os pães com semente de chia e 2.194,39g para os pães com farinha de chia.

A firmeza dos pães sem gluten com adição de farinha de chia foi aumentando conforme aumentou a quantidade de farinha de chia adicionada nas formulações. Também foi verificado aumento da pontuação dos pães nos níveis de adição de farinha de chia de 2 e 4%. Para os valores acima de 4% os valores de pontuação diminuíram. Contrariamente, todos os pães adicionados de semente de chia apresentaram valores de pontuação maiores que o pão padrão.

Os pães adicionados de semente de chia apresentaram menor firmeza comparado aos pães com adição de farinha de chia, isso provavelmente ocorreu devido ao comportamento da semente ao ser hidratada formar uma mucilagem ao seu redor, a mucilagem possui característica hidrocolóide e portanto aumentou a viscosidade da massa de

pão auxiliando na retenção dos gases formados ao longo da fermentação. Porém a adição da farinha de chia provocou outras alterações, entre os constituintes da chia e os demais ingredientes da massa de pão, e não apresentou o mesmo efeito.

Para avaliar a qualidade do pão vem sendo empregado o sistema de pontuação total, que consiste em avaliar as características do pão (internas, externas, aroma e sabor). Segundo Dutcosky (1996) e de acordo com os parâmetros avaliados pelo sistema de pontuação (EL-DASH, 1978), 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 e com menos de 30 pontos de qualidade inaceitável. Dessa forma, analisando a Tabela 3, os pães padrão e com adição de farinha de chia podem ser classificados como pães de qualidade regular, no entanto os pães com adição de semente de chia até a concentração de 8% se destacaram apresentando pontuação acima de 81 e, portanto, considerados pães de boa qualidade.

Os valores de perdas de cocção variaram entre 10,6 e 13,2%, com exceção dos pães adicionados de 8 e 10% de semente de chia, todos apresentaram uma redução nas perdas de cocção, o que se deve a uma maior retenção de água no pão durante o assamento, resultado da adição de semente de chia e farinha de chia. Isto ocorre porque a fibra das sementes de chia contém mucilagens que absorvem quantidade elevadas de água (ESCUADERO-ÁLVAREZ; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, 2006) diminuindo a quantidade de água livre que possa evaporar no processo de cozimento.

Os parâmetros de cor do miolo e da crosta dos pães sem glúten adicionados de farinha e semente de chia estão apresentados na Tabela 4.

Foi possível observar que a cor do miolo dos pães sem glúten foi mais afetada do que a cor da crosta com a adição da farinha e de semente de chia. Quanto maior a concentração de semente ou farinha de chia adicionada menor a luminosidade, portanto o miolo ficou mais escuro, este efeito também foi observado por Puig e Haros (2011) que obtiveram uma diminuição na luminosidade com adição de 5% de farinha de chia e 5% de semente de chia comparado ao controle. Os pães sem glúten foram elaborados com farinha de arroz que apresenta uma cor branca, portanto apresentam um miolo bem claro, a adição de semente e farinha de chia por serem de cor marrom acinzentada, produziram pães com miolo mais escuro.

Em relação as coordenadas de cromaticidade, pode-se verificar que a cor do miolo foi mais afetada nos pães com adição de farinha de chia, e que quanto maior a sua concentração a coordenada “a” tendeu mais para a coloração amarela e a coordenada “b”

tendeu mais para a coloração vermelha. Por estar moída, a farinha se distribui mais uniformemente no miolo dos pães, causando uma maior alteração na sua cor.

**Tabela 4.** Parâmetros de cor dos pães sem glúten.

| Pães   | Cor do miolo                |                            |                            | Cor da crosta               |                               |                            |
|--------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|        | L                           | A                          | b                          | L                           | a                             | b                          |
| Padrão | 79,04 ± 0,43 <sup>a</sup>   | -1,31 ± 0,04 <sup>f</sup>  | 6,36 ± 0,46 <sup>e</sup>   | 64,8 ± 0,79 <sup>abc</sup>  | 11,10 ± 0,71 <sup>abcde</sup> | 31,33 ± 0,44 <sup>ab</sup> |
| FC2%   | 72,20 ± 0,76 <sup>bc</sup>  | -0,59 ± 0,15 <sup>d</sup>  | 7,47 ± 0,52 <sup>d</sup>   | 61,45 ± 1,96 <sup>bc</sup>  | 11,84 ± 1,62 <sup>abcd</sup>  | 30,92 ± 1,23 <sup>ab</sup> |
| FC4%   | 68,08 ± 1,78 <sup>e</sup>   | 0,04 ± 0,15 <sup>c</sup>   | 8,35 ± 0,23 <sup>c</sup>   | 60,42 ± 2,40 <sup>c</sup>   | 12,23 ± 1,40 <sup>abcd</sup>  | 31,38 ± 0,98 <sup>ab</sup> |
| FC6%   | 70,15 ± 1,67 <sup>cde</sup> | 0,35 ± 0,11 <sup>c</sup>   | 9,90 ± 0,47 <sup>b</sup>   | 60,90 ± 2,00 <sup>bc</sup>  | 13,66 ± 1,39 <sup>ab</sup>    | 31,66 ± 0,58 <sup>ab</sup> |
| FC8%   | 67,91 ± 2,13 <sup>e</sup>   | 0,90 ± 0,14 <sup>b</sup>   | 10,36 ± 0,43 <sup>ab</sup> | 62,08 ± 1,65 <sup>bc</sup>  | 13,48 ± 1,52 <sup>abc</sup>   | 32,78 ± 1,48 <sup>a</sup>  |
| FC10%  | 64,20 ± 2,12 <sup>f</sup>   | 1,35 ± 0,14 <sup>a</sup>   | 10,97 ± 0,97 <sup>a</sup>  | 60,98 ± 2,66 <sup>bc</sup>  | 14,16 ± 0,82 <sup>a</sup>     | 31,46 ± 0,73 <sup>ab</sup> |
| SC2%   | 72,75 ± 1,37 <sup>b</sup>   | -1,04 ± 0,19 <sup>ef</sup> | 5,16 ± 0,45 <sup>f</sup>   | 64,46 ± 4,17 <sup>abc</sup> | 10,71 ± 2,73 <sup>bcde</sup>  | 28,60 ± 3,44 <sup>bc</sup> |
| SC4%   | 70,90 ± 1,62 <sup>bcd</sup> | -0,69 ± 0,22 <sup>d</sup>  | 5,44 ± 0,28 <sup>f</sup>   | 65,99 ± 2,85 <sup>ab</sup>  | 8,08 ± 1,35 <sup>e</sup>      | 27,21 ± 0,99 <sup>c</sup>  |
| SC6%   | 71,35 ± 3,91 <sup>bcd</sup> | -1,06 ± 0,16 <sup>ef</sup> | 5,11 ± 0,10 <sup>f</sup>   | 64,45 ± 4,00 <sup>abc</sup> | 10,23 ± 2,28 <sup>cde</sup>   | 32,71 ± 1,07 <sup>a</sup>  |
| SC8%   | 68,32 ± 1,28 <sup>e</sup>   | -0,80 ± 0,16 <sup>de</sup> | 4,90 ± 0,23 <sup>f</sup>   | 62,47 ± 1,63 <sup>abc</sup> | 10,11 ± 1,48 <sup>de</sup>    | 31,32 ± 2,02 <sup>ab</sup> |
| SC10%  | 69,08 ± 2,53 <sup>de</sup>  | -0,74 ± 0,11 <sup>de</sup> | 5,49 ± 0,15 <sup>f</sup>   | 67,94 ± 1,98 <sup>a</sup>   | 8,22 ± 0,70 <sup>e</sup>      | 28,41 ± 2,05 <sup>bc</sup> |

FC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Pães adicionados nessas porcentagens de farinha de chia. SC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Pães adicionados nessas porcentagens de semente de chia. L= luminosidade. “a” e “b” = coordenadas de cromaticidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

### 3.3 PERFIL DE TEXTURA DA MASSA DE PÃO

O perfil de textura da massa dos pães sem glúten adicionados de farinha de chia e semente de chia estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Perfil de textura das massas cruas dos pães sem glúten.

| Massa   | Firmeza (g)                  | Elasticidade              | Coesividade               | Gomosidade (g)              | Resiliência               |
|---------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| MPadrão | 38,01 ± 6,39 <sup>f</sup>    | 0,78 ± 0,16 <sup>ab</sup> | 0,53 ± 0,06 <sup>a</sup>  | 23,04 ± 2,67 <sup>f</sup>   | 0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>  |
| MFC2%   | 128,07 ± 1,98 <sup>cd</sup>  | 0,59 ± 0,05 <sup>b</sup>  | 0,22 ± 0,01 <sup>c</sup>  | 28,74 ± 1,19 <sup>ef</sup>  | 0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>  |
| MFC4%   | 119,06 ± 6,32 <sup>cde</sup> | 0,67 ± 0,10 <sup>ab</sup> | 0,28 ± 0,03 <sup>bc</sup> | 33,31 ± 3,12 <sup>def</sup> | 0,03 ± 0,00 <sup>a</sup>  |
| MFC6%   | 182,57 ± 6,71 <sup>b</sup>   | 0,86 ± 0,02 <sup>a</sup>  | 0,36 ± 0,02 <sup>b</sup>  | 65,64 ± 6,40 <sup>ab</sup>  | 0,03 ± 0,00 <sup>ab</sup> |
| MFC8%   | 238,02 ± 30,50 <sup>a</sup>  | 0,79 ± 0,05 <sup>ab</sup> | 0,33 ± 0,08 <sup>bc</sup> | 70,59 ± 6,27 <sup>a</sup>   | 0,03 ± 0,00 <sup>a</sup>  |
| MFC10%  | 216,33 ± 8,61 <sup>a</sup>   | 0,77 ± 0,07 <sup>ab</sup> | 0,26 ± 0,02 <sup>bc</sup> | 56,19 ± 6,07 <sup>bc</sup>  | 0,03 ± 0,00 <sup>ab</sup> |
| MSC2%   | 96,62 ± 2,76 <sup>de</sup>   | 0,62 ± 0,05 <sup>b</sup>  | 0,25 ± 0,03 <sup>bc</sup> | 24,03 ± 3,40 <sup>f</sup>   | 0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>  |
| MSC4%   | 93,27 ± 2,48 <sup>e</sup>    | 0,61 ± 0,04 <sup>b</sup>  | 0,24 ± 0,01 <sup>bc</sup> | 23,17 ± 1,45 <sup>f</sup>   | 0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>  |
| MSC6%   | 93,19 ± 11,57 <sup>e</sup>   | 0,68 ± 0,06 <sup>ab</sup> | 0,28 ± 0,07 <sup>bc</sup> | 29,06 ± 2,49 <sup>ef</sup>  | 0,03 ± 0,00 <sup>ab</sup> |
| MSC8%   | 129,40 ± 5,78 <sup>c</sup>   | 0,71 ± 0,02 <sup>ab</sup> | 0,34 ± 0,05 <sup>bc</sup> | 44,14 ± 4,79 <sup>cd</sup>  | 0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>  |
| MSC10%  | 132,79 ± 5,84 <sup>c</sup>   | 0,67 ± 0,03 <sup>ab</sup> | 0,30 ± 0,04 <sup>bc</sup> | 40,44 ± 3,20 <sup>de</sup>  | 0,03 ± 0,00 <sup>ab</sup> |

MFC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Massa dos pães adicionados nessas porcentagens de farinha de chia. MSC2%, 4%, 6%, 8% e 10%= Massa dos pães adicionados nessas porcentagens de semente de chia. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si. \* porcentagem em base seca.

Os parâmetros avaliados pela análise do perfil de textura são firmeza, coesividade, elasticidade, gomosidade e resiliência. Firmeza é a força necessária para produzir uma certa deformação (GUTKOSKI et al., 1997). Pode-se verificar na Tabela 5 que a adição de farinha e de semente de chia ocasionou um aumento na firmeza da massa dos pães sem glúten, que foi maior a medida que se aumentou a quantidade de semente e de farinha de chia

Segundo Gutkoski et al., (1997) coesividade é a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura e elasticidade é a velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada. Em relação a coesividade todas as massas com adição de farinha ou semente de chia apresentaram diminuição significativa comparado a massa do pão padrão. No entanto, quanto a elasticidade, apenas os pães com 2%FC, 2%SC e 4%SC apresentaram menor elasticidade comparado ao pão padrão, e os pães com maiores concentrações de farinha e semente de chia não diferiram estatisticamente da massa do pão padrão em relação a elasticidade da massa.

Gomosidade é a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para a deglutição (GUTKOSKI et al., 1997). Conforme o aumento das concentrações de farinha de chia e semente de chia na massa dos pães sem glúten, maior os valores de gomosidade, ou seja, de energia necessária para deglutição.

Resiliência é a habilidade de um material regressar a sua forma original depois de um estresse (KADAN et al., 2001). As massas de pão sem glúten com adição de farinha e semente de chia conservaram os valores de resiliência semelhantes aos da massa de pão sem glúten padrão, os que se diferenciaram foram os pães com 4%FC e 8%FC, apresentando maior resiliência que o padrão.

Leray et al., (2010) obtiveram valores de resiliência de 0,068 e 0,016 para massas congeladas de pão de trigo e de pão sem glúten, respectivamente. A resiliência da massa de pão de trigo claramente é maior devido a presença da rede de glúten, porém a massa de pão sem glúten possui uma maior dificuldade de voltar a sua forma original após a compressão causada pela sonda do equipamento.

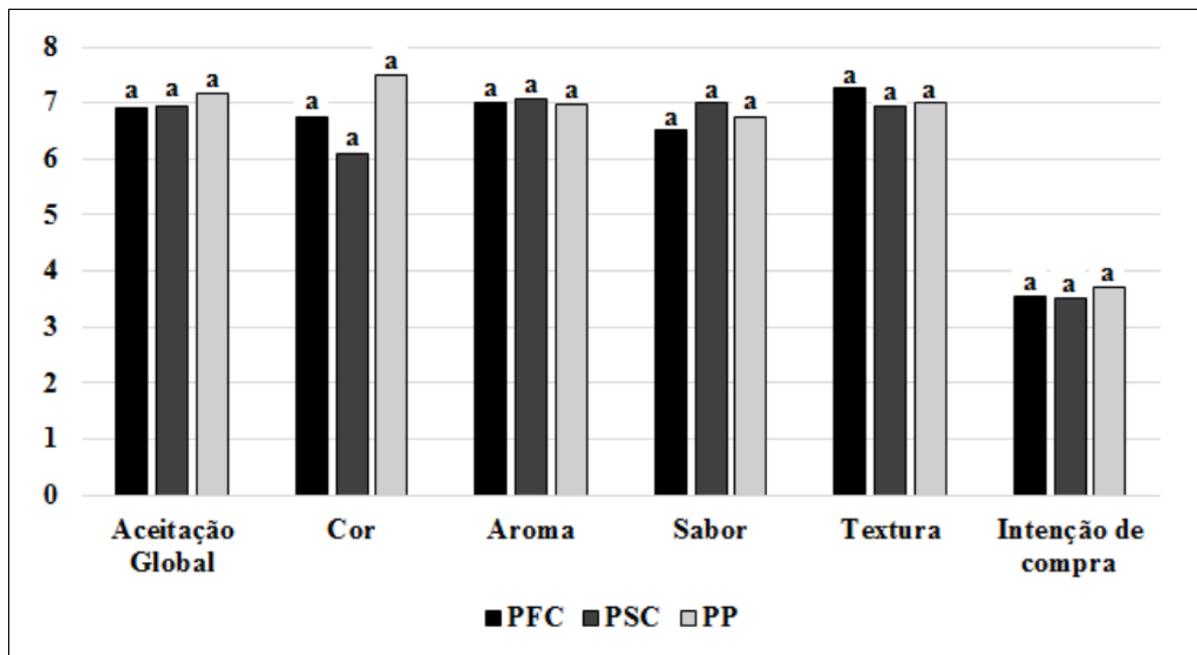
As sementes de chia apresentam capacidades tecnológicas diversas, podendo atuar como agentes espessantes e gelificantes (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008), portanto afetando as características da massa de pão sem glúten, principalmente aumentando a sua gomosidade. A presença de partículas de semente e da farinha de chia na massa também provocam um aumento na sua firmeza, comparado a massa de pão padrão.

### 3.4 ANÁLISE SENSORIAL

Para realizar a avaliação sensorial foram selecionadas as formulações com 4% de farinha de chia e com 6% de sementes de chia por terem apresentado as melhores características tecnológicas de firmeza, volume específico e pontuação. Estas amostras de pão sem glúten foram comparadas com uma amostra de pão sem glúten padrão.

A análise sensorial dos pães foi realizada com 100 julgadores. Durante a análise 30% deles afirmaram ser consumidores apenas de pão branco, 16% de pão integral e 54% de ambos os tipos de pão. A Figura 1 apresenta os resultados dos testes de aceitabilidade e de intenção de compra dos pães.

**Figura 1.** Notas da avaliação sensorial dos pães.



PFC= pão sem glúten com adição de 4% farinha de chia. PSC= pão sem glúten com adição de 6% de semente de chia. PP= Pão sem glúten padrão. Coluna com a mesma letra e mesmo parâmetro avaliado não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

Os pães sem glúten padrão, com adição de farinha de chia e com adição de semente de chia foram bem aceitos pelos consumidores pois sua aceitação global está de acordo com a aceitação mínima que um produto deve ter, que segundo Teixeira (1987) deve ser igual ou superior a 70%. O índice de aceitação de 70% corresponde a nota 6,6 de aceitação conforme a escala hedônica de 9 pontos. Também não houve diferença significativa entre os pães avaliados, portanto podemos concluir que os pães com adição de semente de chia, com

adição de farinha de chia e o pão padrão foram considerados semelhantes perante os julgadores.

Os pães avaliados não apresentaram diferença significativa em relação aos parâmetros de cor, aroma, sabor e textura, sendo que apresentaram notas médias entre 6 e 7 na sua maioria, que de acordo com a escala hedônica representam “gostei ligeiramente” e “gostei regularmente”.

No processo de avaliação sensorial também foi indagada a intenção de compra dos pães caso se encontrassem disponíveis no mercado. Os pães sem glúten padrão, com adição de farinha de chia e com adição de semente de chia apresentaram notas entre 3 e 4, que correspondem a “talvez comprasse/talvez não comprasse” e “provavelmente compraria”, não existindo diferença significativa entre eles.

Considerando que os pães avaliados são isentos de glúten, que os julgadores que participaram da avaliação não são indivíduos celíacos e que 30% afirma não consumir pão integral, as notas atribuídas aos pães foram bastante satisfatórias.

Pereira et al., (2013) desenvolveram pães de batata sem glúten com substituição de 25% de farinha de chia que também apresentou boa aceitação pelos consumidores, o índice de aceitabilidade deste pão foi de 89% no que diz respeito ao atributo “aceitação global”.

#### **4. CONCLUSÃO**

Foram produzidos pães de farinha de arroz adicionados de farinha e semente de chia. A adição de farinha e semente de chia em pães sem glúten proporcionou um aumento no valor nutricional dos pães, principalmente no teor proteico.

A adição de farinha de chia afetou negativa e proporcionalmente as características tecnológicas, sendo que o volume específico diminuiu e a firmeza do miolo dos pães aumentou. Contrariamente, a adição de semente de chia teve um efeito benéfico nas características tecnológicas, obtendo-se menores valores de firmeza e maiores valores de volume específico dos pães comparados com o pão padrão, com destaque para os pães com 4, 6 e 8% de semente de chia.

A cor do miolo dos pães sem glúten foi mais afetada com a adição da farinha e da semente de chia do que a cor da crosta. Quanto maior a concentração de semente ou farinha de chia adicionada menor a luminosidade do miolo.

Devido a presença de partículas de semente e da farinha de chia na massa ocorre um aumento na sua firmeza, comparado a massa de pão padrão. Além disso as características

espessante e geleificante das sementes e farinha de chia afetaram as características da massa de pão sem glúten, principalmente aumentando a sua gomosidade.

Na avaliação sensorial, os pães sem glúten padrão, com adição de farinha de chia e com adição de semente de chia foram bem aceitos pelos consumidores pois sua aceitação global foi superior a 70%, não sendo verificada diferença significativa entre eles.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC (American Association of Cereal Chemists). Approved Methods of the AACC. 10th edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

ACELBRA. **Associação dos celíacos do Brasil**. Disponível em: [http://www.ancelbra.org.br/2004/doencaceli\\_aca.php](http://www.ancelbra.org.br/2004/doencaceli_aca.php). Acesso em 18 de junho de 2016.

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.

ANDRADE, A. A.; COELHO, S. V.; MALTA, H. L.; JORGE, M. N. Avaliação sensorial de panificação enriquecidos com farinha de feijão branco para pacientes celíacos. **Nutrir Gerais**. v.5, n.8, p.727-39, 2011.

AUGUSTO, A.P.; ALVES, D.C.; MANNARINO, I.C. **Terapia Nutricional**. São Paulo: Atheneu, 2002.

BORGES, V. C.; SALAS-MELLADO, M. M. Influence of  $\alpha$ -amilase, trehalose, sorbitol, and polysorbate 80 on the quality of gluten-free bread. **International Food Research Journal**, v.25, n.5, p.1973-1979, 2016.

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

CÉSAR, A. S.; GOMES, J.C.; STALIANO, C.D.; FANNI, M.L.; BORGES, M.C. Elaboração de Pão sem Glúten, **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p.150-155, 2006.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.60, p729-736, 2015.

COSTANTINI, L.; LUKŠIĆ, L.; MOLINARI, R.; KREFT, I.; BONAFACCIA, G.; MANZI, L.; MERENDINO, N. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**, v.165, p.232–240, 2014.

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 em: 10/jun, 2016.

- DUTCOSKY, S. D.; **Análise Sensorial dos Alimentos**. Curitiba: Champagnat. 1996. 123p.
- 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.
- FIGUEIRA, F. S.; **Produção de pão sem glúten enriquecido com *Spirulina platensis***. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 2010. 108p.
- FIGUEIRA, F.S.; CRIZEL, T. M.; SILVA, C. R.; SALAS-MELLADO, M. M. Pão sem glúten enriquecido com microalga *Spirulina platensis*. **Braz. Journ. Food. Tec.** v.14, n.4, p.308-316, 2011.
- GARDA, M. R.; ALVAREZ, M. S.; LATTANZIO, M. B. Rol de los hidrocoloides de semillas de chía y lino en la optimización de panificados libres de glúten. *In*: XV Congreso Latinoamericano y Del Caribe de Nutricionistas Dietistas. XI Congreso Argentino de Graduados em Nutrición, 2012, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, p. 31-38, 2012.
- GUTKOSKI, L. C.; PAVANELLI, A. P.; MIRANDA, M. Z.; CHANG, Y. K. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.1, p.11-16, 1997.
- KADAN, R. S.; ROBINSON, M. G.; THIBODEAUX, D. P.; PEPPERMAN JR, A. B. Texture and other Physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.940-944, 2001.
- LERAY, G.; OLIETE, B.; MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LAMBALLERIE, M.; Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. **Journal of Food Engineering**. v. 100, p. 70–76, 2010.
- MELO, S. B. C.; FERNANDES, M. I.; PERES, L. C.; TRONCON, L. E.; GALVÃO, L. C. Prevalence and demographic characteristics of celiac disease among blood donors in Ribeirão Preto, State of São Paulo, Brazil. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 51, n. 5, p.1020-1025, 2006.
- MOREIRA, M. R. **Elaboração de pré-mistura para pão sem glúten para celíacos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 102p.
- PEREIRA, S.B.; PEREIRA, B.S.; CARDOSO, E.S.; MENDONÇA, J.O.B.; SOUZA, L.B.; SANTOS, M.P.; ZAGO, L.; FREITAS, S.M.L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra**, Rio de Janeiro. v.8, p.125-136, 2013.
- PIZZINATO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. Avaliação tecnológica de produtos derivados da farinha de trigo (pão, macarrão, biscoitos). **Boletim ITAL**, 1993.

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.

QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Editora FURG, Rio Grande, 2006.

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

RODRIGO, L. Celiac disease. **World Journal of Gastroenterology**, v.12, p.6585-6593, 2006.

STEFFOLANI, E.; HERA, E.; PÉREZ, G.; GÓMEZ, M.; Effect of chia (*salvia hispanica l*) addition on the quality of gluten-free bread. **Journal of Food Quality**, v.37, n.5, p.309–317, 2014.

TEIXEIRA, E. **Análise Sensorial de Alimentos**. Santa Catarina: UFSC, 1987. 119p.

THOMPSON T, et al. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommend amount of fibre, iron, calcium and grain foods? **J Hum Nutr Diet.**, v.18, n.3, p.163-169, 2005.

URIBE, J. A. R.; PEREZ, J. I. N.; KAUIL, H. C.; RUBIO, G. R.; ALCO CER, C. G. Extraction of oil from chia seeds with supercritical CO<sub>2</sub>. **The Journal of Supercritical Fluids** v.56, n.2, p.174-178, 2011.



**ARTIGO III**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE MUCILAGEM DE CHIA (*Salvia hispânica L*) NA  
QUALIDADE TECNOLÓGICA DO PÃO SEM GLÚTEN**



## RESUMO

O único tratamento para a doença celíaca é a dieta sem glúten. Os pães sem glúten são incapazes de desenvolver rede proteica similar ao glúten, portanto a adição de hidrocolóides, emulsificantes, enzimas e outros ingredientes são adicionados com intuito de melhorar a qualidade destes pães. A mucilagem de chia, um gel natural de sementes de chia pode ser um novo ingrediente, forma-se ao redor da semente de chia quando hidratada e apresenta o potencial de ser usada como um agente espessante e emulsionante em alimentos. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver pães sem glúten com adição de mucilagem de chia que apresentem boas características tecnológicas e sensoriais. Foram elaborados pães sem glúten padrão e com adição de mucilagem de chia seca em estufa e liofilizada nas concentrações 80ppm; 160ppm; 250ppm e 330ppm. Os mesmos foram avaliados quanto ao volume específico, firmeza do miolo, pontuação, perdas na cocção, umidade, cor da crosta e do miolo, perfil de textura da massa e teste de aceitação sensorial. A adição de mucilagem de chia seca em estufa e liofilizada promoveu uma melhora nas características tecnológicas dos pães sem glúten, principalmente no que consta aos parâmetros volume específico, firmeza do miolo, e pontuação, com destaque para a adição de mucilagem na concentração de 160ppm, sendo ela seca em estufa ou liofilizada. Na avaliação sensorial todas as formulações de pães foram bem aceitas e apresentaram resultados positivos em relação a possível compra dos produtos pelos consumidores.

**PALAVRAS-CHAVE:** doença celíaca, farinha de arroz, hidrocolóides.

## 1. INTRODUÇÃO

Algumas pessoas são impossibilitadas de consumir produtos que contenham glúten devido à intolerância a essas proteínas, caracterizando uma enteropatia autoimune denominada doença celíaca. Esta se caracteriza por causar severas lesões da mucosa intestinal do indivíduo, resultando numa má absorção de alguns nutrientes, como lipídios, carboidratos, proteínas, ferro, magnésio, zinco e vitaminas lipossolúveis (PEREIRA, 2013). O único tratamento eficaz para a doença celíaca é a estrita adesão à dieta isenta de glúten durante toda a vida que resulta na recuperação clínica e das mucosas intestinais (KOTZE, 2006). O glúten está presente nos cereais, como o trigo, o centeio, a cevada, o triticale e possivelmente na aveia. A fração tóxica do glúten é a gliadina, sendo esta a responsável pelas manifestações clínicas da doença (MOREIRA, 2007).

As massas dos pães sem glúten são incapazes de desenvolver rede proteica similar ao glúten. Por isso, aditivos como hidrocolóides, emulsificantes, produtos lácteos, proteínas, amido gelatinizado e enzimas têm sido utilizados visando melhorar a qualidade reológica da massa, o volume final, as características estruturais e de textura, bem como a vida útil dos pães (BORGES; SALAS-MELLADO, 2016; GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004;

NUNES et al., 2009; DEMIRKESEN et al., 2010; ONYANGO, UNBEHEND e LINDHAUER, 2009; SCIARINI et al., 2012).

A *Salvia hispanica* L., também conhecida como chia, é uma planta herbácea, da família Labiatae, divisão Spermatophyta e reino Plantae (ALI et al., 2012). Suas sementes são utilizadas como suplemento nutricional, bem como na fabricação de barras, cereais matinais e biscoitos nos Estados Unidos, América Latina e Austrália (DUNN, 2010). Estas sementes também apresentam capacidades tecnológicas diversas, podendo atuar como agentes espessantes, gelificantes e estabilizantes. Deste modo, revelam-se úteis para a indústria alimentar e para desenvolvimento de novos produtos alimentares (CAPITANI et al., 2012; REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008).

A mucilagem de chia, um gel natural de sementes de chia é um novo ingrediente, que se forma ao redor da semente de chia quando hidratada. Ele é composto, principalmente, de xilose, glucose e ácido glucorônico formando um polissacarídeo ramificado (LIN; DANIEL; WHISTLER, 1994; MUÑOZ et al., 2012b).

Devido às propriedades funcionais da mucilagem de chia ela apresenta o potencial de ser usada como um agente espessante em formulações de alimentos. A mucilagem de chia pode ser utilizada como um agente emulsionante, em função à sua maior capacidade e estabilidade de emulsão, podendo também ser aplicada em produtos alimentícios congelados devido à sua estabilidade no congelamento e descongelamento (COOREY; TJOE; JAYASENA, 2014).

Estudos recentes com adição de mucilagem de chia em alimentos estão sendo realizados. Segundo pesquisa realizada por Menga et al., (2017) onde foram adicionadas sementes de chia e mucilagem de chia a macarrão sem glúten, foi constatado que a chia pode representar um substituto válido de hidrocolóides, que imitam a rede de glúten na formulação destes produtos. Fernandes e Salas-Mellado (2017) utilizaram mucilagem de chia seca e liofilizada como substituto de gordura em formulações de pães e bolos de chocolate, conseguindo reduzir o valor calórico destes produtos e obtendo boa aceitabilidade na avaliação sensorial.

O objetivo do trabalho foi verificar a influência da adição de mucilagem de chia nas características tecnológicas e sensoriais de pães sem glúten elaborados com farinha de arroz.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL

A matéria prima utilizada na elaboração dos pães sem glúten foi a farinha de arroz fornecida pela Cerealle Indústria e Comércio de Cereais Ltda., localizada na cidade de Pelotas, RS.

As sementes de chia utilizadas para extrair a mucilagem foram fornecidas pela empresa Chá e Cia – Ervas Medicinais para chá, localizada na cidade de Jacareí, São Paulo.

Os ingredientes como fermento biológico, açúcar, sal e óleo foram adquiridos no comércio local. A enzima Transglutaminase (TGase) Activa WM® e o Hidrocolóide Metilcelulose A4M, foram fornecidas pelas Indústrias Ajinomoto e Tovani Benzaquen, respectivamente. O Ácido ascórbico utilizado foi da empresa Synth.

### 2.2 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE CHIA

A extração da mucilagem foi realizada conforme Muñoz et al. 2012(a), com algumas adaptações, onde as sementes de chia foram hidratadas em uma proporção 1:40 (semente:água) e agitadas em Shaker Cientec (CT-712RNT) a velocidade de 125 rpm durante 2h. Para separar a semente da mucilagem foram realizadas duas etapas, filtração à vácuo utilizando bomba de vácuo Quimis (Q355B) e centrifugação em Centrífuga Hanil (Supra 22K) por 30min à 9000 rpm, separando no sobrenadante a mucilagem de chia. Em seguida, para obter a mucilagem seca em estufa, a suspensão aquosa foi espalhada em fôrmas e colocada em Estufa Quimis (Q-314 D242) com temperatura de 50 °C durante 24 h, e para obter a mucilagem liofilizada a suspensão foi congelada em Ultrafreezzer Indrel (IULT 90-D) à -80°C por 48h e seca em Liofilizador Liotop (L108).

### 2.3 ELABORAÇÃO DOS PÃES

Foram elaborados pães sem glúten padrão e com adição de mucilagem de chia seca e liofilizada nas concentrações 80ppm; 160ppm; 250ppm e 330ppm, em base a farinha de arroz. A formulação básica dos pães sem glúten é a apresentada na Tabela 1.

A mucilagem de chia foi pré-hidratada durante 30 min em 50mL da água considerada na formulação. Os ingredientes secos foram colocados em batedeira planetária

(“Stand Mixer” 300W) durante 1 min à velocidade média, a seguir adicionados o óleo e a água e misturados por 2 min na velocidade média, e por último foi adicionada a mucilagem de chia.

**Tabela 1.** Formulação dos pães padrão de farinha de arroz e dos pães adicionados de mucilagem de chia.

| Ingredientes                                | Pães e Massas de pães sem glúten com adição de mucilagem |     |     |     |     |
|---|--|-----|-----|-----|-----|
|   | Padrão*  | 80  | 160 | 250 | 330 |
| Farinha de arroz (g)                        | 100  | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Água (mL)                                   | 120  | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Sal (g)                                     | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Açúcar (g)                                  | 5  | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Fermento seco (g)                           | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Óleo (g)                                    | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Ácido ascórbico (ppm)                       | 90   | 90  | 90  | 90  | 90  |
| Metilcelulose (g)                           | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Enzima transglutaminase (g)                 | 0,5  | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Mucilagem de chia seca ou liofilizada (ppm) | –  | 80  | 160 | 250 | 330 |

\*Fonte: Adaptado de FIGUEIRA (2010).

hidratada sendo mantida a mesma velocidade por mais 7 min. A massa resultante foi colocada em um recipiente e levada para estufa (Biopar, modelo S150BA) a 30°C por 60 min, para uma primeira fermentação. Posteriormente, foram colocados 3 amostras de 175g de massa em formas próprias para pão, sendo levada a fermentação por mais 55 min a 30°C e em seguida foi assada a 200°C por 20 minutos em forno elétrico (Fischer, modelo Diplomata).

Os pães foram retirados do forno logo após assados e resfriados a temperatura ambiente por uma hora, sendo então encaminhados para as análises específicas.

## 2.4 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO QUÍMICA DAS MASSAS E PÃES

### 2.4.1 Análise do perfil de textura da massa do pão

A maquinabilidade da massa de pão foi avaliada pelo método de Análise do Perfil de Textura (TPA). Foi usado um analisador de textura TAXT2 (Stable Micro System, Surrey, Reino Unido), equipado com um probe cilíndrico de plástico P/0,5 com 1,27 cm de diâmetro. Um recipiente de vidro com diâmetro de 3,6 centímetros, e 2,4 centímetros de altura foi preenchido com a amostra. A superfície foi perfeitamente nivelada com uma espátula. O ciclo

de compressão dupla foi realizado a uma velocidade de 2 mm/s, com uma distância de 40% de compressão, um período de repouso de 30 s e uma força de disparo de 4,5 g. A firmeza e a elasticidade da massa foram medidas utilizando uma película de plástico na superfície da massa para evitar a distorção induzida pelo pico negativo da adesividade (LERAY et al., 2010).

#### **2.4.2 Volume específico do pão**

Foi realizada a determinação de volume específico (VE), onde os pães foram pesados em balança de precisão e seu volume determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (PIZZINATTO e CAMPAGNOLLI, 1993). O volume específico foi calculado segundo a razão entre o volume e a massa do pão assado (mL/g).

#### **2.4.3 Pontuação total**

Os pães foram avaliados por análise de características internas e externas segundo planilha de El-Dash (1978), que atribui uma pontuação aos pães, com valor máximo de 100 pontos distribuídos nos parâmetros volume (VE x 3,33), cor da crosta, quebra, simetria, característica da crosta, cor do miolo, estrutura da célula do miolo, textura do miolo, aroma e sabor.

#### **2.4.4 Firmeza do miolo do pão**

Para verificar o grau de firmeza do miolo dos pães foram realizadas determinações de firmeza do miolo no analisador de textura TAXT2, utilizando o software (Exponent da Stable Micro System, Surrey, Reino Unido).

O teste foi realizado segundo método 74-09.01 da AACC (2000) que consiste em colocar uma fatia de 25mm de espessura no centro da plataforma do Analisador de Textura TAXT2, que é comprimida com um probe cilíndrico de 36mm 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%; força de disparo: 5g.

### 2.4.5 Perdas de cocção

Em relação as propriedades físicas foram verificados o peso da massa crua e o do pão. As perdas de cocção (% PC) foram calculadas conforme Equação (1).

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

Onde  $P_{\text{massa}}$  corresponde ao peso da massa crua e  $P_{\text{pão}}$  ao peso do pão.

### 2.4.6 Cor do miolo e da crosta dos pães

As análises de cor do miolo e da crosta dos pães foram realizadas em Colorímetro Minolta® CR400 (MINOLTA, 1993), e determinadas seguindo o sistema de cor no espaço  $L^*a^*b^*$  ou CIE- $L^*a^*b^*$ , definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$  (coordenadas de cromaticidade).

### 2.4.7 Análise Sensorial

Para a avaliação sensorial foram escolhidos os pães com as melhores características tecnológicas (pães com 0,0166% de mucilagem seca em estufa e liofilizada) para serem submetidos ao teste de aceitação e comparados ao pão sem glúten controle. A avaliação sensorial foi realizada para verificar a aceitação dos pães sem glúten com adição de mucilagem de chia frente ao público consumidor.

A análise foi realizada com 100 julgadores não celíacos, consumidores de pão dos sexos masculino e feminino. Os julgadores receberam uma amostra em fatia de pão de 1cm de altura em prato branco, um copo com água à temperatura ambiente e uma ficha de avaliação sensorial. A fim de avaliar a aceitabilidade pelos consumidores, eles provaram as amostras de pão e classificaram usando uma escala hedônica de nove pontos, onde 1 equivale a “desgostei muitíssimo” e 9 a “gostei muitíssimo. Também foi realizada juntamente uma avaliação de intenção de compra dos pães, utilizando uma escala de cinco pontos que variou de 1 “certamente não compraria” para 5 “certamente compraria” (QUEIROZ e TREPTOW, 2006).

## 2.5 TRATAMENTO DE DADOS

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises foram tratados estatisticamente utilizando análise de variância (ANOVA), e comparados através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), empregando o programa *Statistica 5.0*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 PERFIL DE TEXTURA DA MASSA DE PÃO

O perfil de textura da massa dos pães sem glúten adicionados de mucilagem de chia estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Perfil de textura das massas cruas dos pães sem glúten.

| Massa    | Firmeza                     | Elasticidade               | Coesividade                | Gomosidade                  | Resiliência                |
|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| M Padrão | 38,014 ± 6,392 <sup>b</sup> | 0,786 ± 0,160 <sup>a</sup> | 0,533 ± 0,058 <sup>a</sup> | 23,040 ± 2,675 <sup>a</sup> | 0,025 ± 0,003 <sup>a</sup> |
| MML-80   | 72,837 ± 5,872 <sup>a</sup> | 0,796 ± 0,037 <sup>a</sup> | 0,358 ± 0,074 <sup>b</sup> | 22,912 ± 2,208 <sup>a</sup> | 0,023 ± 0,001 <sup>a</sup> |
| MML-160  | 77,249 ± 9,849 <sup>a</sup> | 0,699 ± 0,046 <sup>a</sup> | 0,290 ± 0,066 <sup>b</sup> | 23,206 ± 5,424 <sup>a</sup> | 0,024 ± 0,002 <sup>a</sup> |
| MML-250  | 69,307 ± 6,559 <sup>a</sup> | 0,695 ± 0,029 <sup>a</sup> | 0,276 ± 0,025 <sup>b</sup> | 19,056 ± 1,728 <sup>a</sup> | 0,022 ± 0,002 <sup>a</sup> |
| MML-330  | 75,107 ± 0,390 <sup>a</sup> | 0,742 ± 0,070 <sup>a</sup> | 0,315 ± 0,052 <sup>b</sup> | 23,662 ± 3,811 <sup>a</sup> | 0,024 ± 0,002 <sup>a</sup> |
| MMS-80   | 78,961 ± 5,698 <sup>a</sup> | 0,708 ± 0,003 <sup>a</sup> | 0,298 ± 0,032 <sup>b</sup> | 23,402 ± 0,792 <sup>a</sup> | 0,027 ± 0,001 <sup>a</sup> |
| MMS-160  | 77,124 ± 4,977 <sup>a</sup> | 0,742 ± 0,072 <sup>a</sup> | 0,341 ± 0,039 <sup>b</sup> | 26,210 ± 1,634 <sup>a</sup> | 0,025 ± 0,002 <sup>a</sup> |
| MMS-250  | 70,640 ± 2,878 <sup>a</sup> | 0,679 ± 0,052 <sup>a</sup> | 0,312 ± 0,048 <sup>b</sup> | 22,056 ± 3,762 <sup>a</sup> | 0,026 ± 0,002 <sup>a</sup> |
| MMS-330  | 81,411 ± 4,350 <sup>a</sup> | 0,707 ± 0,086 <sup>a</sup> | 0,319 ± 0,040 <sup>b</sup> | 23,073 ± 2,683 <sup>a</sup> | 0,027 ± 0,001 <sup>a</sup> |

MML-80, 160, 250 e 330= Massa dos pães adicionados de mucilagem liofilizada nas diferentes concentrações. MMS-80, 160, 250 e 330= Massa dos pães adicionados de mucilagem seca em estufa nas diferentes concentrações. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

Diversos parâmetros são avaliados pela análise do perfil de textura, são eles a firmeza, a coesividade, a elasticidade, a gomosidade e a resiliência. Firmeza é a força necessária para produzir uma certa deformação (GUTKOSKI et al., 1997). A adição de mucilagem de chia ocasionou um aumento na firmeza da massa dos pães sem glúten comparados ao padrão, porém entre os pães com adição de mucilagem de chia não houve diferenças significativas na firmeza da massa.

A firmeza das massas com adição de mucilagem provavelmente foi maior devido as características gelificantes da mucilagem, formando uma estrutura mais rígida. Esta estrutura obtida foi positiva, e conseqüentemente ajudou a reter o gás formado durante a

fermentação, melhorando assim o volume específico dos pães, como será visto posteriormente.

Segundo Gutkoski et al., (1997) coesividade é a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura e elasticidade é a velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada. As massas de pães sem glúten com adição de mucilagem ficaram menos coesas que a massa de pão padrão. Porém, em relação ao parâmetro elasticidade a adição de mucilagem não provocou alteração significativa quando comparada a amostra de massa de pão padrão, o que é muito relevante, pois é uma característica importante manter a elasticidade da massa de pão sem glúten porque ela auxilia na retenção dos gases formados no período de fermentação da massa e do vapor d'água durante o processo de cocção.

Gomosidade é a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para a deglutição (GUTKOSKI et al., 1997). Resiliência é a habilidade de um material regressar a sua forma original depois de um estresse (KADAN et al., 2001). Os parâmetros de gomosidade e resiliência das massas não apresentaram diferença significativa das massas com adição de mucilagem de chia comparadas à massa padrão.

Levando em conta todas as características de textura das massas cruas dos pães não se verificaram mudanças drásticas quando se comparou com a massa padrão. Somente a firmeza e a coesividade ficaram alteradas, a adição de mucilagem produziu massas mais duras e menos coesas, comparadas a massa padrão.

### 3.2 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS PÃES

A avaliação tecnológica dos pães sem glúten (PSG) adicionados de mucilagem de chia liofilizada e seca em estufa está apresentada na Tabela 3.

Todos os PSG com adição de mucilagem obtiveram valores melhores que o pão padrão, apresentando maior VE, menor firmeza e maior pontuação, com destaque para os pães adicionados de mucilagem seca em estufa, principalmente com 160ppm de adição.

São considerados como agentes gelificantes macromoléculas, maioritariamente proteínas e polissacarídeos com capacidade de dispersão e dissolução em soluções aquosas. Estas macromoléculas são designadas também por hidrocolóides, pois apresentam características que estão na base das propriedades referidas anteriormente e que condicionam o seu importante papel como modificadores da textura dos alimentos (GLICKSMAN, 1969).

**Tabela 3** - Avaliação dos pães sem glúten com adição de mucilagem de chia.

| Pães    | VE (mL/g)                 | Firmeza (g)                 | Pontuação                 | Perdas da cocção (%)     | Umidade (%)             |
|---------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Padrão  | 3,05 ± 0,02 <sup>e</sup>  | 211,29 ± 14,06 <sup>a</sup> | 72,81 ± 0,51 <sup>c</sup> | 13,2 ± 0,6 <sup>a</sup>  | 54,9 ± 0,0 <sup>a</sup> |
| PML-80  | 3,62 ± 0,08 <sup>c</sup>  | 96,53 ± 3,58 <sup>c</sup>   | 85,93 ± 0,97 <sup>b</sup> | 11,9 ± 0,7 <sup>ab</sup> | 55,0 ± 0,2 <sup>a</sup> |
| PML-160 | 3,68 ± 0,08 <sup>bc</sup> | 112,46 ± 5,99 <sup>c</sup>  | 85,16 ± 1,60 <sup>b</sup> | 10,1 ± 0,8 <sup>c</sup>  | 55,4 ± 0,2 <sup>a</sup> |
| PML-250 | 3,41 ± 0,02 <sup>d</sup>  | 101,27 ± 8,21 <sup>c</sup>  | 83,57 ± 1,21 <sup>b</sup> | 10,9 ± 0,3 <sup>bc</sup> | 55,2 ± 0,3 <sup>a</sup> |
| PML-330 | 3,41 ± 0,06 <sup>d</sup>  | 145,77 ± 7,25 <sup>b</sup>  | 83,93 ± 0,42 <sup>b</sup> | 9,8 ± 0,3 <sup>c</sup>   | 55,1 ± 0,1 <sup>a</sup> |
| PMS-80  | 3,83 ± 0,07 <sup>ab</sup> | 101,86 ± 13,18 <sup>c</sup> | 90,96 ± 0,94 <sup>a</sup> | 12,6 ± 0,3 <sup>a</sup>  | 54,9 ± 0,1 <sup>a</sup> |
| PMS-160 | 3,91 ± 0,04 <sup>a</sup>  | 98,19 ± 12,29 <sup>c</sup>  | 89,23 ± 1,18 <sup>a</sup> | 12,5 ± 1,1 <sup>a</sup>  | 55,0 ± 0,4 <sup>a</sup> |
| PMS-250 | 3,73 ± 0,03 <sup>bc</sup> | 95,66 ± 24,43 <sup>c</sup>  | 85,99 ± 0,61 <sup>b</sup> | 12,1 ± 0,7 <sup>ab</sup> | 55,0 ± 0,5 <sup>a</sup> |
| PMS-330 | 3,70 ± 0,01 <sup>bc</sup> | 92,59 ± 11,84 <sup>c</sup>  | 83,87 ± 0,56 <sup>b</sup> | 12,7 ± 0,6 <sup>a</sup>  | 55,3 ± 0,6 <sup>a</sup> |

VE= Volume específico. PML-80, 160, 250 e 330= Pães adicionados de mucilagem liofilizada nas diferentes concentrações. PMS-80, 160, 250 e 330= Pães adicionados de mucilagem seca em estufa, nas diferentes concentrações. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

De acordo com Muñoz et al., (2012b), a mucilagem de chia é uma secreção rica em polissacarídeos que é extraída da semente após formar um gel em solução aquosa. Portanto a mucilagem de chia é considerada um hidrocolóide.

Sciarini et al., (2012) adicionaram diferentes hidrocolóides em pães sem glúten como goma xantana, carboximetilcelulose, carragena e alginato, e obtiveram valores de VE entre 1,86 e 2,38mL/g e de firmeza entre 113 e 162g. Portanto, podemos verificar que a adição de mucilagem nas duas condições de secagem foi positiva, verificando-se um aumento de até 28,2% no volume específico e uma diminuição de até 56,2% nos valores de firmeza em relação ao PSG padrão, e também obtendo valores maiores de VE do que os encontrados no estudo realizado por Sciarini et al. (2012) com diferentes hidrocolóides.

O sistema de pontuação total é utilizado para estimar-se a qualidade do pão, e consiste em avaliar as características do pão (internas, externas, aroma e sabor). Segundo Dutcosky (1996) e de acordo com os parâmetros avaliados pelo sistema de pontuação (EL-DASH, 1978), 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 e com menos de 30 pontos de qualidade inaceitável.

Os pães sem glúten com adição de mucilagem de chia seca e liofilizada se enquadram na classificação de pães de boa qualidade, sendo superiores ao pão padrão, que foi considerado pão de qualidade regular por este método.

As perdas na cocção dos pães sem glúten com adição de mucilagem não sofreram muitas alterações, os pães adicionados de mucilagem liofilizada nas concentrações de 160, 250 e 330ppm apresentaram uma perda de água menor, que pode ter ocorrido devido à alta

capacidade de retenção de água da mucilagem. Coorey, Tjoe & Jayasena (2014) verificaram que o gel extraído da semente de chia liofilizado possui uma capacidade de retenção de água de 266,55 g de água/g de amostra.

Analisando os resultados para a umidade dos pães não houve diferença significativa entre as amostras de pães avaliados, os valores de umidade ficaram entre 54,9% e 55,4%.

Os parâmetros de cor do miolo e da crosta dos pães sem glúten adicionados de mucilagem de chia estão apresentados na Tabela 4.

Foi possível observar que a cor do miolo e da crosta dos pães sem glúten foi pouco alterada com a adição de mucilagem, ocorreu um leve escurecimento e uma menor tendência a cor verde no miolo dos pães, e em relação a crosta, os pães com adição de mucilagem seca também apresentaram um escurecimento comparado ao pão padrão. Puig e Haros (2011) obtiveram uma diminuição na luminosidade do miolo dos pães com adição de 5% de farinha de chia e 5% de semente de chia comparado ao controle.

**Tabela 4** - Parâmetros de cor dos pães sem glúten.

| Pães    | Cor do miolo               |                            |                          | Cor da crosta              |                           |                            |
|---------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|         | L                          | a                          | b                        | L                          | A                         | b                          |
| Padrão  | 79,04 ± 0,43 <sup>a</sup>  | -1,31 ± 0,04 <sup>a</sup>  | 6,36 ± 0,46 <sup>a</sup> | 64,80 ± 0,79 <sup>a</sup>  | 11,10 ± 0,71 <sup>a</sup> | 31,33 ± 0,44 <sup>ab</sup> |
| PML-80  | 74,39 ± 2,22 <sup>b</sup>  | -1,20 ± 0,08 <sup>ab</sup> | 5,85 ± 0,46 <sup>a</sup> | 63,91 ± 1,62 <sup>a</sup>  | 11,92 ± 1,06 <sup>a</sup> | 33,88 ± 0,65 <sup>a</sup>  |
| PML-160 | 70,93 ± 2,06 <sup>bc</sup> | -1,15 ± 0,04 <sup>b</sup>  | 5,76 ± 0,42 <sup>a</sup> | 64,75 ± 3,94 <sup>a</sup>  | 10,66 ± 2,68 <sup>a</sup> | 32,00 ± 1,89 <sup>ab</sup> |
| PML-250 | 68,13 ± 3,46 <sup>c</sup>  | -1,12 ± 0,13 <sup>b</sup>  | 5,67 ± 0,43 <sup>a</sup> | 65,83 ± 3,58 <sup>a</sup>  | 11,23 ± 1,84 <sup>a</sup> | 30,05 ± 1,91 <sup>b</sup>  |
| PML-330 | 71,18 ± 2,73 <sup>bc</sup> | -1,06 ± 0,04 <sup>b</sup>  | 5,93 ± 0,34 <sup>a</sup> | 65,25 ± 1,80 <sup>a</sup>  | 11,75 ± 1,68 <sup>a</sup> | 31,79 ± 1,74 <sup>ab</sup> |
| PMS-80  | 74,72 ± 0,96 <sup>b</sup>  | -1,03 ± 0,09 <sup>bc</sup> | 5,12 ± 0,25 <sup>a</sup> | 63,15 ± 4,48 <sup>ab</sup> | 11,37 ± 0,65 <sup>a</sup> | 33,61 ± 1,52 <sup>a</sup>  |
| PMS-160 | 76,20 ± 0,34 <sup>bc</sup> | -1,10 ± 0,06 <sup>b</sup>  | 5,35 ± 0,16 <sup>a</sup> | 62,46 ± 3,04 <sup>ab</sup> | 13,46 ± 1,65 <sup>a</sup> | 33,73 ± 0,85 <sup>a</sup>  |
| PMS-250 | 74,72 ± 4,13 <sup>c</sup>  | -0,95 ± 0,09 <sup>c</sup>  | 5,31 ± 0,42 <sup>a</sup> | 58,09 ± 2,07 <sup>b</sup>  | 10,17 ± 1,32 <sup>a</sup> | 32,12 ± 1,06 <sup>ab</sup> |
| PMS-330 | 72,79 ± 1,82 <sup>bc</sup> | -1,04 ± 0,07 <sup>bc</sup> | 5,13 ± 0,27 <sup>a</sup> | 58,02 ± 3,38 <sup>b</sup>  | 13,58 ± 2,23 <sup>a</sup> | 31,74 ± 1,70 <sup>ab</sup> |

PML-80, 160, 250 e 330= Pães adicionados de mucilagem liofilizada nas diferentes concentrações. PMS-80, 160, 250 e 330= Pães adicionados de mucilagem seca nas diferentes concentrações. L= luminosidade. “a” e “b”= coordenadas de cromaticidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente (p<0,05) entre si.

### 3.3 ANÁLISE SENSORIAL

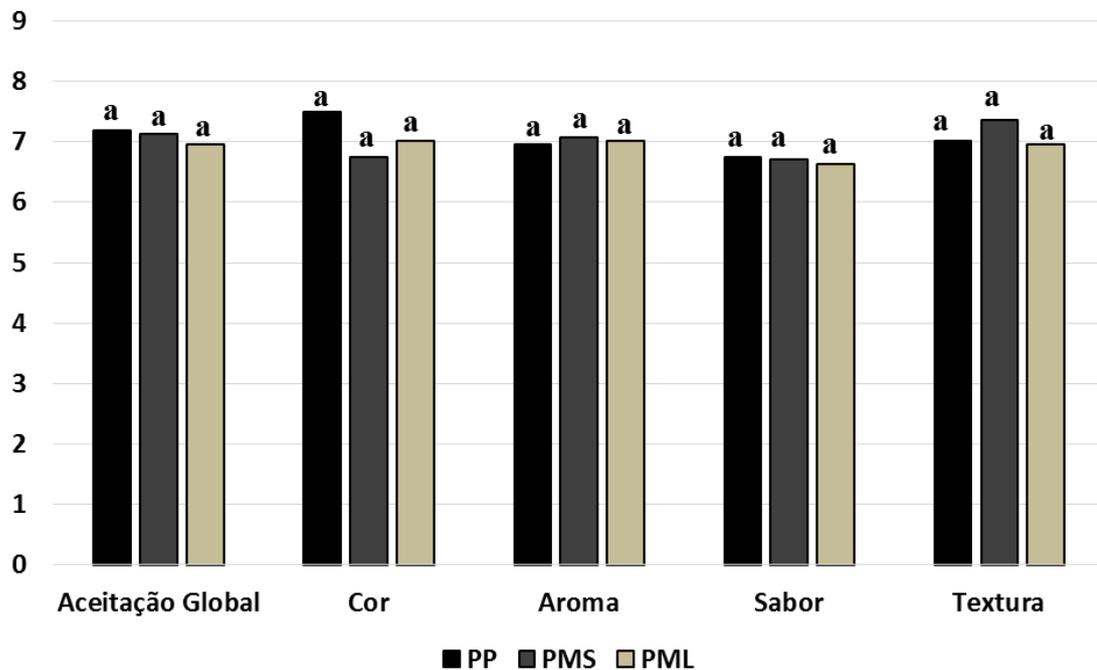
Foram selecionadas 3 formulações para realização da análise sensorial, os pães que apresentaram melhores características tecnológicas contendo 160ppm de mucilagem seca,

160ppm de mucilagem liofilizada, e o pão sem glúten padrão para comparação. A Figura 1 apresenta os resultados dos testes de aceitabilidade e de intenção de compra dos pães.

Os pães avaliados não apresentaram diferença significativa em relação aos parâmetros de cor, aroma, sabor e textura, sendo que apresentaram notas médias em torno de 7 na sua maioria, que de acordo com a escala hedônica representa “gostei regularmente”.

Os pães sem glúten padrão, com adição de mucilagem seca em estufa e com adição de mucilagem liofilizada foram bem aceitos pelos consumidores pois sua aceitação global está de acordo com a aceitação mínima que um produto deve ter, que segundo Teixeira (1987) deve ser igual ou superior a 70%. O índice de aceitação de 70% corresponde a nota 6,6 de aceitação conforme a escala hedônica de 9 pontos. Considerando que não houve diferença significativa entre os pães avaliados, podemos concluir que os pães com adição de mucilagem seca em estufa, com adição de mucilagem liofilizada e o pão padrão foram considerados semelhantes perante os julgadores.

**Figura 1.** Notas da avaliação sensorial dos pães.



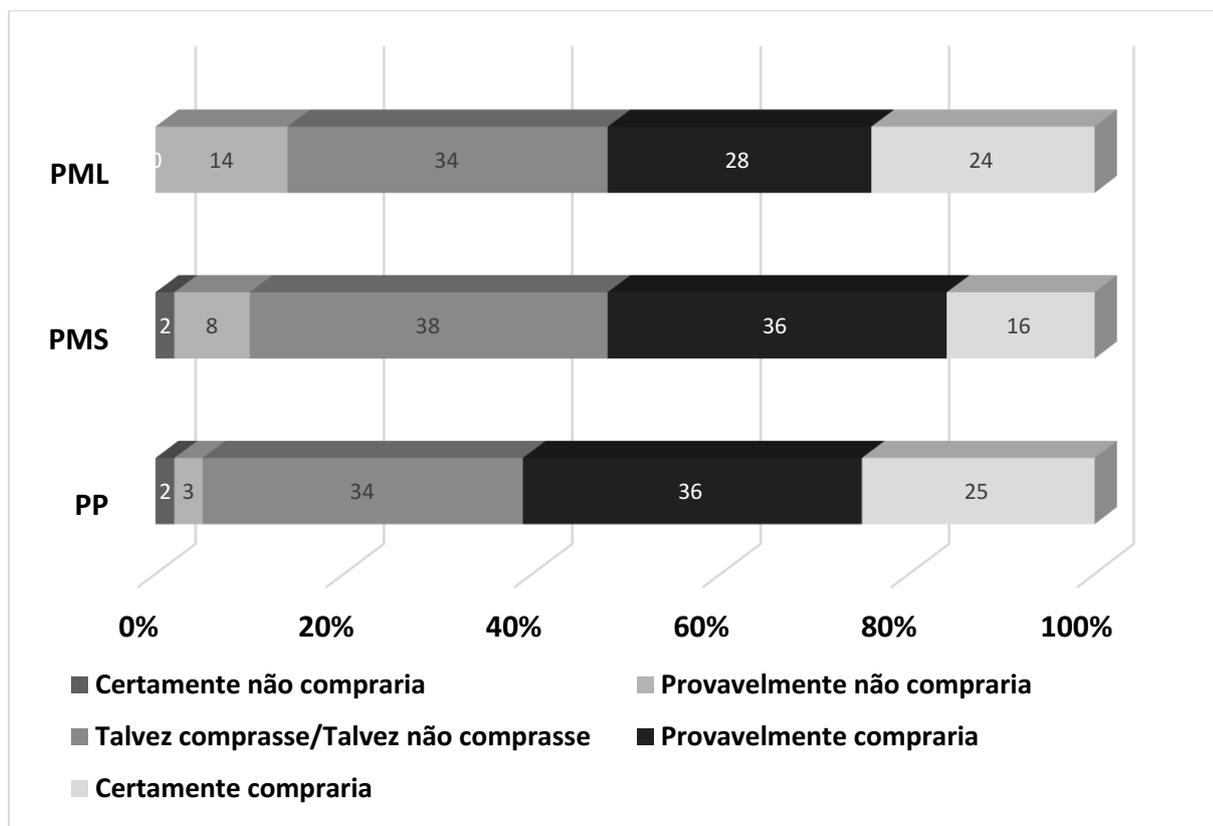
PMS= Pão sem glúten com adição de 160ppm de mucilagem seca. PML= Pão sem glúten com adição de 160ppm de mucilagem liofilizada. PP= pão padrão.

Durante a realização do teste sensorial também foi questionada a intenção de compra dos pães caso se encontrassem disponíveis no mercado (Figura 2). Os pães sem glúten padrão, com adição de mucilagem seca em estufa e com adição de mucilagem liofilizada

apresentaram notas entre 3 e 4, que correspondem a “talvez comprasse/talvez não comprasse” e “provavelmente compraria”, não existindo diferença significativa entre eles.

Considerando que os pães avaliados são isentos de glúten e que os julgadores que participaram da avaliação não são indivíduos celíacos, as notas atribuídas aos pães foram bastante satisfatórias, sendo que nas três formulações mais de 50% dos julgadores atribuíram notas entre provavelmente compraria e certamente compraria.

**Figura 2** - Notas da intenção de compra dos pães.



PMS= Pão sem glúten com adição de 160ppm de mucilagem seca. PML= Pão sem glúten com adição de 160ppm de mucilagem liofilizada. PP= pão padrão.

Pereira et al., (2013) desenvolveram pães de batata sem glúten com substituição de 25% de farinha de chia que também apresentou boa aceitação pelos consumidores, o índice de aceitabilidade deste pão foi de 89% no que diz respeito ao atributo “aceitação global”.

#### 4. CONCLUSÃO

As massas dos pães sem glúten com adição de mucilagem diferiram da massa de pão sem glúten padrão nos parâmetros firmeza e coesividade, sendo uma alteração benéfica devido ao conseqüente aumento no volume específico dos pães.

A adição de mucilagem de chia seca em estufa e liofilizada promoveu uma melhora nas características tecnológicas dos pães sem glúten, principalmente em relação ao volume específico, a firmeza do miolo, e a pontuação, com destaque para a adição de ambos tipos de mucilagem na concentração de 160ppm.

Na avaliação sensorial todos os pães foram bem aceitos pelos julgadores e apresentaram resultados positivos em relação a possível compra dos produtos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC (American Association of Cereal Chemists). Approved Methods of the AACC. 10th edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

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.

BORGES, V. C.; SALAS-MELLADO, M. M. Influence of  $\alpha$ -amilase, trehalose, sorbitol, and polysorbate 80 on the quality of gluten-free bread. **International Food Research Journal**, v.25, n.5, p.1973-1979, 2016.

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

COOREY, R.; TJOE, A.; JAYASENA, V. Gelling Properties of Chia Seed and Flour. **Journal of Food Science**, v.79, n. 5, p.859-866, 2014.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v.96, p.295-303, 2010.

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 em: 10/jun, 2016.

DUTCOSKY, S. D.; **Análise Sensorial dos Alimentos**. Curitiba: Champagnat. 1996. 123p.

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

- FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, v.227, p.237–244, 2017.
- FIGUEIRA, F. S.; **Produção de pão sem glúten enriquecido com *Spirulina platensis***. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 2010. 108p.
- GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science and Technology**, v.15, p.143-152, 2004.
- GLICKSMAN, M. **Food Applications of Gums**. Em: Gum Technology in the Food Industry, p.270-294. Academic Press, Londres, 1969.
- GUTKOSKI, L. C.; PAVANELLI, A. P.; MIRANDA, M. Z.; CHANG, Y. K. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.1, p.11-16, 1997.
- KADAN, R. S.; ROBINSON, M. G.; THIBODEAUX, D. P.; PEPPERMAN JR, A. B. Texture and other Physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.940-944, 2001.
- KOTZE, S. L. M. Doença celíaca. **Jornal Brasileiro de Gastroenterologia**, v.6, n.1, p.23-34, 2006.
- LERAY, G.; OLIETE, B.; MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LAMBALLERIE, M. Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. **Journal of Food Engineering**, v.100, p.70–76, 2010.
- 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.
- MENGA, V.; AMATO M.; PHILLIPS, T. D.; ANGELINO, D.; MORREALE, F.; FARES, C.; Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. **Food Chemistry**, v.221, p.1954–1961, 2017.
- MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Minolta, Minolta Camera Co, Osaka, Japan, 1993. 13p.
- MOREIRA, M. R. **Elaboração de pré-mistura para pão sem glúten para celíacos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 102p.
- 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(a).
- MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, 108, 216–224, 2012(b).

NUNES, M. H. B.; MOORE, M. M.; RYAN, L. A. M.; ARENDT, E. K. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. **European Food Research and Technology**, v.228, p.633-642, 2009.

ONYANGO, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M. G. Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. **Food Research International**, v.42, n.8, p.949-955, 2009.

PEREIRA, S. B.; PEREIRA, B. S.; CARDOSO, E. S.; MENDONÇA, J. O. B.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M.P.; ZAGO, L.; FREITAS, S. M. L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra**, Rio de Janeiro, v.8, p.125-136, 2013.

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

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.

QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Editora FURG, Rio Grande, 2006.

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.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LÉON, A. E.; PÉREZ, G. T. Incorporation of several additives into gluten free breads: effect on dough properties and bread quality. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.590-597, 2012.

TEIXEIRA, E. **Análise Sensorial de Alimentos**. Santa Catarina: UFSC, 1987. 119p.



**ARTIGO IV**  
**EFEITO DO CONGELAMENTO EM MASSAS E PÃES SEM GLÚTEN COM**  
**ADIÇÃO DE SEMENTE, FARINHA E MUCILAGEM DE CHIA**  
*(Salvia hispânica L)*



## RESUMO

Nos últimos anos têm-se aumentado o número de pessoas que aderiram a uma dieta sem glúten, seja por doença ou por escolha pessoal visando a saúde. Portanto há necessidade de produtos sem glúten no mercado para atender a maior demanda. Diversos estudos têm sido realizados para desenvolver produtos sem glúten com qualidade nutricional e sensorial, e maior vida útil. Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da adição de sementes, farinha e mucilagem de chia nas características tecnológicas de massas de pães e pães sem glúten armazenados sob congelamento. Foram desenvolvidas 5 formulações de pão sem glúten: pão padrão; pão com semente de chia; pão com farinha de chia; pão com mucilagem de chia seca em estufa; pão com mucilagem de chia liofilizada. Estas foram congeladas na forma de pão e massa de pão. As massas de pão foram descongeladas e preparou-se os pães a partir delas, eles foram avaliados quanto ao seu volume específico e firmeza nos dias 1, 7, 14 e 21 de armazenamento. Os pães congelados foram avaliados quanto a sua firmeza, e umidade do miolo e da crosta nos dias 1, 7, 14 e 21 de armazenamento. Também foram realizadas análises de cor, microscopia eletrônica de varredura e calorimetria diferencial de varredura. Conclui-se que diversos fatores auxiliam na diminuição da velocidade de envelhecimento dos pães e das massas de pães sem glúten, como a adição de mucilagem de chia, o congelamento, e a temperatura de congelamento. Devido a eles, os pães após descongelamento apresentaram alto volume específico, baixa firmeza do miolo, umidade do miolo mantida (sem redistribuição de água), menor retrogradação do amido, e interações entre os constituintes (amido, mucilagem, proteínas, lipídeos) formando uma estrutura menos compacta, capaz de reter o gás formado na fermentação e forneamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** envelhecimento, retrogradação, amido, firmeza.

## 1. INTRODUÇÃO

A doença celíaca (DC) ou enteropatia sensível ao glúten, pode ser definida como uma intolerância permanente às gliadinas do trigo e prolaminas de outros cereais na mucosa do intestino delgado de indivíduos geneticamente susceptíveis. A principal característica da doença é provocar lesões do intestino delgado que prejudicam a absorção de nutrientes (VOLTA e VILLANACCI, 2011). O tratamento eficaz de pacientes com DC é baseado sobre a eliminação total ao longo da vida de produtos alimentares que contenham glúten (EID, ABOUGABAL e ZEID, 2013).

Desenvolver produtos de panificação substituindo a função do glúten de formar uma rede de proteínas tridimensional durante a preparação da massa por outros ingredientes em produtos sem glúten se tornou um desafio para pesquisadores (HOUBEN, HOCHSTOTTER e BECKER, 2012; VALLEJOS; CRIZEL; SALAS-MELLADO, 2015). Os ingredientes e aditivos mais utilizados são hidrocolóides, emulsificantes, proteínas, amido gelatinizado e enzimas, visando melhorar a qualidade reológica da massa, o volume final, as

características estruturais e de textura do pão, e também a vida útil dos produtos (BORGES; SALAS-MELLADO, 2016; NUNES et al., 2009; DEMIRKESEN et al., 2010; SCIARINI et al., 2012; MIÑARRO et al., 2012).

Uma dieta baseada em produtos sem glúten é caracterizada por baixo conteúdo de alguns componentes nutricionais, como proteínas e ácidos graxos essenciais, bem como não nutricionais, mas fisiologicamente importantes como a fibra dietética. Portanto, a adição de alimentos que complementam produtos sem glúten aumentando seu conteúdo nutricional e dietético é importante (WRONKOWSKA e SORAL-SMIETANA, 2008). Neste sentido, a semente e farinha de chia, fontes de ácidos graxos essenciais, fibras e proteínas (VÁZQUEZ-OVANDO et al., 2009), são considerados um bom complemento para este tipo de produtos, já que a incorporação de 15% de chia não reduz a aceitabilidade sensorial destes produtos (STEFFOLANI et al., 2014).

Quando a semente de chia é imersa em água, forma um gel chamado mucilagem. Este gel é constituído essencialmente por fibras solúveis, corresponde a cerca de 6% de sementes de chia (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008), tem a capacidade de hidratar, desenvolver viscosidade e manter a frescura, particularmente em produtos de panificação (VÁZQUEZ-OVANDO et al., 2009). A mucilagem pode atuar como hidrocolóide, que têm sido utilizado para retardar o envelhecimento ou melhorar a qualidade dos produtos. Eles também ajudam a minimizar os efeitos negativos do congelamento e da armazenagem congelada (WRONKOWSKA e SORAL-SMIETANA, 2008).

Os pães sem glúten apresentam alguns déficits comparados ao pão de trigo, sua textura é desintegrável e seu miolo é de cor mais clara, devido à sua baixa retenção de dióxido de carbono durante o preparo o volume dos produtos geralmente são menores, e a vida útil é mais curta (HOUBEN, HOCHSTOTTER e BECKER, 2012). Uma alternativa para manter a qualidade dos pães sem glúten por mais tempo aumentando sua vida útil seria o processo de congelamento e armazenamento congelado. Contudo, estudos anteriores com pães de trigo mostram que o armazenamento congelado nem sempre pode reduzir o envelhecimento do pão (CARR et al., 2006; RONDA et al., 2011).

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da adição de sementes, farinha e mucilagem de chia nas características tecnológicas de massas de pães e pães sem glúten armazenados sob congelamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL

A matéria prima utilizada na elaboração dos pães sem glúten foi a farinha de arroz fornecida pela Cerealle Indústria e Comércio de Cereais Ltda., localizada na cidade de Pelotas, RS.

As sementes de chia utilizadas na forma de semente, farinha e para extrair a mucilagem foram fornecidas pela empresa Chá e Cia – Ervas Medicinais para chá, localizada na cidade de Jacareí, São Paulo.

Os ingredientes como fermento biológico, açúcar, sal e óleo foram adquiridos no comércio local. A enzima Transglutaminase (TGase) Activa WM® e o Hidrocolóide Metilcelulose A4M, foram fornecidas pelas Indústrias Ajinomoto e Tovani Benzaquen, respectivamente. O Ácido ascórbico utilizado foi da empresa Synth.

### 2.2 OBTENÇÃO DA FARINHA DE CHIA

Para obtenção da farinha de chia, as sementes de chia foram moídas em triturador de facas duplas (ARNO, modelo PL, Brazil) e peneiradas na granulometria de 16 mesh, acondicionados em recipientes de plástico e mantidas resfriadas a 4° C até sua utilização.

### 2.3 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM DE CHIA

A extração da mucilagem foi realizada conforme Muñoz et al. 2012, com algumas adaptações, onde as sementes de chia foram hidratadas em uma proporção 1:40 (semente:água) e agitadas em Shaker (Cientec, modelo CT-712RNT, Brasil) a velocidade de 125 rpm durante 2h. Para separar a semente da mucilagem foram realizadas duas etapas, filtração à vácuo utilizando bomba de vácuo (Quimis, modelo Q355B, Brasil) e centrifugação em Centrífuga (Hanil, modelo Supra 22K, Korea) por 20min à 11600 g , separando no sobrenadante a mucilagem de chia. Em seguida, para obter a mucilagem seca em estufa, a suspensão aquosa foi espalhada em fôrmãs e colocada em Estufa (Quimis, modelo Q-314 D242, Brasil) com temperatura de 50 °C durante 24 h, e para obter a mucilagem liofilizada a suspensão foi congelada em Ultrafreezzer (Indrel, modelo IULT 90-D, Brasil) à -80°C por 48h e seca em Liofilizador (Liotop, modelo L108, Brasil).

## 2.4 ELABORAÇÃO DAS MASSAS DE PÃES SEM GLÚTEN

Foram elaboradas massas sem glúten padrão e com adição de semente de chia (6%), farinha de chia (4%), mucilagem de chia seca (160ppm) e mucilagem de chia liofilizada (160ppm) em base a farinha de arroz. A formulação básica das massas de pães sem glúten foi 100g de farinha de arroz, 120mL de água, 2g de sal, 5g de açúcar, 2g de fermento seco, 2g de óleo vegetal, 0,009g de ácido ascórbico, 2g de metilcelulose e 0,5g de enzima transglutaminase.

A mucilagem de chia foi pré-hidratada durante 30 min em 50mL da água da formulação. Os ingredientes secos foram colocados em batedeira planetária (KitchenAid, modelo BEA30A, Brasil) durante 1 min à velocidade média, a seguir adicionados o óleo e a água e misturados por 2 min na velocidade média, e por último foi adicionada a mucilagem de chia hidratada sendo mantida a mesma velocidade por mais 7 min. A massa resultante foi colocada em um recipiente e congelada na temperatura de -20°C, e armazenamento sob congelamento pelo período de 1, 7, 14 e 21 dias.

As massas foram descongeladas a temperatura de 20°C pelo período de 3h e avaliadas após as etapas de fermentação e assamento, inicialmente foram levadas para estufa (Biopar, modelo S150BA, Brasil) a 30°C por 60 min, para uma primeira fermentação. Posteriormente, foram colocadas 3 amostras de 175g de massa em formas próprias para pão, sendo levadas a fermentação por mais 55 min a 30°C e em seguida foram assadas a 200°C por 20 minutos em forno elétrico (Fischer, modelo Diplomata, Brasil).

Os pães foram retirados do forno logo após assados e resfriados a temperatura ambiente por uma hora, sendo então encaminhados para as análises específicas.

## 2.5 ELABORAÇÃO DOS PÃES

Foram elaborados pães sem glúten padrão e com adição de semente de chia (6%), farinha de chia (4%), mucilagem de chia seca (160ppm) e mucilagem de chia liofilizada (160ppm) em base a farinha de arroz. A formulação básica dos pães sem glúten foi 100g de farinha de arroz, 120mL de água, 2g de sal, 5g de açúcar, 2g de fermento seco, 2g de óleo vegetal, 0,009g de ácido ascórbico, 2g de metilcelulose e 0,5g de enzima transglutaminase.

A mucilagem de chia foi pré-hidratada durante 30 min em 50mL da água da formulação. Os ingredientes secos foram colocados em batedeira planetária (KitchenAid, modelo BEA30A, Brasil) durante 1 min à velocidade média, a seguir adicionados o óleo e a

água e misturados por 2 min na velocidade média, e por último foi adicionada a mucilagem de chia hidratada sendo mantida a mesma velocidade por mais 7 min. A massa resultante foi colocada em um recipiente e levada para estufa (Biopar, modelo S150BA, Brasil) a 30°C por 60 min, para uma primeira fermentação. Posteriormente, foram colocadas 3 amostras de 175g de massa em formas próprias para pão, sendo levadas a fermentação por mais 55 min a 30°C e em seguida foram assadas a 200°C por 20 minutos em forno elétrico (Fischer, modelo Diplomata, Brasil).

Os pães foram retirados do forno logo após assados e foram avaliados frescos, 1h depois de assados (tempo 0) e após armazenamento sob congelamento (tempos de 1, 7, 14 e 21 dias).

## 2.6 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E FÍSICO QUÍMICA DAS MASSAS E DOS PÃES

### 2.6.1 Volume específico do pão

Foi realizada a determinação de volume específico (VE), onde os pães foram pesados em balança de precisão e seu volume determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (PIZZINATTO e CAMPAGNOLLI, 1993). O volume específico foi calculado segundo a razão entre o volume e a massa do pão assado (mL/g).

### 2.6.2 Firmeza do miolo do pão

Para verificar o grau de firmeza do miolo dos pães foram realizadas determinações de firmeza do miolo no analisador de textura (Stable Micro System, modelo TAXT2, Reino Unido).

O teste foi realizado segundo método 74-09.01 da AACC (2000) que consiste em colocar uma fatia de 25mm de espessura no centro da plataforma do Texturômetro TAXT2, que é comprimida com um probe cilíndrico de 36mm 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%; força de disparo: 5g. A firmeza foi expressa como g-força.

### **2.6.3 Umidade do miolo e da crosta dos pães**

Para avaliar o comportamento do conteúdo de água dos pães durante o congelamento foi realizada a análise de umidade do miolo e da crosta separadamente. A umidade foi determinada de acordo com a AACC (2000), método nº 44-15A.

### **2.6.4 Cor do miolo e da crosta dos pães**

As análises de cor do miolo e da crosta dos pães foram realizadas em Colorímetro (Minolta, modelo CR400, Japan) (MINOLTA, 1993), e determinadas seguindo o sistema de cor no espaço  $L^*a^*b^*$  ou CIE- $L^*a^*b^*$ , definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$  (coordenadas de cromaticidade).

### **2.6.5 Calorimetria diferencial de varredura**

As propriedades térmicas das massas dos pães foram determinadas usando um Calorímetro Diferencial de Varredura (TA Instruments, modelo DSC Q20, Reino Unido) conforme Sanz-Penella et al. (2010). Aproximadamente 2 mg de amostra (massa de pão) foram pesadas em cápsulas e seladas hermeticamente. As amostras foram aquecidas de 30-180°C a uma velocidade de 5°C/min. As amostras das massas de pães foram mantidas resfriadas a 4°C por 7 dias e passadas novamente pelo calorímetro usando o mesmo procedimento descrito anteriormente para determinar a mudança de entalpia de retrogradação ( $\Delta H_{ret}$ ).

### **2.6.6 Microscopia eletrônica de varredura**

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada para analisar a microestrutura das massas de pão e do miolo dos pães. A superfície das amostras foi recoberta com ouro para melhorar a condutibilidade, e as amostras foram analisadas em um microscópio eletrônico de varredura (JEOL, modelo JSM-6610LV, Brasil) a uma tensão de aceleração de 15 kV.

## 2.7 TRATAMENTO DE DADOS

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises foram tratados estatisticamente utilizando análise de variância (ANOVA), e comparados através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), empregando o programa *Statistica 5.0*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DAS MASSAS CONGELADAS

Foi realizada uma avaliação tecnológica dos pães sem glúten elaborados a partir das massas congeladas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Avaliação tecnológica dos pães elaborados a partir das massas congeladas.

| Pães        | PMP | PMSC              | PMFC              | PMMS              | PMML             |                    |
|-------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| VE (mL/g)   | 1   | 3,08 ± 0,09Ab     | 3,35 ± 0,07Aa     | 2,61 ± 0,07Ac     | 3,46 ± 0,04Aa    | 3,44 ± 0,10Aa      |
|             | 7   | 2,70 ± 0,08Bb     | 3,18 ± 0,06Aa     | 2,54 ± 0,06Ab     | 3,18 ± 0,06Ba    | 3,18 ± 0,08Ba      |
|             | 14  | 2,71 ± 0,18Bbc    | 2,96 ± 0,08Bab    | 2,46 ± 0,06Ac     | 3,19 ± 0,05Ba    | 3,16 ± 0,07Ba      |
|             | 21  | 2,60 ± 0,17Bb     | 2,89 ± 0,08Ba     | 2,43 ± 0,09Ab     | 3,10 ± 0,07Ba    | 3,06 ± 0,05Ba      |
| Firmeza (g) | 1   | 243,72 ± 28,54Db  | 203,56 ± 21,40Bb  | 312,8 ± 39,15Ba   | 204,17 ± 25,68Ab | 205,16 ± 11,40Bb   |
|             | 7   | 302,71 ± 23,12Cab | 218,34 ± 18,34Bc  | 342,22 ± 56,30Ba  | 219,59 ± 28,77Ac | 260,34 ± 43,96ABbc |
|             | 14  | 399,31 ± 38,30Ba  | 250,54 ± 26,91ABb | 383,87 ± 43,14Aba | 253,80 ± 43,08Ab | 265,26 ± 20,82Ab   |
|             | 21  | 465,55 ± 27,97Aa  | 268,37 ± 36,99Ab  | 458,06 ± 59,43Aa  | 248,20 ± 21,90Ab | 271,71 ± 42,83Ab   |

PMP: Pão sem glúten padrão. PMSC: Pão sem glúten com semente de chia. PMFC: Pão sem glúten com farinha de chia. PMMS: Pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa. PMML: Pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

Os pães que apresentaram maiores valores de volume específico foram os pães com semente de chia e os dois pães com adição de mucilagem. Essas massas apesar do processo de congelamento, foram capazes de suportar maior expansão durante a fermentação, atingindo volumes de pão mais altos. Os volumes específicos mais elevados nestas amostras são devidos a uma melhor integração da mucilagem à massa em relação à amostra com farinha de chia e a amostra padrão. A mucilagem pelo seu efeito hidrocolóide poderia melhorar o volume do pão através da formação de complexos hidrofílicos entre os seus grupos iônicos e as proteínas, e são também capazes de estabelecer interações hidrofóbicas (IGLESIAS-PUIG e HAROS, 2013).

No caso da farinha de chia, o volume específico foi menor que da amostra de pão padrão. Pizarro et al., (2013) estudaram o efeito da incorporação de diferentes quantidades de farinha de chia e gordura vegetal na qualidade tecnológica de bolos e constatou que com o aumento da concentração de farinha de chia de 0 a 30 g / 100 g na mistura de farinha, o volume específico dos bolos diminuiu. Estes autores sugeriram que a incorporação de farinha de chia nos bolos interferem na formação de bolhas de ar na massa e na agregação de gordura em torno delas.

A firmeza dos pães é inversamente proporcional ao volume específico, portanto, como foi verificado através dos resultados, os pães mais macios foram aqueles adicionados de semente, mucilagem e o pão padrão, que não apresentou diferença estatística em relação aos demais, apesar de possuir um VE inferior. Os pães adicionados de farinha de chia apresentaram maior firmeza no miolo.

Segundo Leray et al., (2010), os efeitos mais importantes do processo de congelamento nas propriedades reológicas da massa são a diminuição nos módulos elásticos ( $G'$ ) e viscosos ( $G''$ ). Isso indica que o congelamento altera tanto a qualidade da massa congelada quanto o pão feito com ela.

De acordo com os dados relatados percebemos que no decorrer do tempo de armazenagem congelada das massas, os pães obtidos a partir destas realmente foram perdendo qualidade. O volume específico foi diminuindo e a firmeza aumentando. Uma das possíveis justificativas para o que ocorreu seria a perda da extensibilidade da massa congelada, Yi e Kerr (2009) descobriram que o tempo de armazenamento teve uma influência maior do que a temperatura na extensibilidade da massa de pão de trigo, que pode ocorrer também nas massas de pão sem glúten.

Estes efeitos de tempo de armazenamento também podem ser atribuídos ao crescimento dos cristais de gelo durante o armazenamento (BAIER-SCHENK et al., 2005, ZOUNIS et al., 2002) que, em seguida, acentuam o dano aos constituintes da massa. Além disso, também pode haver redistribuição de água provocada por uma modificação na capacidade de ligação da água com os demais constituintes da massa (SELOMULYO e ZHOU, 2007).

Outro fator que provavelmente afetou as características tecnológicas dos pães desenvolvidos a partir das massas congeladas é a diminuição na atividade do fermento, pois a taxa de sobrevivência de fermento é reduzida através do congelamento do mesmo. O número de células viáveis é significativamente diminuído pelo congelamento e armazenamento a temperatura abaixo de 0 °C (RIBOTTA, LEÓN e AÑÓN, 2003).

A avaliação das propriedades térmicas dos pães sem glúten foi realizada para verificar o grau de retrogradação do amido nos pães, e através da diferença dos valores de entalpia de gelatinização e retrogradação foi possível observar que a maior retrogradação ocorre nas massas de pão sem glúten padrão. Portanto a adição de semente, farinha e mucilagem de chia foi positiva por reduzir a retrogradação do amido nos pães sem glúten.

**Tabela 2** Avaliação das propriedades térmicas das massas de pão.

| Massa de pão | Propriedades térmicas           | MPP   | MPSC  | MPFC  | MPMS  | MPML  |
|--------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M1           | Temperatura inicial (°C)        | 58,51 | 58,89 | 63,18 | 61,19 | 62,66 |
|              | Temperatura do pico (°C)        | 59,89 | 63,42 | 66,25 | 67,15 | 65,82 |
|              | Temperatura final (°C)          | 61,12 | 66,46 | 67,3  | 69,8  | 67,48 |
|              | Entalpia de gelatinização (J/g) | 0,21  | 0,15  | 0,17  | 0,13  | 0,17  |
| M2           | Temperatura inicial (°C)        | 59,72 | 55,24 | 59,23 | 55,8  | 59,45 |
|              | Temperatura do pico (°C)        | 62,2  | 66,04 | 67,83 | 69,49 | 66,97 |
|              | Temperatura final (°C)          | 65,52 | 71,56 | 68,52 | 74,79 | 69,77 |
|              | Entalpia de retrogradação (J/g) | 0,46  | 0,21  | 0,24  | 0,16  | 0,15  |

MPP: Massa de pão sem glúten padrão. MPSC: massa de pão sem glúten com semente de chia. MPFC: massa de pão sem glúten com farinha de chia. MPMS: Massa de pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa. MPML: Massa de pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada. M1: massa de pão crua. M2: massa após DSC e armazenagem sob congelamento por 7 dias.

A adição de semente e farinha de chia ocasionou em menor retrogradação do amido devido ao maior teor de gordura nas formulações das massas, estas formam um complexo lipídeo-amido evitando a cristalização do mesmo, e diminuindo assim a retrogradação do amido (GALVANI; CAMARGO; CIACCO, 1994).

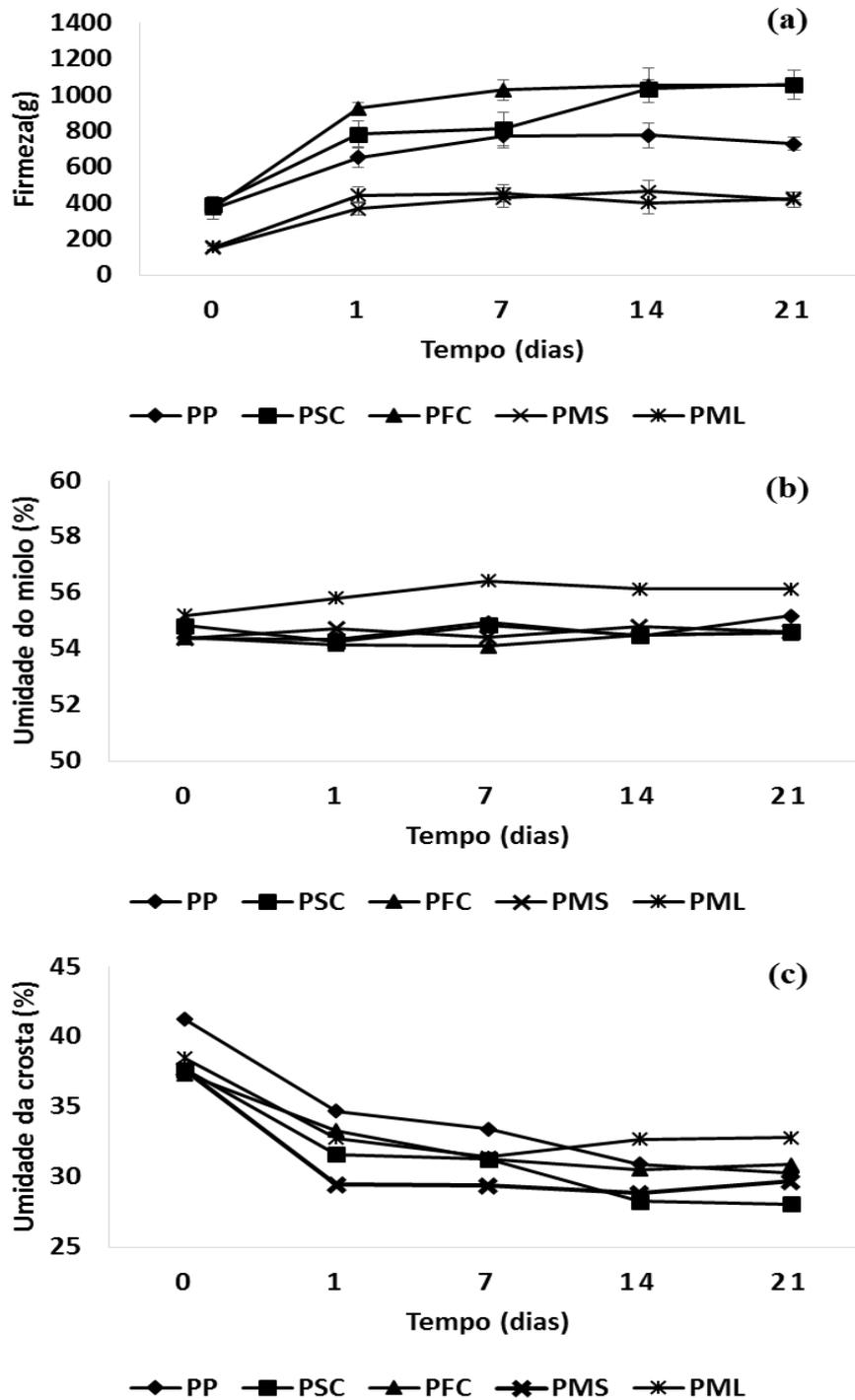
A adição de mucilagem de chia diminuiu a retrogradação do amido por consequência da adição de maior teor de fibras e também pelas características de hidrocolóide. Leray et al., (2010) também relataram que o teor de água congelável do trigo enriquecido com fibras é inferior à massa de referência do trigo, levando a menor formação de cristais de gelo durante o congelamento e menor dano.

A mucilagem de chia possui uma alta capacidade de retenção de água. Ronda e Roos (2008) relataram que processos de mobilidade molecular, tais como a recristalização de amido gelatinizado, foram potencializados pelo maior teor de água não congelada e conseqüentemente rearranjos para nucleação e crescimento de cristais podem ocorrer.

### 3.2 AVALIAÇÃO DOS PÃES CONGELADOS

Na Figura 1 se apresenta os resultados de firmeza, umidade do miolo e umidade da crosta dos pães que foram armazenados sob congelamento durante 21 dias.

**Figura 1** - Avaliação tecnológica dos pães sem glúten armazenados sob congelamento: (a) Firmeza; (b) Umidade do miolo; (c) Umidade da crosta.



Os pães sem glúten com adição de mucilagem seca e liofilizada apresentaram menores valores de firmeza comparados aos pães padrão e com adição de semente ou farinha de chia quando frescos (Figura 1a). Após o congelamento e armazenamento congelado os pães de todas as formulações ficaram com o seu miolo mais duro. Os pães que apresentaram maiores valores de firmeza no período de armazenamento foram os pães adicionados de semente e farinha de chia.

A firmeza dos pães teve pouca alteração do 1º até o 21º dia de armazenamento congelado, este é um efeito positivo do congelamento dos pães sem glúten, pois normalmente ao longo do período de armazenamento a firmeza do miolo aumenta consideravelmente.

Segundo Gray e Bemiller (2003) o retardo do envelhecimento através do congelamento é maior quanto mais longo o tempo de armazenamento congelado. A teoria do crescimento de cristais de polímeros afirma que existem 3 fases para cristalização do polímero: nucleação, propagação e maturação. Slade e Levine (1987) e Marsh e Blanshard (1988) determinaram que o congelamento atua na recristalização da amilopectina, pelo menos em pastas de amido, limitando o processo de nucleação que ocorre a uma temperatura acima da temperatura de transição vítrea (Tg).

Ronda e Roos (2011) verificaram que após congelamento e armazenamento congelado de pães sem glúten durante 7 dias a temperaturas de -14 °C e -28 °C, estes apresentaram propriedades físicas distintas. Os pães congelados à -28 °C mostraram propriedades físicas mais próximas às de pães frescos, porém os pães armazenados à -14 °C apresentaram deterioração significativa. Eles determinaram que a temperatura de transição vítrea seria próxima de -18 °C. Portanto a temperatura de congelamento é um fator importante na conservação dos pães sem glúten.

Em relação a umidade do miolo dos pães sob congelamento (Figura 1b), em geral manteve-se estável para todas as formulações, o que é um aspecto positivo na vida útil dos pães, pois ajuda a manter o miolo mais macio. Portanto neste caso a maior firmeza no miolo dos pães não está relacionada com a redistribuição de água durante o congelamento e sim a outros fatores, como a retrogradação do amido (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

Porém a umidade da crosta dos pães teve uma redução logo após o congelamento para todas as formulações. A redução da umidade da crosta provavelmente é devido a um problema que também ocorre em massas de pão de trigo congeladas, Giannou e Tzia (2007) relataram a redução do teor de água da superfície da massa (devido à sublimação) durante o congelamento, o que também pode ter ocorrido com os pães deste estudo.

Os pães cujas formulações com mucilagem seca e liofilizada ficaram mais estáveis após o congelamento, pois sua umidade da crosta não foi reduzindo mais ao longo do período de armazenagem sob congelamento como ocorreu com os demais pães analisados. Esta característica se deve ao alto teor de fibras e alta capacidade de retenção de água da mucilagem de chia. Estudos realizados por Rosell et al., (2001) concluíram que o grande número de grupos hidroxila na estrutura da fibra permite maior interação com a água através de ligações de hidrogênio.

**Tabela 3** - Avaliação dos pães sem glúten frescos (não congelados).

| Amostras      | PP                        | PSC                      | PFC           | PMS           | PML           |               |
|---------------|---------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| VE (mL/g)     | 2,96 ± 0,15b              | 3,34 ± 0,07a             | 2,65 ± 0,06b  | 3,55 ± 0,14a  | 3,49 ± 0,13a  |               |
| L             | 75,96 ± 1,88 <sup>a</sup> | 70,75 ± 0,88b            | 71,72 ± 0,72b | 76,07 ± 0,38a | 76,61 ± 1,01a |               |
| Cor do miolo  | a                         | -1,54 ± 0,13c            | -0,92 ± 0,24b | 0,11 ± 0,08a  | -1,51 ± 0,06c | -1,55 ± 0,07c |
| b             | 6,99 ± 0,29b              | 7,05 ± 0,49b             | 9,94 ± 0,62a  | 6,61 ± 0,41b  | 7,13 ± 0,26b  |               |
| L             | 70,72 ± 1,27 <sup>a</sup> | 69,89 ± 1,99a            | 70,30 ± 1,62a | 71,45 ± 1,46a | 71,54 ± 1,59a |               |
| Cor da crosta | a                         | 5,90 ± 1,53 <sup>a</sup> | 5,11 ± 0,22a  | 5,04 ± 0,32a  | 6,09 ± 1,56a  | 5,76 ± 0,87a  |
| b             | 26,73 ± 1,07a             | 25,73 ± 0,26a            | 25,13 ± 1,95a | 26,21 ± 0,92a | 26,82 ± 0,55a |               |

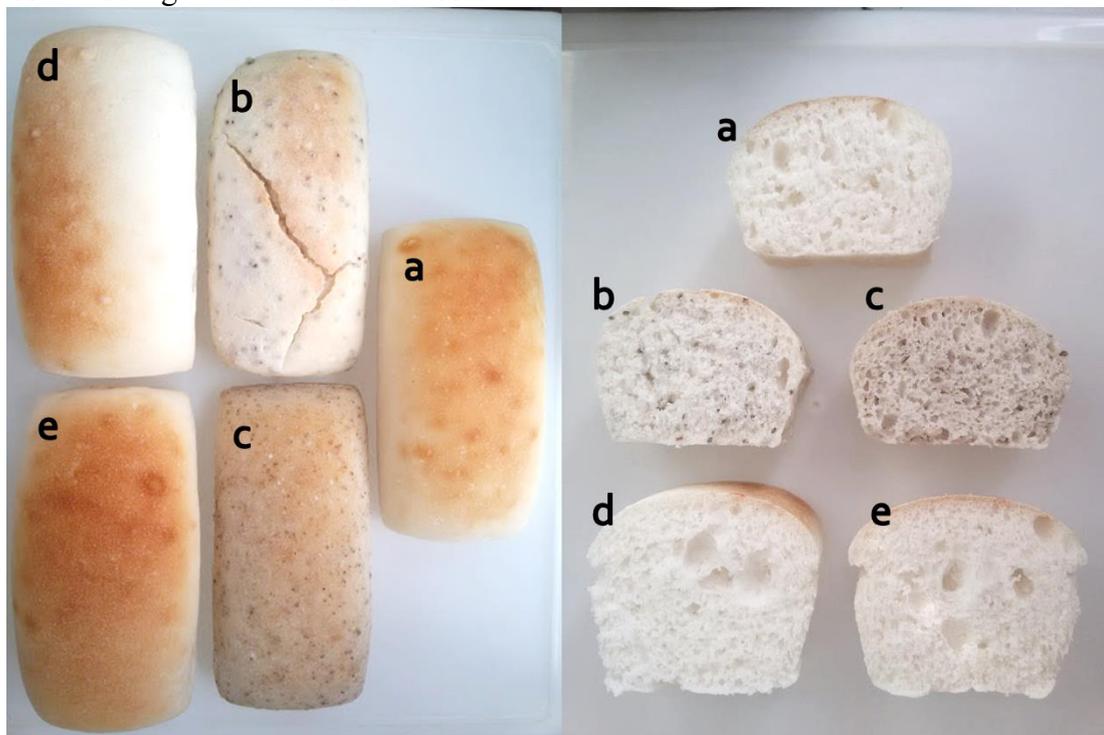
PP: Pão sem glúten padrão. PSC: Pão sem glúten com semente de chia. PFC: Pão sem glúten com farinha de chia. PMS: Pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa. PML: Pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

O volume específico dos pães sem glúten antes do congelamento foi semelhante aos valores encontrados para os pães elaborados a partir das massas congeladas com apenas 1 dia de congelamento (Tabela 1). Os pães que apresentaram maiores valores de volume específico foram os PSC, PMS e PML.

Na avaliação da cor, foi possível verificar que com adição de semente, farinha e mucilagem de chia não houve alteração na cor e luminosidade da crosta dos pães sem glúten. Porém na cor do miolo ocorreu uma diminuição na luminosidade e maior tendência a cor amarela nos pães PSC e PFC, e os pães PFC também apresentaram maior tendência a cor vermelha. O efeito de escurecimento no miolo dos pães também foi relatado por outros autores que adicionaram diferentes concentrações de semente e farinha de chia em pães de trigo (PUIG e HAROS, 2011; COELHO e SALAS-MELLADO, 2015).

A imagem dos pães sem glúten congelados está apresentada na Figura 2

**Figura 2** – Pães sem glúten armazenados sob congelamento (a) Pão padrão. (b) Pão com semente de chia. (c) Pão com farinha de chia. (d) Pão com mucilagem de chia liofilizado. (e) Pão com mucilagem de chia seca em estufa.



### 3.3 IMAGENS DAS ESTRUTURAS DAS MASSAS DE PÃO E DOS PÃES

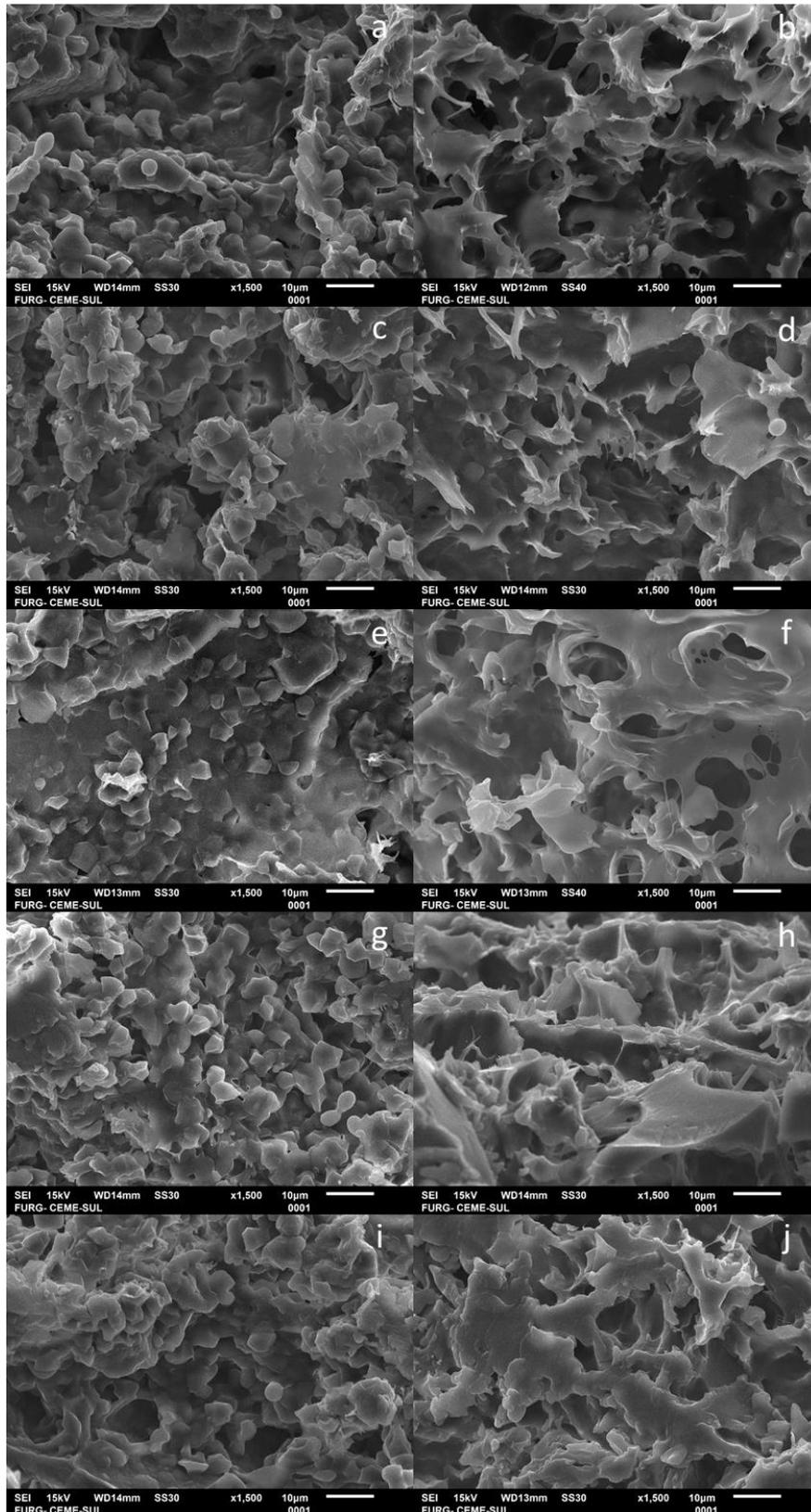
Nas imagens das massas de pão (Figura 3) pôde-se visualizar a presença dos grânulos de amido de arroz, não havendo diferença na estrutura das massas entre as amostras analisadas.

Durante o cozimento, as propriedades estruturais e físicas do pão se alteram, a massa semi-sólida se transforma em pão com miolo macio internamente e crosta crocante em seu exterior. Segundo Martínez e Gómez (2017) a magnitude destas transformações em pães sem glúten dependerá especialmente do amido.

Entretanto, analisando as estruturas dos pães foi possível verificar que houve maior interação entre os constituintes dos pães adicionados de semente, farinha e mucilagem de chia. A estrutura dos pães com adição de farinha de chia também se apresentou mais compacta, com menor espaçamento entre os constituintes.

Martínez e Gómez (2017) realizaram um estudo comparando diferentes formulações de pães sem glúten, eles testaram farinhas e amidos de diferentes fontes como substitutos da farinha de trigo. Verificaram que em todas as imagens dos pães mostraram a presença de uma

**Figura 3** - Imagens da microscopia eletrônica de varredura (x1.500): (a) massa de pão sem glúten padrão; (b) pão sem glúten padrão; (c) massa de pão sem glúten com semente de chia; (d) pão sem glúten com semente de chia; (e) massa de pão sem glúten com farinha de chia; (f) pão sem glúten com farinha de chia; (g) massa de pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa; (h) pão sem glúten com mucilagem de chia seca em estufa; (i) massa de pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada; (j) pão sem glúten com mucilagem de chia liofilizada.



matriz contínua formada pelo amido e hidrocolóide HPMC adicionado nas formulações, mas em contraste com micrografias das massas de pão, os grânulos foram mais compactados.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados confirmam que o congelamento e armazenagem congelada da massa de pão sem glúten combinado com a adição de mucilagem de chia é eficiente para manter a qualidade do produto por mais tempo.

Conclui-se que diversos fatores auxiliam na diminuição da velocidade de envelhecimento dos pães e das massas de pães sem glúten, como a adição de mucilagem de chia e o congelamento,. Devido a eles, os pães após descongelamento apresentaram alto volume específico, baixa firmeza do miolo, umidade do miolo mantida (sem redistribuição de água), menor retrogradação do amido, e interações entre os constituintes (amido, mucilagem, proteínas, lipídeos) formando uma estrutura menos compacta, capaz de reter o gás formado na fermentação e forneamento.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC (American Association of Cereal Chemists). Approved Methods of the AACC. 10th edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

BAIER-SCHENK, A.; HANDSCHIN, S.; CONDE-PETIT, B. Ice in prefermented frozen bread dough e an investigation based on calorimetry and microscopy. **Cereal Chemistry**, v.82, p.251-255, 2005.

BORGES, V. C.; SALAS-MELLADO, M. M. Influence of  $\alpha$ -amilase, trehalose, sorbitol, and polysorbate 80 on the quality of gluten-free bread. **International Food Research Journal**, v.25, n.5, p.1973-1979, 2016.

CARR, L. G.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M.; TADINI, C. C. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.39, p.540-547, 2006.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S.; **Tecnologia da panificação**. Barueri, SP. Manole, 2009. 2ed. 418p.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.60, p729-736, 2015.

- DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v.96, p.295-303, 2010.
- EID, M.; ABOUGABAL, A.; ZEID, A. Celiac disease: Do not miss that diagnosis! **The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine**, v.44, p.727–735, 2013.
- GALVANI, A.; CAMARGO, C. R. O.; CIACCO, C. F.; Efeito de lipídeos, açúcares, sais, e ácidos nas propriedades de gelatinização e retrogradação do amido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.14, n.1, p.3-13, 1994.
- GIANNOU, V.; TZIA, C. Frozen dough bread: quality and textural behaviour during prolonged storage—prediction of final product characteristics. **Journal of Food Engineering** v.79, n.3, p.929–934, 2007.
- GREY, J. A.; BEMILLER, J. N. Bread Staling: Molecular Basis and Control. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.2, p.1-21, 2003.
- HOUBEN, A.; HÖCHSTÖTTER, A.; BECKER, T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **European Food Research Technology**, v.235, p.195–208, 2012.
- IGLESIAS-PUIG, E.; HAROS, M. Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). **European Food Research Technology**, v.237, p.865–874, 2013.
- LERAY, G.; OLIETE, B.; MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LAMBALLERIE, M. Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. **Journal of Food Engineering**, v.100, p.70–76, 2010.
- MARSH, R. D. L.; BLANSHARD, J. M. V. The application of polymer crystal growth theory to the kinetics of formation of the B-amylose polymorph in a 50% wheat starch gel. **Carbohydr Polym**, v.9, p.301-317, 1988.
- MARTÍNEZ, M. M.; GÓMEZ, M. Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free flours and starches during bread fermentation and baking. **Journal of Food Engineering**, v.197, p.78-86, 2017.
- MIÑARRO, B.; ALBANELL, E.; AGUILAR, N.; GUAMIS, B.; CAPELLAS, M. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, v.56, p.476-481, 2012.
- MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Minolta, Minolta Camera Co, Osaka, Japan, 1993. 13p.
- 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.
- NUNES, M. H. B.; MOORE, M. M.; RYAN, L. A. M.; ARENDT, E. K. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. **European Food Research and Technology**, v.228, p.633-642, 2009.

- PIZARRO, P. L.; ALMEIDA, E. L.; SAMMAAN, N. C.; CHANG, Y. K. Evaluation of whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. **LWT e Food Science and Technology**, v.54, p.73-79, 2013.
- PIZZINATO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. Avaliação tecnológica de produtos derivados da farinha de trigo (pão, macarrão, biscoitos). **Boletim ITAL**, 1993.
- 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.
- RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. **Food Research International**, v.36, p.357-363, 2003.
- RONDA, F.; CABALLERO, P.A.; QUILEZ, J.; ROOS, Y.H. Staling of frozen partly and fully baked breads. Study of the combined effect of amylopectin recrystallization and water content on bread firmness. **Journal of Cereal Science**, v.53, p.97-103, 2011.
- RONDA, F.; ROOS, Y. H. Gelatinization and freeze-concentration effects on recrystallization in corn and potato starch gels. **Carbohydrate Research**, v.343, p.901-911, 2008.
- RONDA, F.; ROOS, Y. H. Staling of fresh and frozen gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v.53, p.340-346, 2011.
- ROSELL, C. M.; ROJAS, J. A.; BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v.15, p.75-81, 2001.
- SANZ-PENELLA, J. M.; WRONKOWSKA, M.; SORAL-SMIETANA, M.; COLLAR, C., HAROS, M. Impacto f the addition of resistente starch from modified pea starch on dough and bread performance. **European Food Research Technology**, v.231, p.499-508, 2010.
- SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Incorporation of several additives into gluten free breads: effect on dough properties and bread quality. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.590-597, 2012.
- SELOMULYO, V.O.; ZHOU, W. Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers. **Journal of Cereal Science**, v.45, p.1-17, 2007.
- SLADE, L.; LEVINE, H. **Recent advances in starch retrogradation**. In: STIVALA SS, CRESCENZI V, DEA ICM, editors. *Industrial Polysaccharides-The Impact of Biotechnology and Advanced Methodologies*. New York: Gordon and Breach. p 387-430, 1987.
- STEFFOLANI, E.; HERA, E.; PÉREZ, G.; GÓMEZ, M.; Effect of chia (*salvia hispanica* l) addition on the quality of gluten-free bread. **Journal of Food Quality**, v.37, n.5, p.309-317, 2014.

VALLEJOS, V. B.; CRIZEL, T. M.; SALAS-MELLADO, M. M. Development of gluten-free cakes with the addition of methylcellulose and xanthan gum. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.1317-1328, 2015.

VÁZQUEZ-OVANDO, A.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.168-173, 2009.

VOLTA, U.; VILLANACCI, V. Celiac disease: diagnostic criteria in progress. **Cellular & Molecular Immunology**, v.8, p.96–102, 2011.

WRONKOWSKA, M.; SORAL-ŚMIETANA, M. Buck-wheatflour – a valuable component of gluten-free formulations. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.58, n.1, p.59-63, 2008.

YI, J.; KERR, W. L. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.1474-1483, 2009.

ZOUNIS, S.; QUAIL, K. J.; WOOTON, M.; DICKSON, M. R. Studying frozen dough structure using low-temperature scanning electron microscopy. **Journal of Cereal Science**, v.35, n.2, p.135-147, 2002.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSÃO GERAL**



Após realizar a extração e avaliação das mucilagens de chia, foi possível concluir que as mucilagens de chia seca e liofilizada possuem composição proximal semelhante, porém em virtude do processo de secagem, apresentam propriedades funcionais e características tecnológicas distintas. Através das análises de MEV das mucilagens seca e liofilizada também verificou-se diferenças entre as suas estruturas, a mucilagem seca em estufa apresenta uma estrutura semelhante a uma película ou filme, enquanto a mucilagem liofilizada possui uma estrutura fibrosa, esponjosa.

A adição de farinha e semente de chia em pães sem glúten proporcionou um aumento no valor nutricional dos pães, principalmente no teor proteico. A adição de farinha de chia afetou negativa e proporcionalmente as características tecnológicas, sendo que o volume específico diminuiu e a firmeza do miolo dos pães aumentou. Contrariamente, a adição de semente de chia teve um efeito benéfico nas características tecnológicas, obtendo-se menores valores de firmeza e maiores valores de volume específico dos pães comparados com o pão padrão, com destaque para os pães com 4, 6 e 8% de semente de chia.

Devido a presença de partículas de semente e da farinha de chia na massa ocorre um aumento na sua firmeza, comparado a massa de pão padrão. Além disso as características espessante e geleificante das sementes e farinha de chia afetaram as características da massa de pão sem glúten, principalmente aumentando a sua gomosidade.

Na avaliação sensorial, os pães sem glúten padrão, com adição de farinha de chia e com adição de semente de chia foram bem aceitos pelos consumidores pois sua aceitação global foi superior a 70%, não sendo verificada diferença significativa entre eles.

As massas dos pães sem glúten com adição de mucilagem diferiram da massa de pão sem glúten padrão nos parâmetros firmeza e coesividade, sendo uma alteração benéfica devido ao conseqüente aumento no volume específico dos pães.

A adição de mucilagem de chia seca em estufa e liofilizada promoveu uma melhora nas características tecnológicas dos pães sem glúten, principalmente em relação ao volume específico, a firmeza do miolo, e a pontuação, com destaque para a adição de ambos tipos de mucilagem na concentração de 160ppm. Na avaliação sensorial todos os pães foram bem aceitos pelos julgadores e apresentaram resultados positivos em relação a possível compra dos produtos.

O congelamento e armazenagem congelada da massa de pão sem glúten combinado com a adição de mucilagem de chia foi eficiente para manter a qualidade do produto por mais tempo.

Diversos fatores auxiliam na diminuição da velocidade de envelhecimento dos pães e das massas de pães sem glúten, como a adição de mucilagem de chia, o congelamento, e a temperatura de congelamento. Devido a eles, os pães após descongelamento apresentaram alto volume específico, baixa firmeza do miolo, umidade do miolo mantida (sem redistribuição de água), menor retrogradação do amido, e interações entre os constituintes (amido, mucilagem, proteínas, lipídeos) formando uma estrutura menos compacta, capaz de reter o gás formado na fermentação e forneamento.

Conclui-se que a adição de farinha, semente ou mucilagem de chia afetou as características tecnológicas dos pães, em alguns casos positivamente e em outros negativamente e que o congelamento e a armazenagem congelada de massas e pães sem glúten diminuíram o envelhecimento dos pães, mostrando-se uma técnica viável de aumento da vida útil dos produtos que foram também aceitos sensorialmente pelos julgadores.

**CAPÍTULO VI**  
**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



AACC (American Association of Cereal Chemists). Approved Methods of the AACC. 10th edition. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN, 2000.

ACELBRA. **Associação dos celíacos do Brasil**. Disponível em: <http://www.aceibra.org.br/2004/doencaceliaca.php>. Acesso em 18 de junho de 2016.

AHLBORN, G. J.; PIKE, O. A.; HENDRIX, S. B.; HESS, W. M.; HUBER, C. S.; Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. **Cereal Chemistry**, v.82, n.3, p.328-335, 2005.

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.

ANDRADE, A. A.; COELHO, S. V.; MALTA, H. L.; JORGE, M. N. Avaliação sensorial de panificação enriquecidos com farinha de feijão branco para pacientes celíacos. **Nutrir Gerais**. v.5, n.8, p.727-39, 2011.

AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; **Biociência Industrial**. São Paulo: Editora Blucher, 2001. 183-207p.

ARENDETT, E.; KOB, C. M.; SCHOBER, T. J.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R. (2002). Development of gluten free cereal products. **Farm Food**, v.12, p.21–27.

AUGUSTO, A.P.; ALVES, D.C.; MANNARINO, I.C. **Terapia Nutricional**. São Paulo: Atheneu, 2002.

AYERZA, R.; COATES, W. **Chia: Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs**. Tucson: The University of Arizona Press, 2005. 215 p.

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

AYERZA, R.; COATES, W. O teor de proteínas, teor de óleo e perfil de ácidos graxos como critérios potenciais para determinar a origem da chia cultivada (*Salvia hispanica* L.). **Jornal das Culturas Industriais e Produtos**, v. 34, p. 1366 – 1371, 2011.

BAI, J. C., FRIED, M., CORAZZA, G. R., SCHUPPAN, D., FARTHING, M., CATASSI, C., GRECO, L., COHEN, H., CIACCI, C., FASANO, A., GONZÁLEZ, A., KRABSHUIS, J. H., LEMAIR, A. **Doença celíaca**. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. 2012. p.18.

BAIER-SCHENK, A.; HANDSCHIN, S.; CONDE-PETIT, B. Ice in prefermented frozen bread dough e an investigation based on calorimetry and microscopy. **Cereal Chemistry**, v.82, p.251-255, 2005.

BARCENAS, M.E., ROSELL, C.M. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloid addition. **Food Chemistry**, v.100, p.1594-1601, 2007.

BARCENAS, M.E., ROSELL, C.M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.1037-1043, 2005.

BETANCUR-ANCONA, D.; L'ÓPEZ-LUNA, J.; CHEL-GUERRERO, L.; Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. **Food Chemistry**, v.82, p.217–225, 2003.

BORGES, V. C.; SALAS-MELLADO, M. M. Influence of  $\alpha$ -amilase, trehalose, sorbitol, and polysorbate 80 on the quality of gluten-free bread. **International Food Research Journal**, v.25, n.5, p.1973-1979, 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.674 de 16 de maio de 2003**. Obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e controle da doença celíaca. D.O.U-Diário Oficial da União de 19 de maio de 2003.

BRASIL. **Resolução – ANVISA – RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico Para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Disponível em: <[http://www.abima.com.br/dload/13\\_46\\_resol\\_263\\_05\\_leg\\_alim\\_nac.pdf](http://www.abima.com.br/dload/13_46_resol_263_05_leg_alim_nac.pdf)>. Acesso em: março de 2017.

CAPITANI, M. I.; IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. **Journal Science Food Agric.**, v.93, p.3856–3862, 2013.

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

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G.; Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **B.CEPPA**, v.29, n.1, p.129-136, 2011.

CARR, L. G.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M.; TADINI, C. C. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.39, p.540-547, 2006.

CATASSI, C., BAI, J. C., BONAZ, B., BOUMA, G., CALABRÒ, A., CARROCCIO, A., CASTILLEJO, G., CIACCI, C., CRISTOFORI, F., DOLINSEK, J., FRANCAVILLA, R., ELLI, L., GREEN, P., HOLTMEIER, W., KOEHLER, P., KOLETZKO, S., MEINHOLD, C., SANDERS, D., SCHUMANN, M., SCHUPPAN, D., ULLRICH, R., VÉCSEI, A., VOLTA, U., ZEVALLOS, V., SAPONE, A., FASANO, A. Non-Celiac Gluten sensitivity: the new frontier of gluten related disorders. **Nutrients**, v.5, n.10, p.3839–3853, 2013.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S.; **Tecnologia da panificação**. Barueri, SP. Manole, 2009. 2ed. 418p.

CÉSAR, A. S.; GOMES, J.C.; STALIANO, C.D.; FANNI, M.L.; BORGES, M.C. Elaboração de Pão sem Glúten, **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p.150-155, 2006.

CHAU, C. F.; CHEUNG, P. C. K.; WONG, Y. S. Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.7, p.2500-2503, 1997.

COATES, W. **Chia: the complete Guide to the ultimate superfood**. Sterling Publishing Eds. New York. 2012.

COELHO, M. S. **Pão enriquecido com chia (Salvia hispânica L.): desenvolvimento de um produto funcional**. 2014, 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, 2014. 148p.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. **LWT-Food Science and Technology**, v.60, p729-736, 2015.

COOPER, B. T.; HOLMES, G. K.; FERGUSON, R.; THOMPSON, R. A.; ALLAN, R. N.; COOKE, W. T. Gluten-sensitive diarrhea without evidence of celiac disease. **Gastroenterology**, v.81, p.192-194, 1981.

COOREY, R.; CHAO, K. I.; KUMAR, V.; JAYASENA, V. The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) protein isolation on its dietary fibre and whey proteins. **Quality Assurance Safety Crops Foods**, v.5, n.4, p.287-294, 2013.

COOREY, R.; TJOE, A.; JAYASENA, V. Gelling Properties of Chia Seed and Flour. **Journal of Food Science**, v.79, n. 5, p.859-866, 2014.

COSTANTINI, L.; LUKŠIĆ, L.; MOLINARI, R.; KREFT, I.; BONAFACCIA, G.; MANZI, L.; MERENDINO, N. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. **Food Chemistry**, v.165, p.232-240, 2014.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 295-303, 2010.

DIGIACOMO, D. V.; TENNYSON, C. A.; GREEN, P. H.; DEMMER, R. T. Prevalence of gluten-free diet adherence among individuals without celiac disease in the USA: results from the Continuous National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2010. **Scand J Gastroenterol**, v.48, p.921-925, 2013.

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 em: 10/jun, 2016.

DUTCOSKY, S. D.; **Análise Sensorial dos Alimentos**. Curitiba: Champagnat. 1996. 123p.

EID, M.; ABOUGABAL, A.; ZEID, A. Celiac disease: Do not miss that diagnosis! **The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine**, v.44, p.727-735, 2013.

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

ELLI, L.; BRANCHI, F.; TOMBA, C.; DANILLO, V.; NORSA, L.; FERRETTI, F.; RONCORONI, L.; BARDELLA, M. T. Diagnosis of gluten related disorders: celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. **World Journal Gastroenterology**, v.21, n.23, p.7110-7119, 2015.

- ESCUADERO-ALVAREZ, E. Y.; GONZALEZ-SANCHEZ, P. La fibra dietética. **Nutrición Hospitalaria**, v.21, n.2, p.61-72, 2006.
- FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, v.227, p.237–244, 2017.
- FIGUEIRA, F. S.; **Produção de pão sem glúten enriquecido com *Spirulina platensis***. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 2010. 108p.
- FIGUEIRA, F.S.; CRIZEL, T. M.; SILVA, C. R.; SALAS-MELLADO, M. M. Pão sem glúten enriquecido com microalga *Spirulina platensis*. **Braz. Journ. Food. Tec.** v.14, n.4, p.308-316, 2011.
- GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **J Food Eng**, v.56, n.2–3, p.153–161, 2003.
- GALLAGHER, E. **Gluten- Free Food Science and Technology**. USA: Wiley-Blackwell. 2009. p.246.
- GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science & Technology**, v.15, n. 3-4, p.143-152, 2004.
- GALVANI, A.; CAMARGO, C. R. O.; CIACCO, C. F.; Efeito de lipídeos, açúcares, sais, e ácidos nas propriedades de gelatinização e retrogradação do amido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.14, n.1, p.3-13, 1994.
- GARDA, M. R.; ALVAREZ, M. S.; LATTANZIO, M. B. Rol de los hidrocoloides de semillas de chía y lino en la optimización de panificados libres de glúten. *In*: XV Congreso Latinoamericano y Del Caribe de Nutricionistas Dietistas. XI Congreso Argentino de Graduados em Nutrición, 2012, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, p. 31-38, 2012.
- GIANNOU, V.; TZIA, C. Frozen dough bread: quality and textural behaviour during prolonged storage—prediction of final product characteristics. **Journal of Food Engineering** v.79, n.3, p.929–934, 2007.
- GLICKSMAN, M. **Food Applications of Gums**. Em: Gum Technology in the Food Industry, p.270-294. Academic Press, Londres, 1969.
- GRAY, J. A.; BEMILLER, J. N. Bread Staling: Molecular Basis and Control. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v.2, p.1-21, 2003.
- GREEN, P. H. R.; CELLIER, C. Celiac Disease. **New England Journal of Medicine**, v.357, n. 17, p. 1731-1734, 2007.
- GUTKOSKI, L. C.; BREHM, C. M.; SANTOS, E.; MEZZOMO, N.; Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.460-467, 2005.

GUTKOSKI, L. C.; PAVANELLI, A. P.; MIRANDA, M. Z.; CHANG, Y. K. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.1, p.11-16, 1997.

HADNAĐEV, T. R. D.; TORBICA, A. M.; HADNAĐEV, M. S. Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. **Food Bioprocess and Technology**, v. 6, n. 7, p. 1770-1781, 2013.

HAGER, A. S.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 195-203, 2013.

HILL, I. D., DIRKS, M. H., LIPTAK, G. S., COLLETTI, R. B., FASANO, A., & GUANDALINI, S. (2005). Guideline for the diagnosis and treatment of coeliac disease in children: recommendations of the North American Society for pediatric gastroenterology, hepatology and nutrition. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, 40, 1e19.

HOUBEN, A., HÖCHSTÖTTER, A., BECKER, T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **European Food Research Technology**, v.235, p.195–208, 2012.

IGLESIAS-PUIG, E.; HAROS, M. Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). **European Food Research Technology**, v.237, p.865–874, 2013.

IXTAINA, V. Y. (2010) **Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispanica* L.) obtenido mediante distintos procesos**. Aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 2010.

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

JANI, G.K.; SHAH, D.P.; PRAJAPATI, V.D.; JAIN, V.C. Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. **Asian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 5, p. 308-322, 2009.

KADAN, R. S.; ROBINSON, M. G.; THIBODEAUX, D. P.; PEPPERMAN JR, A. B. Texture and other Physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v.66, n.7, p.940-944, 2001.

KEET, C. A.; MATSUI, E. C.; DHILLON, G.; LENEHAN, P.; PATERAKIS, M.; WOOD, R. A. The natural history of wheat allergy. **Ann Allergy Asthma Immunol**, v.102, p.410–415, 2009.

KOHAJDOVÁ, Z.; KAROVIČOVÁ, J. Application of hydrocolloids as baking improvers. **Chemical Papers**, v. 63, n. 1, p. 26-38, 2009.

KOTZE, S. L. M. Doença celíaca. **Jornal Brasileiro de Gastroenterologia**, v.6, n.1, p.23-34, 2006.

- LEÓN, A. E.; DURÁN, E.; BARBER, C. B. Utilization of enzymes mixtures to retard bread crumb firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.1416-1419, 2002.
- LERAY, G.; OLIETE, B.; MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LAMBALLERIE, M. Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. **Journal of Food Engineering**, v.100, p.70-76, 2010.
- 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.
- MARIOTTI, M.; PAGANI, M. A.; LUCISANO, M. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 393-400, 2013.
- MARSH, R. D. L.; BLANSHARD, J. M. V. The application of polymer crystal growth theory to the kinetics of formation of the B-amylose polymorph in a 50% wheat starch gel. **Carbohyd Polym**, v.9, p.301-317, 1988.
- MARTÍNEZ, M. M.; GÓMEZ, M. Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free flours and starches during bread fermentation and baking. **Journal of Food Engineering**, v.197, p.78-86, 2017.
- MATOS, M. E., & ROSELL, C. M. Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, p.653-661, 2015.
- MELO, S. B. C.; FERNANDES, M. I.; PERES, L. C.; TRONCON, L. E.; GALVÃO, L. C. Prevalence and demographic characteristics of celiac disease among blood donors in Ribeirão Preto, State of São Paulo, Brazil. **Digestive Diseases and Sciences**, v. 51, n. 5, p.1020-1025, 2006.
- MENGA, V.; AMATO M.; PHILLIPS, T. D.; ANGELINO, D.; MORREALE, F.; FARES, C.; Gluten-free pasta incorporating chia (*Salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. **Food Chemistry**, v.221, p.1954-1961, 2017.
- MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 3, p. E140-146, 2009.
- MIÑARRO, B.; ALBANELL, E.; AGUILAR, N.; GUAMIS, B.; CAPELLAS, M. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, v.56, p.476-481, 2012.
- MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Minolta, Minolta Camera Co, Osaka, Japan, 1993. 13p.
- MIR, S. A.; SHAH, M. A.; NAIK, H. R.; ZARGAR, I. A. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. **Trends in Food Science & Technology**, v.51, p.49-57, 2016.

- MIRHOSSEINI, H.; AMID, B. T. Effect of different drying techniques on flowability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate–protein cum from durian fruit seed. **Chemical Central Journal**, v. 7, p.1–14, 2013.
- MOORE, M. M.; DAL BELLO, F.; ARENDT, E. K. Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread. **European Food Research and Technology**, v.226, p.1309-1316, 2008.
- MOREIRA, M. R. **Elaboração de pré-mistura para pão sem glúten para celíacos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 102p.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p.160-166, 2013.
- 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(a).
- MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, 108, 216–224, 2012(b).
- NOVOTNI, D.; CUKELJ, N.; SMERDEL, B.; BITUH, M.; DUJMIC, F.; CURIC, D. Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough. **Journal of Cereal Science**, v.55, p.120-125, 2012.
- NUNES, M. H. B.; MOORE, M. M.; RYAN, L. A. M.; ARENDT, E. K. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. **European Food Research and Technology**, v.228, p.633-642, 2009.
- OLIVOS-LUGO, B. L.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A.; TECANTE, A. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispânica* L.). **Food Science and Technology International**, v.16, n.1, p.89-96, 2010.
- ONYANGO, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M. G. Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. **Food Research International**, v.42, n.8, p.949–955, 2009.
- ORDÓÑEZ, J.A.; **Tecnologia de alimentos**. Volume I, Componentes dos Alimentos e Processos. Editora Artmed, 2005. 294p.
- PEREIRA, B. S.; PEREIRA, B. S.; CARDOSO, É. S.; MENDONÇA, J. O. B.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M. P.; ZAGO, L.; FREITAS, S. M. L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v.8, n.2, p.125-136, 2013.
- PEREIRA, S. B.; PEREIRA, B. S.; CARDOSO, E. S.; MENDONÇA, J. O. B.; SOUZA, L. B.; SANTOS, M.P.; ZAGO, L.; FREITAS, S. M. L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **Demetra**, Rio de Janeiro, v.8, p.125-136, 2013.

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

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

PREICHARDT, L. D. **Aplicação de Xantana Comercial e Xantana Sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pvpruni em Bolos sem Glúten**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009. 69p.

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**. Vol.II, Sosland Publishing Company, 1988.

QUAGLIA, G. **Ciência e tecnologia de la panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.

QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Editora FURG, Rio Grande, 2006.

RAMESH S. Food allergy overview in children. **Clin Rev Allergy Immunol.**, v.34, p.217–230, 2008.

REWERS, M. Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? **Gastroenterology**, v.128, n.4, p.S47-S51, 2005.

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

RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. **Food Research International**, v.36, p.357–363, 2003.

RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v.18, p.305–313, 2004.

RODRIGO, L. Celiac disease. **World Journal of Gastroenterology**, v.12, p.6585-6593, 2006.

RONDA, F.; CABALLERO, P.A.; QUILEZ, J.; ROOS, Y.H. Staling of frozen partly and fully baked breads. Study of the combined effect of amylopectin recrystallization and water content on bread firmness. **Journal of Cereal Science**, v.53, p.97-103, 2011.

RONDA, F.; ROOS, Y. H. Gelatinization and freeze-concentration effects on recrystallization in corn and potato starch gels. **Carbohydrate Research**, v.343, p.901-911, 2008.

RONDA, F.; ROOS, Y. H. Staling of fresh and frozen gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v.53, p.340-346, 2011.

ROSELL, C. M.; BARRO, F.; SOUSA, C.; MENA, M. C. Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. **Journal of Cereal Science**, v.59, p.354-364, 2014.

ROSELL, C. M.; ROJAS, J. A.; BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v.15, p.75–81, 2001.

RUPFLIN, D. I. A. Caracterización de la Semilla Del Chan (*Salvia hispanica* L.) y Diseño de um Producto Funcional que la Contiene como Ingrediente. **Revista 23 de la Universidad del Valle de Guatemala**, Guatemala, p. 43-49, 2011.

SALGADO-CRUZ, M. P.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G.; CHANONA-PÉREZ, J.; FARRERA-REBOLLO, R. R.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J. V.; DÍAZ-RAMÍREZ, M. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. **Industrial Crops and Products**, v.51, p.453– 462, 2013.

SANDOVAL-OLIVEROS, M. R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 1, p. 193-201, 2013.

SANZ-PENELLA, J. M.; WRONKOWSKA, M.; SORAL-SMIETANA, M.; COLLAR, C., HAROS, M. Impacto f the addition of resistente starch from modified pea starch on dough and bread performance. **European Food Research Technology**, v.231, p.499-508, 2010.

SCHAMNE, C. **Obtenção e caracterização de produtos panificados livres de glúten**. 2007. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

SCHWARCZ, J. **Uma maçã por dia – Mitos e verdades sobre os alimentos que comemos**. Rio de Janeiro: Zahar, p. 99-102, 2007.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 11, p. 2306–2312, 2010b.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Incorporation of several additives into gluten free breads: effect on dough properties and bread quality. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.590-597, 2012.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Influence of gluten-free flours and their mixtures on bater properties and bread quality. **Food Bioprocess Technology**, v.3, p.577-585, 2010a.

SEGURA-CAMPOS, M. R.; CIAU-SOLÍS, N.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Chemical and Functional Properties of Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Gum. **International Journal of Food Science**, v.2014, 5p, 2014.

SELOMULYO, V. O.; ZHOU, W. Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers. **Journal of Cereal Science**, v.45, p.1–17, 2007.

SHEPHERD, S. J.; GIBSON, P. R. Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 26, n. 4, p. 349-358, 2012.

SILVA, A. T.; MARTA, C. S.; PRATES, S.; MORAIS-ALMEIDA, M.; PINTO, J. R. Hipersensibilidade ao trigo: formas de apresentação e proteínas alergênicas. **Revista Portuguesa de Imunoalergologia**, v.13, n.2, p.133-140, 2005.

SILVA, M. C.; THIRÉ, R. M. S. M.; PITA, V. J. R. R.; CARVALHO, C. W. P.; ANDRADE, C. T.; Processamento de amido de milho em câmara de mistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.24, n.2, p.303-310, 2004.

SILVA, P. C.; ALMEIDA, P. D. V.; AZEVEDO, L. R.; GRÉGIO, A. M. T.; MACHADO, M. A. N.; LIMA, A. D. S.; Doença Celíaca: Revisão. **Clinica Pesquisa Odontológica**, Curitiba, v.2, n.5/6, p. 401-406, 2006.

SLADE, L.; LEVINE, H. **Recent advances in starch retrogradation**. In: STIVALA SS, CRESCENZI V, DEA ICM, editors. *Industrial Polysaccharides-The Impact of Biotechnology and Advanced Methodologies*. New York: Gordon and Breach. p 387-430, 1987.

STEFFOLANI, E.; HERA, E.; PÉREZ, G.; GÓMEZ, M.; Effect of chia (*salvia hispanica* L) addition on the quality of gluten-free bread. **Journal of Food Quality**, v.37, n.5, p.309–317, 2014.

SUSANNA, S.; PRABHASANKAR, P. A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 613-621, 2013.

TEIXEIRA, E. **Análise Sensorial de Alimentos**. Santa Catarina: UFSC, 1987. 119p.

THOMPSON T, et al. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommend amount of fibre, iron, calcium and grain foods? **J Hum Nutr Diet.**, v.18, n.3, p.163-169, 2005.

THOMPSON, T. Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 100, n. 11, p. 1389-1396, 2000.

TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; KASAPIS, S.; ADHIKARI, B. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. **Carbohydrate Polymers**, v.136, p.128–136, 2016.

URIBE, J. A. R.; PEREZ, J. I. N.; KAUIL, H. C.; RUBIO, G. R.; ALCO CER, C. G. Extraction of oil from chia seeds with supercritical CO<sub>2</sub>. **The Journal of Supercritical Fluids** v.56, n.2, p.174-178, 2011.

UTPOTT, M. **Utilização da mucilagem da chia (Salvia hispânica 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.

VALLEJOS, V. B.; CRIZEL, T. M.; SALAS-MELLADO, M. M. Development of gluten-free cakes with the addition of methylcellulose and xanthan gum. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.1317-1328, 2015.

VÁZQUEZ-OVANDO, A.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica L.*). **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.168-173, 2009.

VOLTA, U.; VILLANACCI, V. Celiac disease: diagnostic criteria in progress. **Cellular & Molecular Immunology**, v.8, p.96–102, 2011.

WRONKOWSKA, M.; SORAL-ŚMIETANA, M. Buck-wheatflour – a valuable component of gluten-free formulations. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.58, n.1, p.59-63, 2008.

YALCIN, S; BASMAN, A. Effects of gelatinisation level, gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 9, p. 1637-1644, 2008.

YI, J.; KERR, W. L. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.1474-1483, 2009.

YU, S.; MA, Y.; SUN, D. Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v.43, p.1138-1143, 2010.

ZOUNIS, S., QUAIL, K. J., WOOTON, M., DICKSON, M. R. Studying frozen dough structure using low-temperature scanning electron microscopy. **Journal of Cereal Science**, v.35, n.2, p.135-147, 2002.



## APÊNDICE I

**Figura 1** – Ficha de avaliação sensorial dos pães sem glúten.

### ANÁLISE SENSORIAL

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Você costuma comer pães de que tipo: ( ) branco ( ) integral ( ) branco e integral

Você vai receber algumas amostras de pão. Por favor, prove a amostra e utilize a **ESCALA HEDÔNICA** para indicar o quanto você gostou ou desgostou do produto com relação aos atributos: cor, aroma, sabor, textura e aceitação global.

#### ESCALA HEDÔNICA

|   |                        |
|---|------------------------|
| 9 | Gostei muitíssimo      |
| 8 | Gostei muito           |
| 7 | Gostei regularmente    |
| 6 | Gostei ligeiramente    |
| 5 | Indiferente            |
| 4 | Desgostei ligeiramente |
| 3 | Desgostei regularmente |
| 2 | Desgostei muito        |
| 1 | Desgostei muitíssimo   |

| Código da amostra | Notas da escala hedônica |     |       |       |         |
|-------------------|--------------------------|-----|-------|-------|---------|
|                   | Aceitação Global         | Cor | Aroma | Sabor | Textura |
| Amostra:          |                          |     |       |       |         |
| Amostra:          |                          |     |       |       |         |
| Amostra:          |                          |     |       |       |         |

Por favor prove a amostra e utilize a **ESCALA DE ATITUDE** para indicar sua atitude com relação à amostra.

#### ESCALA DE ATITUDE

|   |   |
|---|---|
| 5 | Certamente compraria                    |
| 4 | Provavelmente compraria                 |
| 3 | Talvez comprasse / Talvez não comprasse |
| 2 | Provavelmente não compraria             |
| 1 | Certamente não compraria                |

| Código da amostra | Notas da escala de atitude |
|-------------------|----------------------------|
| Amostra:          |                            |
| Amostra:          |                            |
| Amostra:          |                            |

**Observações:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## APÊNDICE II

**Figura 2** – Aprovação do Comitê de ética para avaliação sensorial no projeto.



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de pão sem glúten com adição de chia (*Salvia hispanica* L.) e seu comportamento sob congelamento.

**Pesquisador:** Viviane Borges Vallejos

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 49728115.2.0000.5324

**Instituição Proponente:** Universidade Federal do Rio Grande - FURG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.525.116

#### Apresentação do Projeto:

A doença celíaca é uma doença autoimune, resultante de uma intolerância permanente ao glúten, que está presente nos cereais, como o trigo, o centeio, a cevada, o triticale e possivelmente na aveia. O único tratamento para a doença celíaca é uma dieta isenta de glúten. Mesmo existindo vários produtos sem glúten no mercado, esses geralmente não apresentam a qualidade desejada devido à falta da rede de glúten necessitando de um agente substituto. A *Salvia hispanica* L., também conhecida como chia, é uma planta herbácea, da família Labiatae, divisão Spermatophyta e reino Plantae. Suas sementes são utilizadas como suplementos nutricionais, bem como na fabricação de barras, cereais matinais e biscoitos nos Estados Unidos, América Latina e Austrália. Considerando a composição química e física da chia, estas sementes apresentam capacidades tecnológicas diversas, podendo atuar como agentes espessantes, gelificantes e estabilizantes. A semente de chia, quando incorporada a um alimento, além de melhorar o valor nutritivo, apresenta grande capacidade para reter água e óleo, características que fazem dela uma candidata

**Endereço:** Rua Visconde Paranaguá, 112/Hospital Universitário

**Bairro:** Campus Saúde

**CEP:** 96.201-900

**UF:** RS

**Município:** RIO GRANDE

**Telefone:** (53)3237-4652

**Fax:** (53)3233-6822

**E-mail:** cepas@furg.br

**Figura 2** – Aprovação do Comitê de ética para avaliação sensorial no projeto.

Continuação do Parecer: 1.525.116

natural como aditivo para produtos panificados. Quando hidratadas as sementes de chia exsudam um gel mucilaginoso composto principalmente por fibras. A mucilagem de chia possui alta capacidade de reter água e alta estabilidade perante o congelamento, podendo ser utilizada como emulsificante e estabilizante em alimentos e possivelmente alimentos congelados. Deste modo, a semente e a mucilagem de chia revelam-se úteis para o desenvolvimento de novos produtos alimentares. O objetivo do presente trabalho será desenvolver um pão de arroz sem glúten adicionado de chia, analisar suas características tecnológicas e nutricionais, e avaliar o efeito desta adição durante o armazenamento dos pães sob congelamento. Primeiramente será realizada a extração da mucilagem de chia através de hidratação 1:40 e secagem em estufa durante 24h, análise das propriedades funcionais da mucilagem da chia e serão determinadas a composição proximal da farinha de arroz e da chia na forma de farinha e de mucilagem. Após serão desenvolvidos os pães sem glúten, um pão padrão utilizando 100% farinha de arroz, e pães adicionados de chia com diferentes quantidades de farinha e mucilagem de chia. Os pães serão avaliados segundo suas características tecnológicas: o volume específico será determinado através do método do deslocamento de sementes de painço, a análise de textura do miolo será realizada no analisador de textura TAXT2, a cor do miolo e da crosta será determinada utilizando colorímetro Minolta, o percentual de perda de peso, a umidade do miolo e da crosta, a pontuação total (análise das características internas e externas dos pães) e avaliação sensorial. Será realizado também um estudo do comportamento da retrogradação do amido no miolo dos pães sem glúten adicionados de chia durante um período de armazenamento de 30 dias sob congelamento, onde os pães serão avaliados a cada 5 dias. Serão realizadas análises de Calorimetria Diferencial de Varredura para verificar o grau de retrogradação do amido nos pães, umidade do miolo e da crosta, textura do miolo, e microscopia eletrônica de varredura.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Verificar o efeito da adição de farinha de chia e mucilagem de chia nas características tecnológicas

**Endereço:** Rua Visconde Paranaguá, 112/Hospital Universitário  
**Bairro:** Campus Saúde **CEP:** 96.201-900  
**UF:** RS **Município:** RIO GRANDE  
**Telefone:** (53)3237-4652 **Fax:** (53)3233-6822 **E-mail:** cepas@furg.br

**Figura 2** – Aprovação do Comitê de ética para avaliação sensorial no projeto.



Continuação do Parecer: 1.525.116

dos pães, na avaliação sensorial e compará-los ao pão padrão sem glúten.

**Objetivo Secundário:**

Verificar o grau de aceitação dos pães através da avaliação sensorial.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

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.

**Benefícios:**

Ao participar desta pesquisa os julgadores não terão nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre as características sensoriais dos pães, e sua aceitação perante o público consumidor, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa disponibilizar produtos de melhor qualidade, onde pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Não há.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Presentes.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

PARECER N° 32/2016

**Endereço:** Rua Visconde Paranaguá, 112/Hospital Universitário  
**Bairro:** Campus Saúde **CEP:** 96.201-900  
**UF:** RS **Município:** RIO GRANDE  
**Telefone:** (53)3237-4652 **Fax:** (53)3233-6822 **E-mail:** cepas@furg.br

**Figura 2** – Aprovação do Comitê de ética para avaliação sensorial no projeto.

Continuação do Parecer: 1.525.116

CEPAS 82/2015

CAAE: 49728115.2.0000.5324

Processo: 23116.005826/2015-58

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de pão sem glúten com adição de chia (*Salvia hispanica* L.) e seu comportamento só congelamento.

Pesquisador Responsável: Viviane Borges Vallejos

**PARECER DO CEPAS:**

O Comitê, considerando tratar-se de um trabalho relevante, o que justifica seu desenvolvimento, bem como o atendimento à pendência informada no parecer 162/2015, emitiu o parecer de APROVADO para o projeto “Desenvolvimento de pão sem glúten com adição de chia (*Salvia hispanica* L.) e seu comportamento só congelamento.”

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 coparticipante 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 final de acompanhamento ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme modelo disponível na página <http://www.cepas.furg.br>.

Data de envio do relatório final: 30/09/2017.

Rio Grande, RS, 01 de abril de 2016.

Profª. Eli Sinnott Silva

Coordenadora do CEPAS/FURG

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento | Arquivo                     | Postagem   | Autor | Situação |
|----------------|-----------------------------|------------|-------|----------|
| Informações    | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P | 29/03/2016 |       | Aceito   |

**Endereço:** Rua Visconde Paranaguá, 112/Hospital Universitário

**Bairro:** Campus Saúde **CEP:** 96.201-900

**UF:** RS **Município:** RIO GRANDE

**Telefone:** (53)3237-4652 **Fax:** (53)3233-6822 **E-mail:** [cepas@furg.br](mailto:cepas@furg.br)

**Figura 2** – Aprovação do Comitê de ética para avaliação sensorial no projeto.

Continuação do Parecer: 1.525.116

|   |                             |                        |                         |        |
|---|-----------------------------|------------------------|-------------------------|--------|
| Básicas do Projeto  | ETO_554541.pdf              | 12:08:52               |                         | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | Projeto_chia_doutorado.docx | 29/03/2016<br>12:08:05 | Viviane Borges Vallejos | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_Doutorado.doc          | 29/09/2015<br>19:19:44 | Viviane Borges Vallejos | Aceito |
| Folha de Rosto  | Folha_de_rosto.doc          | 29/09/2015<br>19:18:31 | Viviane Borges Vallejos | Aceito |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RIO GRANDE, 02 de Maio de 2016

---

**Assinado por:**  
**Eli Sinnott Silva**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rua Visconde Paranaguá, 112/Hospital Universitário  
**Bairro:** Campus Saúde **CEP:** 96.201-900  
**UF:** RS **Município:** RIO GRANDE  
**Telefone:** (53)3237-4652 **Fax:** (53)3233-6822 **E-mail:** cepas@furg.br