

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

VILMARA ARAÚJO FRANCO

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN COM  
FARINHA DE ARROZ E DE BATATA-DOCE**

Goiânia  
2015

VILMARA ARAÚJO FRANCO

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN COM  
FARINHA DE ARROZ E DE BATATA-DOCE**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientador(a):** Dr Flávio Alves da Silva.

**Co-Orientador(a):** Dr Manoel Soares Soares Júnior.

Goiânia

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

VILMARA ARAÚJO FRANCO

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO SEM GLÚTEN COM  
FARINHA DE ARROZ E DE BATATA-DOCE**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015,  
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

Dr.<sup>a</sup>. Rosângela Vera  
EA/UFG

---

Dr.<sup>a</sup>. Márcia Helena Sacchi Correia  
FANUT/UFG

---

Dr. Flávio Alves da Silva  
Orientador – EA/ UFG

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos que estiveram do meu lado nesta jornada, em especial, ao Dr Flávio Alves da Silva, grande incentivador.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com a ajuda e apoio de pessoas especiais, que estiveram ao meu lado, ajudando no que fosse possível, para que ao final, tudo desse certo. As palavras podem não expressar todo o sentimento de gratidão que devo a elas, em especial:

Ao meu querido orientador Doutor Flávio Alves da Silva pelos ensinamentos, por toda dedicação, confiança depositada e também pela paciência que teve comigo durante todo este tempo, não deixando em momento algum eu desistir. Foi um privilégio trabalhar ao seu lado, contribuindo para minha formação profissional. Pelos momentos de alegria e desespero que surgiram pelo caminho, e, sobretudo, pela amizade cultivada. Muito obrigada.

À Escola SENAI Vila Canaã, pelo apoio técnico, disponibilidade de realização das análises em sua infra-estrutura e todo o apoio necessário para que o trabalho pudesse ser desenvolvido, em especial às queridas Elaine Carvalho, Rosana Neves e Rosa Maria Assunção.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo apoio na realização das análises de RVA, em especial à Doutora Priscila Zaczuk Bassinello pela oportunidade.

À Universidade Federal de Goiás, pela realização das análises microbiológicas em seus laboratórios da Faculdade de Farmácia e da Faculdade de Nutrição, agradecendo em especial às queridas Ana Carolina C. Carvalhaes Costa, Camilla Alves e Maria Raquel Hidalgo Campos.

Aos amigos especiais que dedicaram em me ajudar e não deixar que eu desistisse dessa conquista, Elaine dos Santos Pires Barbosa, Kátia de Oliveira de Deus, Frederico Inácio Tonhá, Flávia Isabel da Rocha de Araújo Oliveira, Christiane Almeida Starling, Karolline Fernandes Siqueira e Fernanda de Moraes Cavalcante. Vocês foram muito importante para a realização desta pesquisa, que não pouparam esforços nem finais de semana para estarem comigo, não me deixando desistir.

A todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Goiás, que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho, em especial, aos professores Márcio Caliari e Manoel Soares Soares Júnior, que tiveram uma importância na definição da minha pesquisa, e à querida Maria José que me socorria a todo o momento com as documentações necessárias.

Aos meus familiares, que me ajudaram tanto. Ao meu pai, Vilmar, mesmo não estando presente entre nós, tenho certeza que de onde estiver me mostrou o caminho correto. A minha mãe, Amélia, pelos dias abdicados para cuidar da nossa princesa. Ao meu esposo, Breno Luiz, pela paciência e compreensão, me incentivando o tempo todo para que fosse possível chegar ao final. À minha filha, Adrielle, que teve uma mãe ausente, irritada por algum tempo, mas que chegava por baixo da mesa, entrava no meio das pernas e deitava no meu colo, dizendo nas entre linhas, estou aqui amando você do mesmo jeito. Muito obrigada, minha família querida, por tudo.

Aos professores da banca examinadora, por reservarem um pouco do seu tempo na dedicação a este trabalho.

À Deus, arquiteto do universo por ter me abençoado sempre durante esta caminhada, me dando forças para seguir em frente.

E a todos os demais que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

"Tudo o que fizeres será insignificante, mas é importante que faças." (M. Gandhi)

## RESUMO

A doença celíaca (DC) é uma intolerância permanente ao glúten, caracterizada por atrofia da mucosa do intestino delgado e consequente má absorção de nutrientes. O tratamento da DC consiste na introdução de dieta sem glúten de forma permanente. O pão sem glúten é o produto que os celíacos gostariam de encontrar com maior facilidade no mercado permitindo ampla distribuição dos produtos com baixo custo, além da praticidade. Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar as farinhas de arroz e de batata-doce, elaborar pão isento de glúten para doentes celíacos, aplicando diferentes hidrocolóides (carboximetilcelulose e goma xantana) e verificar o efeito da substituição da farinha de arroz (FA) por farinha de batata-doce (FBD) na qualidade tecnológica e sensorial dos pães. Primeiramente, determinou-se a composição centesimal das farinhas realizando análises de umidade, atividade de água, acidez, pH, proteínas, lipídios, cinzas, fibra alimentar, carboidratos, teor de amilose, granulometria e cor; além das análises microbiológicas (*Salmonella* sp., *Bacillus cereus*, coliformes, bolores e leveduras). A propriedade de pasta do amido foi determinada para FA, FBD e suas mesclas (25% FBD e 75% FA; 50% FBD e 50% FA; 75% FBD e 25% FA). Na segunda etapa, ocorreu o processamento dos pães utilizando os hidrocolóides carboximetilcelulose (CMC) e goma xantana (GX) em base farinácea de farinha de arroz para desenvolvimento de pão sem glúten, em seguida, verificou-se o melhor resultado em relação à textura (dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade), cor (da crosta e do miolo) e volume específico, com isso, realizou-se a substituição da farinha de arroz pela farinha de batata-doce e analisou os seus efeitos sobre os parâmetros texturais, cor e volume específico, tal como, a aceitabilidade do uso da farinha de batata-doce em formulação de pão sem glúten. Para a fabricação dos pães foram usados farinha de arroz (100%), açúcar cristal (12%), água (150%), albumina (10%), margarina (10%), fermento biológico seco (6%), sal (2%) e diferentes concentrações de CMC e GX (nos valores de 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2%). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Ainda, realizou-se análise microbiológica dos pães e teste de preferência por ordenação com consumidores de pães. As farinhas diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação às coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de cor, onde a farinha de batata-doce apresentou-se mais escura que a de arroz. Na caracterização obtiveram-se os seguintes padrões: farinha de batata-doce (umidade 9,18%, proteína 9,92%, lipídio 1,72%, cinzas 1,51%, fibras alimentares 3,77% e carboidratos 77,81%) e farinha de arroz (umidade 13,31%, proteína 10,34%, lipídio 1,41%, cinzas 0,31%, fibras alimentares 0,76%, carboidratos 75,03%). Na avaliação das propriedades de pasta das farinhas e de suas mesclas, observou-se que a temperatura de pasta de FA (88,65°C) foi superior em relação às demais amostras. A viscosidade máxima diminuiu com o aumento de FBD na mescla. Os valores de viscosidade final e de tendência à retrogradação diminuíram à medida que aumentou o teor de FBD na mescla. As propriedades de pasta das mesclas de FA com FBD devem ser vistas de forma conjunta, pois afetam a textura em pães sem glúten. No processamento de pão sem glúten com farinha de arroz detectou-se que para todas as análises a amostra controle (sem hidrocolóide) diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais. Observou-se que com o uso de 2% de CMC obteve-se o melhor resultado em relação ao conjunto de análises, e sensorialmente não foi detectada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras contendo hidrocolóides. Com o uso do hidrocolóide CMC e a substituição de FA por FBD, detectou-se que quanto maior a proporção de FBD, menor foi o volume específico e maior a dureza das amostras. No entanto, a amostra com 25% de FBD não diferiu significativamente em relação ao controle na dureza, mastigabilidade, coesividade e elasticidade da amostra. A incorporação de FBD nos pães

conferiu uma cor mais escura às amostras. A avaliação microbiológica da amostra com 25% de FBD resultou em um pão com vida útil de 07 dias. Esta mesma amostra obteve um índice de aceitabilidade de 80,3%, sendo considerado alto por ser um novo produto desenvolvido, onde na análise de intenção de compra apenas 2% dos provadores certamente não comprariam o produto. Mostrando que o uso de hidrocolóides e a adição de farinha de batata-doce a formulações de pão sem glúten, é uma opção para o público celíaco obter produtos com qualidade sensorial.

Palavras-chave: farinha de arroz, farinha de batata-doce, hidrocolóide, pão sem glúten, doença celíaca.

# DEVELOPMENT OF GLUTEN-FREE BREAD WITH RICE AND SWEET POTATO FLOUR

## ABSTRACT

Celiac disease (CD) is a permanent intolerance to gluten, characterized by atrophy of the small intestine and consequent malabsorption of nutrients. Treatment of DC consists in the introduction of a gluten-free diet permanently. The gluten-free bread is the product that celiacs would like to find more easily in the market, allowing wider distribution of products with low cost, and convenience. This research aimed to characterize the flours of rice and sweet potatoes flour, formulate gluten-free bread for celiacs, applying different hydrocolloids (carboxymethyl cellulose and xanthan gum) and verify the effect of substitution of rice flour (RF) for sweet potatoes flour (SPF) on technological and sensory quality of bread. First, it determined the chemical composition of flour performing moisture analysis, water activity, acidity, pH, lipids, protein, ash, dietary fiber, carbohydrates, amylose content, grain size and color. Were also made microbiological analysis (*Salmonella* sp., *Bacillus cereus*, coliforms, molds and yeasts). Starch paste property was determined for RF, and their mixtures (25% and 75% RF, 50% and 50% RF, 75% SPF and 25% RF). At the second stage, the processing of breads occurred using the hydrocolloids carboxymethylcellulose (CMC) and xanthan gum (XG) in a farinaceous-based rice flour to develop gluten-free bread. Then, it was found the best results in respect to texture (hardness, elasticity, cohesiveness and chewiness), color (of the crust and crumb) and specific volume. Thus, it was held the replacement of rice flour by sweet potato flour and assessed their effects on textural parameters, color and specific volume, such as the acceptability of using sweet potatoes flour in bread formulation without gluten. For the production of bread were used rice flour (100%), granulated sugar (12%), water (150%), albumin (10%), margarine (10%), dried yeast (6%), salt (2%) and different concentrations of CMC and XG (in the values of 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% and 2%). The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the averages compared by Tukey test ( $p < 0,05$ ). Yet, it was held microbiological analysis of the loaves and ordering preference test with consumers of bread. Flours differed significantly ( $p < 0,05$ ) according to  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  color coordinates. The sweet potato flour presented itself darker than the rice one. In the characterization were obtained the following standards: sweet potatoes flour (moisture 9,18%, 9,92% protein, lipid 1,72%, 1,51% ash, 3,77% fiber and carbohydrates 77,81 %) and rice flour (13,31% moisture, 10,34% protein, 1,41% lipid, ash 0,31%, fiber 0,76%, carbohydrates 75,03%). In the assessment of paste properties of the flours and their mixtures, it was observed that RF paste temperature (88,65°C) was superior compared to the other samples. The maximum viscosity decreased with the increase of SPF in the blend. The values of final viscosity and retrogradation tendency decreased as increased SPF content in the mix. The paste properties of the mixtures of RF and SPF should be seen in a joint manner because they affect the texture in gluten-free breads. In gluten-free bread with rice flour processing it was discovered that for all the analyzes the control sample (without hydrocolloid) differed significantly ( $p < 0,05$ ) of others. It was found that with the use of 2% of CMC, there was obtained best results in relation to the set of analyzes, and sensorially there was no significant difference ( $p < 0,05$ ) between samples containing hydrocolloids. With the use of hydrocolloid CMC and replacement of RF for SPF, it was found that the higher the ratio of SPF, the lower the specific volume and the higher the hardness of the samples. However, the sample with 25% SPF was not significantly different compared to control hardness, chewiness,

cohesiveness and elasticity sample. The addition of SPF in the breads gave a darker color to the samples. The microbiological evaluation of the sample with 25% SPF resulted in a bread with a shelf life of 07 days. This same sample achieved a 80,3% acceptance rate, considered high for being a new product developed,. The analysis of only 2% purchase intent of tasters certainly would not buy the product, showing that the use of hydrocolloids combined with the use of sweet potato flour in gluten-free bread formulations, is an option for celiac public to obtain Products with sensorial quality.

Keywords: rice flour, sweet potato flour, hydrocolloid, gluten-free bread, celiac disease.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>16</b>
<b>1</b> <b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b> <b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1</b> <b>Doença celíaca e seu tratamento</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2</b> <b>O glúten</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3</b> <b>Substitutos para farinhas que contém glúten</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4</b> <b>O pão</b> .....	<b>24</b>
2.4.1    Função dos ingredientes em produtos panificados.....	25
<b>2.5</b> <b>Função do amido na panificação</b> .....	<b>28</b>
<b>2.6</b> <b>A batata-doce e seus derivados</b> .....	<b>29</b>
2.6.1    Importância socioeconômica da batata-doce .....	29
2.6.2    Composição nutricional da batata-doce.....	30
<b>2.7</b> <b>O arroz e seus derivados</b> .....	<b>32</b>
<b>2.8</b> <b>Produtos panificados isentos de glúten</b> .....	<b>34</b>
<b>2.9</b> <b>Hidrocolóides</b> .....	<b>36</b>
2.9.1    Carboximetilcelulose (CMC).....	37
2.9.2    Goma xantana .....	37
2.9.3    Interações entre o amido e outros hidrocolóides.....	38
2.9.4    Interações entre os hidrocolóides .....	39
<b>2.10</b> <b>Análise sensorial</b> .....	<b>39</b>
2.10.1   Testes discriminativos .....	40
2.10.2   Testes afetivos.....	41
<b>3</b> <b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>
<b>4</b> <b>OBJETIVOS</b> .....	<b>59</b>
<b>4.1</b> <b>Objetivo geral</b> .....	<b>59</b>
<b>4.2</b> <b>Objetivos específicos</b> .....	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO 2 (Artigo Científico 1)</b> .....	<b>60</b>
<b>1</b> <b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>2</b> <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>63</b>
<b>2.1</b> <b>Materiais</b> .....	<b>63</b>
<b>2.2</b> <b>Processo de obtenção da farinha de batata-doce</b> .....	<b>63</b>

2.3	Parâmetros físico-químicos das farinhas de batata-doce e de arroz .....	65
2.4	Padronização da granulometria.....	65
2.5	Determinação de cor.....	66
2.6	Análise viscoamilográfica por rva (Rapid Visco Analyser) .....	66
2.7	Análises microbiológicas .....	67
2.8	Análise estatística .....	67
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
3.1	Caracterização físico-química das farinhas de batata-doce e de arroz .....	68
3.2	Padronização da granulometria.....	70
3.3	Cor das farinhas .....	71
3.4	Análise viscoamilográfica por RVA.....	72
3.5	Análises microbiológicas .....	76
4	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
5	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>
<b>CAPÍTULO 3 (Artigo Científico 2) .....</b>		<b>83</b>
1	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>84</b>
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>87</b>
2.1	<b>Materiais.....</b>	<b>87</b>
2.2	<b>Processamento dos pães .....</b>	<b>88</b>
2.3	<b>Análises realizadas nos pães.....</b>	<b>89</b>
2.3.1	Volume específico.....	89
2.3.2	Textura.....	89
2.3.3	Cor.....	90
2.3.4	Análises microbiológicas.....	90
2.3.5	Análise sensorial .....	90
2.4	<b>Análise estatística .....</b>	<b>92</b>
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>93</b>
3.1	<b>Pão com farinha de arroz e hidrocolóides .....</b>	<b>93</b>
3.1.1	Volume específico.....	93
3.1.2	Textura.....	94
3.1.3	Cor.....	96
3.1.4	Análise microbiológica.....	99
3.1.5	Análise sensorial dos pães elaborados com farinha de arroz.....	100
3.2	<b>Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce .....</b>	<b>101</b>

3.2.1	Volume específico.....	101
3.2.2	Textura.....	102
3.2.3	Cor.....	105
3.2.4	Análise microbiológica.....	108
3.2.5	Teste de aceitação.....	109
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>112</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>119</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Composição média de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca, batata inglesa e inhame	30
<b>Tabela 2.</b>	Mesclas das farinhas de batata-doce e de arroz	67
<b>Tabela 3.</b>	Valores médios e desvio padrão da composição centesimal das farinhas de batata-doce e arroz	68
<b>Tabela 4.</b>	Granulometria das farinhas de batata-doce e de arroz	70
<b>Tabela 5.</b>	Valores médios e desvio padrão das coordenadas L*, a* e b* de cor das farinhas de batata-doce e de arroz	71
<b>Tabela 6.</b>	Resultados da análise de RVA das farinhas de arroz (FA) e de batata-doce (FBD)	72
<b>Tabela 7.</b>	Análise microbiológica das farinhas de batata-doce e de arroz	76
<b>Tabela 8.</b>	Proporção dos ingredientes nas formulações de pão de arroz	87
<b>Tabela 9.</b>	Proporção de farinha de arroz (FA) e farinha de batata-doce (FBD) nas formulações de pão sem glúten	88
<b>Tabela 10.</b>	Média dos dados da análise de volume específico	93
<b>Tabela 11.</b>	Perfil textural dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz com diferentes hidrocolóides (goma xantana e carboximetilcelulose) e bem como suas interações	96
<b>Tabela 12.</b>	Cor dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz com diferentes hidrocolóides (goma xantana e carboximetilcelulose) e bem como suas interações	96
<b>Tabela 13.</b>	Análise microbiológica dos pães elaborados com farinha de arroz	99
<b>Tabela 14.</b>	Avaliação sensorial de preferência de pão sem glúten por ordenação para as amostras Sem goma (controle), FB, FC, FD, FE e FF	100
<b>Tabela 15.</b>	Média dos dados da análise de volume específico dos com farinha de arroz e farinha de batata-doce	101
<b>Tabela 16.</b>	Perfil textural dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz e farinha de batata-doce e bem como suas mesclas	104
<b>Tabela 17.</b>	Cor dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz e farinha de batata-doce e bem como suas mesclas	104
<b>Tabela 18.</b>	Análise microbiológica dos pães	108
<b>Tabela 19.</b>	Resultados médios (n = 128) e desvio padrão dos escores da avaliação da aceitabilidade sensorial do pão de mistura de farinhas (75% FA / 25% FBD)	109
<b>Tabela 20.</b>	Resultados intenção de compra para o pão avaliado	110

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Efeito do consumo de glúten na mucosa intestinal de um paciente celíaco. Fonte: CHILDREN'S BOSTON HOSPITAL, 2009 (Disponível em: <a href="http://www.youngmenshealthsite.org/gluten_free_diet.html">http://www.youngmenshealthsite.org/gluten_free_diet.html</a> )	19
<b>Figura 2.</b>	Fluxograma do processamento de farinha de batata-doce	65
<b>Figura 3.</b>	Representação gráfica do perfil viscoamilográfico das farinhas de arroz (FA) e de batata-doce (FBD)	74
<b>Figura 4.</b>	Efeito da aplicação de hidrocolóides no miolo dos pães elaborados com farinha de arroz	98
<b>Figura 5.</b>	Efeito da aplicação de hidrocolóides na crosta dos pães elaborados com farinha de arroz	99
<b>Figura 6.</b>	Comparativo no desenvolvimento geral dos pães entre as formulações de pão sem glúten com farinha de arroz e hidrocolóides	99
<b>Figura 7.</b>	Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce no miolo dos pães	107
<b>Figura 8.</b>	Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce na crosta dos pães	107
<b>Figura 9.</b>	Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce na modelagem geral dos pães.	108

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

A adesão e obediência à dieta isenta de glúten requer autodeterminação por parte da pessoa com doença celíaca, bem como de seus familiares. Um estudo de usuários registrados da Associação Celíaca Brasileira (ACELBRA) mostrou que 69,4% dos participantes aderiram a uma dieta isenta de glúten (ACELBRA, 2014; ARAÚJO; ARAÚJO, 2011). Atualmente, a adesão a uma dieta isenta de glúten é considerado como a primeira linha de terapia por portadores da celíaca doença, que tem sido comprovada para aliviar os sintomas na maioria dos casos e efetivamente prevenir complicações potenciais (RASHTAK; MURRAY, 2012).

A doença celíaca é uma intolerância alimentar, enfermidade do sistema imunológico que inviabiliza o metabolismo do glúten, termo empregado para especificar as prolaminas. As frações protéicas do glúten tóxicas ao paciente com doença celíaca são diferentes em cada um dos cereais: gliadina no trigo, hordeína na cevada, secalina no centeio. Caso o celíaco ingira esses alimentos, ele sofrerá consequências gastrintestinais e nutricionais, podendo ocorrer perda de peso e apresentar sintomas associados à deficiência de vitaminas e minerais (ALMEIDA, 2011). A prevalência dessa doença no Brasil é desconhecida, mas estima-se a existência de um portador da doença celíaca para cada 300 habitantes (ARAÚJO; ARAÚJO, 2011).

A quantidade de glúten tolerável varia entre as pessoas com doença celíaca. Embora não haja nenhuma evidência para sugerir um único limiar definitivo, a ingestão diária de glúten menor que 10 mg não deve causar alterações histológicas significativas (AKOBENG; THOMAS, 2008).

No Brasil para garantir a prática da dieta isenta de glúten foi promulgada a Lei 10.674, de 16 de maio de 2003, a qual determina que todos alimentos industrializados deverão conter em seu rótulo e bula, obrigatoriamente, as inscrições "contém Glúten" ou "não contém Glúten" (BRASIL, 2003). A pesquisa realizada por Araújo e Araújo (2011) mostrou que apenas 4,8% dos entrevistados lêem os rótulos às vezes ou raramente, e 95,2% lêem os rótulos frequentemente. O que mostra a preocupação dos celíacos com a veracidade das informações contidas nos rótulos dos produtos.

Estruturalmente o glúten é uma rede quaternária de proteínas formada pela adição de água e energia mecânica à farinha de trigo. Essa rede protéica tridimensional é quem confere as propriedades tecnológicas de escoamento e elasticidade, ou viscoelasticidade, à massa de pães (ALMEIDA, 2011).

O glúten com sua particular reologia tem-se mostrado como um grande desafio aos pesquisadores no desenvolvimento de produtos sem glúten. Esse engloba barreiras tecnológicas não exclusivas ao campo das matérias-primas, mas também no processamento e na vida útil. As expectativas dos consumidores para pão sem glúten são muito influenciados pelos atributos dos pães tradicionais, fazendo com que os pesquisadores e os fabricantes procurem tipos de farinhas alternativas para a farinha de trigo. No entanto, é difícil obter a qualidade desejada sem usar algum aditivo, tal como gomas, emulsificantes, ingredientes lácteos, ou fibra alimentar que tem a capacidade de imitar as propriedades viscoelásticas do glúten (DEMIRKESEN; SUMNU; SAHIN, 2013). Assim, diversos pesquisadores focados no uso destes ingredientes em produtos sem glúten proporcionam possibilidades de produtos melhores no mercado.

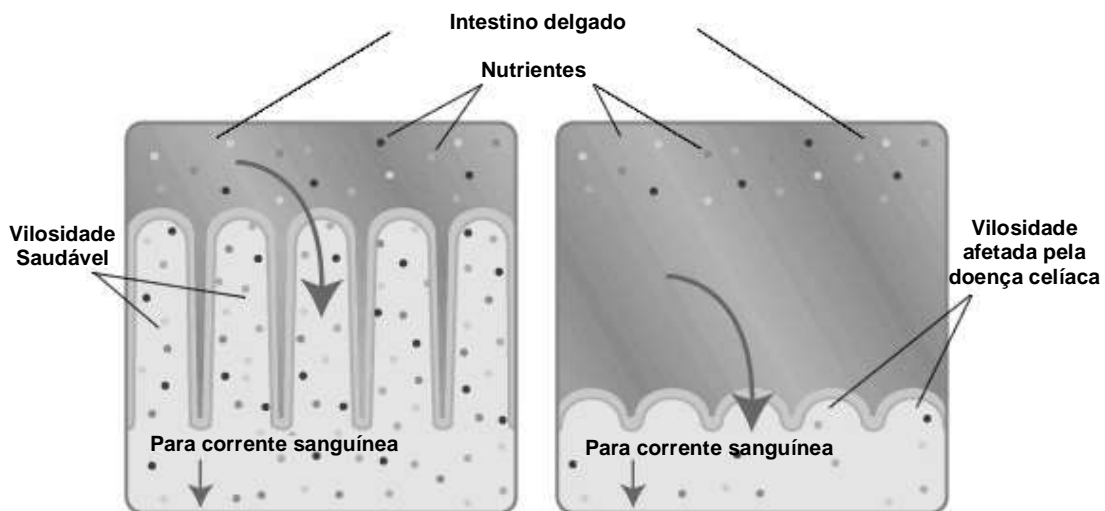
Como ingredientes substitutos da farinha de trigo Araújo e Araújo (2011) relatam em sua pesquisa que os mais estudados e utilizados são: farinha de arroz, amido de milho, amido de mandioca, farinha de soja, farinha de trigo sarraceno, amido de araruta e farinha de grão de bico.

Portanto, este trabalho tem como objetivo geral desenvolver e verificar a qualidade tecnológica, microbiológica e sensorial de pão isento de glúten elaborado com as farinhas de arroz e de batata-doce.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Doença celíaca e seu tratamento

A doença celíaca é uma enteropatia provocada pela ingestão de glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis. Representa uma das alterações genéticas mais comuns na população humana, com prevalência de 1-2% da população mundial (HUSBY et al., 2012; NUNES et al., 2009). O quadro clínico da doença celíaca é caracterizado por uma mucosa intestinal plana com a ausência de vilosidades normais, resultando numa má absorção generalizada de nutrientes, sendo este dano causado em pessoas susceptíveis que ingerem não apenas as proteínas do trigo, mas também as de alguns cereais como o centeio, a cevada, seus híbridos e derivados, assim como produtos alimentícios que os contenham. Durante a última década, estudos bioquímicos intensos têm contribuído para o progresso substancial na compreensão dos princípios gerais que determinam a patogênese desta doença (ALVARENGA et al., 2011; KORUS et al., 2009; WIESER; KOEHLER, 2008; WITCZAK et al., 2010). A Figura 1 apresenta um esquema simplificado do efeito da doença celíaca na mucosa intestinal.



**Figura 1.** Efeito do consumo de glúten na mucosa intestinal de um paciente celíaco.  
 FONTE: CHILDREN'S BOSTON GROUP, 2009.

O tratamento da doença celíaca é fundamentalmente dietético. Consiste na exclusão do glúten, termo utilizado para descrever frações protéicas encontradas no trigo, centeio, cevada, aveia e em seus derivados. Para garantir uma dieta isenta de glúten, o celíaco deve sempre conhecer os ingredientes que compõem as preparações alimentares e fazer leitura minuciosa

dos ingredientes listados nos rótulos de produtos industrializados (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003; RASHTAK; MURRAY, 2012; RIBOTTA et al., 2004; SAINSBURY; MULLAN; SHARPE, 2013).

De acordo com Sdepanian, Morais e Fagundes Neto (1999), para que ocorra a manifestação da doença celíaca, além do uso do glúten na dieta, é também necessária a interação com outros fatores tais como genéticos, imunológicos e ambientais.

A prevalência da doença celíaca é maior quanto mais próximos os familiares: 70% em gêmeos monozigóticos, 10% em parentes de primeiro grau e 2,5% em parentes de segundo grau, enquanto na população geral é de cerca de 1% (PEREIRA; PEREIRA FILHO, 2006).

De acordo com Protesi e Gandolfi (2005), é mais presente em mulheres, numa proporção de 2:1, e a anemia é um dos seus sintomas mais frequentes. É uma doença auto-imune que pode potencialmente afetar qualquer órgão, e não somente o trato gastroentérico, como previamente se supunha. A sua eclosão e o aparecimento dos primeiros sintomas podem ocorrer em qualquer idade. A forma clássica da doença, com sintomatologia diretamente atribuível à má-absorção, é presentemente observada numa minoria de pacientes. A ampla gama de possíveis sintomas varia consideravelmente entre indivíduos, inclusive no mesmo indivíduo em diferentes fases da doença, o que dificulta o diagnóstico. Se não tratada manifesta-se frequentemente de forma monossintomática, através de anemia, dermatite herpetiforme, que pode ser considerada a expressão dermatológica da doença, menarca tardia e menopausa precoce, infertilidade, abortos de repetição, hipertransaminasemia, depressão, sintomatologia neurológica progressiva, principalmente ataxia e epilepsia associadas a calcificações cerebrais, osteoporose e hipoplasia do esmalte dentário. Expressiva parcela de pacientes, principalmente os identificados em estudos de rastreamento, relata, antes do diagnóstico, um indefinível mal-estar geral, que aceitam como seu estado normal, apresentando nítida melhora após a instituição da dieta isenta de glúten.

A manifestação da doença geralmente surge no primeiro ano de vida, época em que o bebê começa a consumir produtos com glúten, como pães e biscoitos, mas também pode aparecer na adolescência e na fase adulta. Não se sabe por que a manifestação é tardia em alguns casos, o que se conhece é que a pessoa que tem predisposição à enfermidade produz anticorpos ao glúten assim que toma contato com o ingrediente. Os anticorpos agem no intestino delgado, atrofiando-o, e o órgão perde a capacidade de absorver nutrientes, o que conduz aos problemas decorrentes da doença (CASTELLÓN, 2001).

Os mecanismos pelos quais a fração gliadina, das proteínas do trigo, dá origem a essa doença ainda são desconhecidos. As hipóteses formuladas a respeito são várias, porém não há

verificação experimental concludente. Uma delas é a de que poderia haver uma insuficiência ou falta de certas enzimas intestinais, contudo, comparando-se pessoas saudáveis e enfermas, as diferenças enzimáticas não foram suficientemente expressivas para que a explicação pudesse ser aceita. Evidências experimentais levaram a concluir que o glúten não agride diretamente o epitélio da mucosa, mas que existe uma participação ativa do sistema imunológico no desenvolvimento da doença celíaca (CÁCERES; QUADRELLI; SALINAS, 1993).

O único tratamento eficaz para a doença celíaca consiste na supressão total e permanente das prolaminas presentes no trigo, centeio, cevada e aveia, visto que mesmo quantidades muito pequenas dessas proteínas podem desencadear o quadro clínico da doença. (CÁCERES; QUADRELLI; SALINAS, 1993).

De acordo com Rigatto (2002), quando o paciente não segue a dieta, mesmo que os sintomas não apareçam (dando a falsa sensação de ter adquirido alguma tolerância ao glúten), as vilosidades intestinais estarão sofrendo uma forte agressão.

Após a retirada do glúten da dieta a resposta clínica é rápida, havendo desaparecimento dos sintomas gastrintestinais dentro de dias ou semanas, observando-se notável aumento da velocidade de crescimento do celíaco depois de pouco tempo de dieta. Embora seguir uma dieta estritamente isenta de glúten a princípio possa parecer simples, na prática evidenciam-se uma série de dificuldades na manutenção desta dieta, não somente por parte do paciente, como também de seus familiares, pois consiste em uma mudança radical do hábito alimentar (SDEPANIAN; MORAIS; FAGUNDES NETO, 1999).

No Brasil, em virtude das dificuldades para garantir a prática da dieta isenta de glúten, foi promulgada, em 2003, a Lei Federal nº 10.674, que obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Assim, os portadores da doença celíaca podem identificar os alimentos que não devem consumir (BRASIL, 2003).

Para Korn (2010) uma dieta saudável, sem glúten, não precisa ser sem graça ou restritiva. É por isso que a autora escreveu em sua obra “Vivendo sem glúten” várias receitas trazendo alternativas para as dietas restritas ao glúten. De acordo com Canella-Rawls (2003), sabe-se que atualmente existem vários produtos desenvolvidos sem glúten. O desenvolvimento deve envolver um cuidadoso e exigente processo de seleção de matérias-primas sem glúten. Durante a fase de produção também deve ser executado um contínuo controle de qualidade de alto nível.

## 2.2 O glúten

O glúten é uma substância elástica, aderente, insolúvel em água, responsável pela estrutura dos produtos elaborados com farinha de trigo. Das proteínas totais do trigo, 15% correspondem a globulinas e albuminas (não formadoras de glúten) e 85% à gliadina (alta extensibilidade e baixa elasticidade) e à glutenina (baixa extensibilidade e alta elasticidade), que são formadoras de glúten. A quantidade total de proteínas existente no grão corresponde a um percentual que varia entre 8 a 21%. O entrelaçamento das proteínas, obtido pela mistura com água e pelo batimento da massa, resulta em uma rede elástica, responsável pela retenção dos gases formados no processo de fermentação de massas e no de liberação de vapor de água durante o processo de cocção, que dará o volume final e a textura característica dos produtos (ARAÚJO et al., 2010; ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004).

De acordo com Tedrus et al. (2001), a gliadina apresenta peso molecular médio de 40.000, cadeia simples e é extremamente gomosa quando hidratada. Possui pouca ou nenhuma resistência à extensão e é, portanto, responsável pela coesividade da massa. Sendo a glutenina formada por várias cadeias ligadas entre si, apresentando peso molecular médio que varia de 100.000 a vários milhões. É elástica, mas não coesiva e fornece à massa a propriedade de resistência à extensão.

A gliadina e a glutenina combinadas possuem a propriedade de formar com água e energia mecânica uma rede tridimensional viscoelástica, insolúvel em água: o glúten (BOBBIO, 1992).

O único cereal que apresenta gliadina e glutenina em quantidade adequada para formar o glúten é o trigo. No entanto, essas proteínas podem ainda estar presentes em outros cereais, como cevada (hordeína), centeio (secalina) e aveia (avenina) (ARAÚJO et al., 2010; ARENDT, et al., 2008).

A expressão "força de uma farinha" normalmente é utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha de sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também está associada à maior ou à menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras do glúten e à capacidade de retenção do gás carbônico, resultando num bom produto final de panificação, ou seja, pão de bom volume, de textura interna sedosa e de granulometria aberta. Uma farinha de trigo forte possui, em geral, maior capacidade de retenção de gás carbônico. Uma farinha fraca, por sua vez, apresenta deficiência nesta característica. A farinha de trigo é o único produto de cereal que, misturado com água em proporção adequada, possui a habilidade de formar massa viscoelástica, capaz de reter gases e

apresentar estrutura esponjosa quando aquecida no forno. Em panificação, a massa de trigo está sujeita à deformação em cada etapa do processo (FERRARI, 1998).

A gliadina e a glutenina são a base da utilização da farinha de trigo na preparação industrial ou doméstica de produtos de panificação e de massas. Isso se deve à funcionalidade dessas proteínas, que determinam características importantes na aceitação dos alimentos, afetando significativamente sua qualidade sensorial. Tais propriedades resultam da habilidade que apresentam com respeito ao desenvolvimento de características sensoriais, cinestésicas, de hidratação, estrutural, dentre outras (ARAÚJO et al., 2010). A farinha de trigo pode ser adicionada durante o processamento ou no preparo de alimentos na indústria, em domicílio ou nos serviços de alimentação. É comum a adição de trigo na produção de cafés instantâneos, achocolatados em pó, sorvetes, chicletes, sopas e papas enlatadas/desidratadas, embutidos cárneos, maioneses, molhos de tomate, mostardas, iogurtes, alimentos infantis. A presença de gliadina pode ainda ocorrer pela contaminação da farinha de trigo no ambiente, pelos utensílios, pelos manipuladores de alimentos que elaboram produtos com ou sem farinha de trigo (ARAÚJO et al., 2010; CASTRO et al., 2010; GISSLEN, 2011).

A maioria dos produtos comerciais e publicados na literatura envolve alimentos naturais isento ou com menos de 20 ppm de glúten (partes por milhão, ou seja, miligramas por quilo). Diversas empresas produzem produtos com base no amido do trigo para que os produtos denominados “sem glúten” possam suprir a necessidade daqueles indivíduos que sofrem de desarranjos ou alergias dietéticas devido ao glúten (CAUVAIN; YOUNG, 2009). Como alternativa para os celíacos existem produtos que, de acordo com Canella-Rawls (2003), fazem a substituição total da farinha de trigo por aquelas conhecidas como “gluten free”. Alguns exemplos são a farinha de amaranto, o amido de milho, a farinha de araruta, a farinha de arroz, farinha de grão-de-bico, farinha de milho, farinha de soja, fécula de batata, linhaça e tapioca. Racco (2008) fala que o glúten pode ser substituído por soja, farinha de soja, flocos de soja, farinhas de arroz, milho, mandioca, polvilho doce e azedo, fécula de batata, amido de milho, creme de arroz, araruta e quinoa.

### **2.3 Substitutos para farinhas que contém glúten**

O glúten, complexo protéico responsável pela qualidade de alimentos, principalmente dos produtos de panificação (SOUZA, 2001) deve ser eliminado das refeições dos portadores da doença celíaca e substituído por outras opções como farinha de arroz, amido de milho,

farinha de milho, fubá, farinha de mandioca, polvilho e fécula de batata (ACELBRA, 2014), além das farinhas de quinoa e de amaranto.

Quando uma farinha é considerada pobre em glúten, há alternativas para enriquecê-la com melhoradores, para favorecer as propriedades gastronômicas da referida proteína. Podem ser utilizados: ácido ascórbico, palmitato de ascorbila, bromato de potássio, persulfatos, tricoletto de nitrogênio. A legislação brasileira, porém, proíbe o uso de melhoradores não fisiológicos e recomenda o ácido ascórbico, que fortalece e confere maior elasticidade ao glúten, retendo gases liberados na fermentação (SOUZA, 2001). Entretanto, não havendo glúten, esses melhoradores não colaboram para a retenção de gases, o que dificulta ainda mais o preparo de alimentos para os celíacos.

Os grãos de cereais apresentam estrutura característica e diferenciada. Seus envoltórios e o amido presentes caracterizam seu comportamento não só sob a ação do calor, mas também sob a ação de outros agentes (SOUZA, 2001). Os cereais têm como base os carboidratos e as proteínas, que formam os constituintes principais do organismo vivo, além de serem a mais abundante e econômica fonte de energia para o homem (BOBBIO, 1992). De acordo com Bobbio (1992) as proporções de amilose e amilopectina são variáveis entre os amidos procedentes de diferentes espécies vegetais e, mesmo entre amidos provenientes da mesma espécie, variam de acordo com o grau de maturação das plantas. Amidos do trigo e do milho contêm relativamente grandes quantidades de amilose (26% a 30%). O arroz apresenta variação de 8% a 30% de amilose. Por sua vez, tubérculos como batata e mandioca contêm pequenas quantidades de amilose (17% a 23%) e grandes quantidades de amilopectina. Portanto, em substituição à farinha de trigo, recomenda-se o uso de produtos que contenham características de amido semelhantes, para se promoverem características funcionais semelhantes.

Essas proporções influenciam ainda na viscosidade e no poder de geleificação do amido. A amilose é a fração do amido que se apresenta mais viscosa, é solúvel em água e facilita a formação de géis em função da sua estrutura em forma helicoidal. A amilopectina se apresenta menos solúvel e não contribui para a formação de géis (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010).

A tecnologia da gelatinização do amido é de grande importância na indústria alimentícia, pois o aumento da solubilidade pelo processo de gelatinização é a base para a elaboração de alimentos amiláceos pré-preparados, como pudins, purê de batata, polenta entre outros. Em produtos como embutidos de carne, o amido é utilizado como estabilizante de emulsão, fato que pode prejudicar os portadores de doença celíaca, uma vez que a farinha de

trigo é frequentemente usada como fonte de amido para essas preparações (DAMODARAN; PARKIN, FENNEMA, 2010).

A fécula de batata, a araruta e o polvilho não se comportam da mesma forma que o amido de milho, a farinha de arroz e a farinha de trigo, os quais formam um gel moldável. Isso ocorre porque as primeiras contêm menor quantidade de amilose, que depois de cozida e resfriada, apresenta formação de um gel firme (SOUZA, 2001).

A farinha de arroz, por não conter glúten, é usada como substituto à farinha de trigo em alimentos destinados a portadores da doença celíaca e é amplamente utilizada em alimentos congelados, porque é resistente ao extravasamento do fluido do gel quando o amido da massa é congelado e descongelado (FREELAND-GRAVES, 1995). Ressalta-se que a farinha de arroz é considerada um subproduto do beneficiamento deste cereal, uma vez que os grãos quebrados têm pouca utilização industrial e que a possibilidade do uso desta farinha na produção de pães aumenta seu valor agregado (TEDRUS et al., 2001).

A farinha de milho contém uma proteína denominada zeína, que apresenta pequena capacidade de retenção de gás e também pode conferir elasticidade às preparações (FREELAND-GRAVES, 1995).

## 2.4 O pão

Define-se pão como sendo o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes. O produto pode ser classificado de acordo com os ingredientes e ou processo de fabricação e ou formato (BRASIL, 2000). Segundo Gray e Bemiller (2003) pão é uma espuma instável, elástica e sólida, que contém uma fase contínua composta, parte por uma rede de proteínas formadoras do glúten interligadas, e parte por moléculas poliméricas do amido principalmente amilose. Um pão de boa qualidade, além de se encaixar nas definições acima mencionadas, deve ser sensorialmente adequado ao consumo.

Grande parte dos produtos de panificação é composta por ingredientes que desempenham funções específicas no processo de formação da massa. Embora os constituintes possam variar em grau de importância no processo de fabricação, todos exercem

determinada função. Muitas vezes, a maior ou menor importância desses ingredientes está associada com a quantidade adicionada à massa e ao tipo de produto (BORGES et. al., 2006).

Os ingredientes básicos numa formulação de pão são: farinha, fermento biológico, sal e água. Se faltar qualquer um destes ingredientes, o produto não é pão (HOSENEY, 1991). Entretanto, outros componentes também podem ser adicionados tanto para mudar suas características tecnológicas, tais como melhorar o volume, a maciez, a incorporação de ar ou a durabilidade, como para conferir ao pão alguma outra característica desejada (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994).

#### 2.4.1 Função dos ingredientes em produtos panificados

A farinha de trigo é o produto obtido do endosperma amiláceo de grãos de trigo por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 1996).

A farinha de trigo é o componente estrutural mais importante dos pães, sendo responsável por fornecer as proteínas formadoras de glúten. Essas proteínas, ao se combinarem com a água, são hidratadas, gerando pontes de ligação entre elas e, mediante a batidura, formam a estrutura viscoelástica da rede de glúten (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994).

O sal, além de conferir e acentuar o sabor desejável de outros componentes apresenta também função estrutural, contribui para a fixação da água no glúten. Para os biscoitos doces, reduz-se sensivelmente o teor de sal das formulações, não somente em função do sabor, mas especialmente pela ação aglutinante deste sobre as proteínas formadoras do glúten, o que em excesso é indesejável (GRANOTEC DO BRASIL, 2015).

De acordo com Queiroz (2001), devido a sua propriedade higroscópica, o sal influencia na conservação do pão: em ambiente seco reduz o seu ressecamento e em ambiente úmido, favorece o amolecimento da crosta.

Por outro lado, o excesso de sal adicionado à formulação resultará em pães com baixo volume, crosta escura e sem abertura de pestana (GRANOTEC, 1998). A taxa normal de adição de sal é em torno de 2% do peso da farinha, mas se há presença de açúcar, e, em especial, de altos níveis de açúcar, o nível de sal pode ser reduzido para 1% (CAUVAIN; YOUNG, 2015).

As gorduras também tornam a massa mais macia, melhorando a textura do miolo e contribuindo para retardar o envelhecimento do pão, fazendo com que este fique macio e palatável por um período de tempo mais longo (PAVANELLI, 2000).

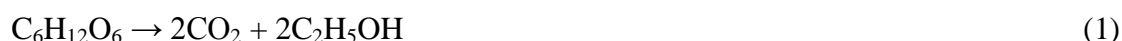
As gorduras atuam ainda sobre o sabor (principalmente as gorduras animais) e sobre o valor nutricional. Em massas para pão, é usada na concentração média de 3% sobre a farinha (PYLER, 1988). Porém, quantidades excessivas de gordura são prejudiciais, pois dificultam a hidratação e o desenvolvimento do glúten (GERMANI, 2003).

A principal atuação do açúcar é no processo de fermentação, onde o fermento transforma este em gás carbônico e álcool, conferindo ao pão seu volume. Outra função do açúcar é de proporcionar a cor dourada característica da crosta dos pães bem como de contribuir para o aroma e sabor do produto final (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994; HOSENEY, 1991).

As características como textura, aspecto do miolo e volume do pão feito com farinha mista podem ser favorecidas pelo aumento nas porcentagens de açúcar (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994).

A adição de pouco açúcar à massa resultará em um pão com crosta muito clara e pouco volume e o excesso, crosta escura, miolo pegajoso e baixa absorção de água (GRANOTEC, 1998).

Com relação ao fermento biológico, de acordo com Damodaran; Parkin, Fennema (2010), a levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada como fermento em panificação metaboliza açúcares como glicose, frutose, sacarose e maltose, sob condições anaeróbias, produzindo gás carbônico (CO<sub>2</sub>) necessário para o crescimento da massa e para a obtenção de compostos aromáticos característicos de produtos de panificação fermentados. A reação de fermentação é dada por (1):



Em relação à água, segundo Queiroz (2001) o uso de quantidade correta deste líquido é importante no preparo de pão, porém é difícil especificar sua quantidade por causa das variações na sua absorção pela farinha.

A água é também um ingrediente imprescindível na formação da massa. Ela hidrata as proteínas da farinha de trigo tornando possível a formação da rede de glúten. A água atua também como solvente e plastificante permitindo que, durante o processo de cozimento do pão, ocorra o fenômeno de gelatinização do amido (PAVANELLI, 2000; QUEIROZ, 2001).

As funções da água na panificação são possibilitar a formação do glúten, controlar a consistência e temperatura da massa, dissolver os sais, suspender e distribuir os ingredientes,

possibilitar a ação das enzimas e controlar a maciez e palatabilidade do pão (SCHIMIDEL et al., 2001).

Os emulsificantes possuem estrutura molecular composta por uma extremidade hidrofílica e outra hidrofóbica, proporciona a formação de micelas, composto que possui características polares e apolares simultaneamente, pelo envolvimento de gotículas do elemento lipofílico da mistura por moléculas do emulsificante e este envolvido pela substância hidrofílica, e assim sucessivamente, dispersando as substâncias por toda a mistura (GRANOTEC DO BRASIL, 2015).

Os emulsificantes utilizados em panificação tem a finalidade de retardar o envelhecimento dos pães, melhorar o manuseio e a força da massa, aumentar a tolerância ao tempo de descanso e de fermentação, entre outras características.

Os emulsificantes têm a capacidade de reduzir a tensão interfacial entre as fases que normalmente não se misturam (MATUDA et al., 2004). Nos biscoitos, os emulsificantes destinam-se à estabilização das massas, dando tolerância à fermentação nos processos do tipo cream cracker, além de conferir melhor textura a todos os tipos de biscoitos. Dentre os emulsificantes utilizados em produtos de panificação destacam-se a lecitina de soja, mono e diglicerídeos de ácidos graxos, éster de ácido tartárico diacetilado com mono e diglicerídeos e lactatos (GRANOTEC DO BRASIL, 2015).

As enzimas mais utilizadas são amilases e proteases. A enzima alfa-amilase atua sobre as moléculas de amilose e amilopectina quebrando-as em cadeias menores denominadas dextrinas. A betaamilase atua somente nas extremidades das cadeias de amilose e amilopectina, formando moléculas de maltose (MATUDA et al., 2004).

As proteases são enzimas que quebram ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas. Têm sido utilizadas em biscoitos para melhorar a flexibilidade das massas, tornando-as mais fáceis de laminar. Em geral, elas melhoram as características físicas das massas e do produto acabado.

Léon, Durán e Barber (2002) estudaram a influência de misturas de enzimas contendo alfa-amilase e lipase em formulações de pães ao longo do tempo e verificaram um efeito benéfico na manutenção das propriedades sensoriais e na firmeza do pão. A retrogradação do complexo amilopectina foi inibida pelo uso das enzimas.

Dentre os melhoradores de farinha, os agentes oxidantes são os produtos de maior importância na tecnologia de panificação. Eles atuam diretamente sobre a estrutura das proteínas do glúten, reforçando a rede de glúten através da formação de ligações dissulfídicas. Estas ligações formadas afetam a reologia da massa, aumentando a resistência à extensão e

diminuindo a extensibilidade. Como consequência direta da ação reforçadora dos oxidantes sobre o glúten, a capacidade de retenção de gases é aumentada, o que resulta em pães com maior volume. Os agentes oxidantes também aumentam o “oven-rise”, ou salto de forno, aumento rápido de volume que ocorre nos primeiros minutos após a massa entrar no forno (PAVANELLI, 2000).

O glúten com sua reologia ímpar tem-se mostrado como um grande desafio aos pesquisadores de pães sem glúten. Para tanto, vários estudos mostram a aplicação de farinhas sem glúten no desenvolvimento de pães sem glúten.

## **2.5 Função do amido na panificação**

O amido apresenta grande importância nutricional e industrial. Encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais, como carboidrato de reserva, sendo abundante em cereais, em raízes e tubérculos. É a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80-90% de todos os polissacarídeos da dieta, e o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005).

O amido é um polissacarídeo constituído de duas formas poliméricas de glicose: amilose, que é essencialmente linear, com ligações  $\alpha$  (1-4) e a amilopectina, uma molécula altamente ramificada, composta por unidades de glicose ligadas em  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6, sendo esta última a responsável pela ramificação da molécula (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL; 2009). As proporções em que essas estruturas aparecem diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e, mesmo numa mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

A amilopectina é, estrutural e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar o grânulo. Quanto à amilose, acredita-se que ela esteja localizada entre as cadeias da amilopectina e aleatoriamente entremeada entre as regiões amorfas e cristalinas. As moléculas de amilose maiores estão concentradas no centro do grânulo e, provavelmente, participam das duplas hélices com a amilopectina, enquanto as moléculas menores presentes na periferia podem ser lixiviadas para fora do grânulo. Apesar de seu limitado papel na formação de cristais, a amilose pode influenciar a organização das duplas hélices, interferindo na densidade de empacotamento das cadeias de amilopectina (TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

Nos pães e em outros produtos de panificação é muito importante compreender o comportamento do amido. Quando a farinha é moída, inevitavelmente uma proporção significativa de grânulos de amido é fisicamente danificada, rachada ou quebrada. Quando a massa é primeiramente misturada, esses grânulos de amido absorvem alguma água. Durante o fabrico do pão os estágios de amassadura e fermentação anteriores à cozedura dão tempo para que as  $\alpha$  e  $\beta$ -amilases, que estão presentes naturalmente na farinha, transformem uma pequena proporção do amido em maltose e outros açúcares. Estes são fermentados pelas leveduras que produzem  $\text{CO}_2$  na massa. Uma vez no forno os grânulos de amido gelatinizam e sofrem graus variados de disrupção e dispersão (COULTATE, 2002).

## 2.6 A batata-doce e seus derivados

### 2.6.1 Importância socioeconômica da batata-doce

A família das Convolvuláceas agrupa aproximadamente 50 gêneros e mais de 1000 espécies. Dentre estas espécies, somente a batata-doce (*Ipomea batatas L.*) tem cultivo de expressão econômica (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005). No Brasil, a área plantada com batata-doce em 2010 foi de 41.999 ha, com um rendimento médio de 11.846 kg/ha, colhendo aproximadamente 495.182 toneladas de raízes. O Rio Grande do Sul em 2010 foi o maior produtor de batata-doce, com uma produção de 154.071 toneladas, que representa aproximadamente 31% da produção nacional. A área colhida com batata-doce no Rio Grande do Sul foi de 12.576 ha, com um rendimento médio de 12.251 kg/ha, enquanto que em Goiás a área plantada e colhida foi de 35 ha, com um rendimento de 5.486 kg/ha (IBGE, 2015).

O cultivar é bem disseminado em todas as regiões brasileiras, apresenta certa relevância econômica e é uma hortaliça de ampla aceitação popular, cultivada na maioria das vezes por pequenos produtores rurais em sistemas agrícolas com reduzida utilização de insumos, sendo consumida principalmente assada ou cozida e industrializada na forma de doces (NEIVA et al., 2011).

A batata-doce apresenta as seguintes características: é resistente à seca, é de fácil cultivo; apresenta baixo custo de produção; permite colheita prolongada; apresenta resistência a pragas e doenças; é mecanizável e protetora do solo, sendo desta forma considerada rústica. Entretanto, quando comparada com o arroz, milho, banana e sorgo, e cultivada em regiões tropicais, é mais eficiente em termos de quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e por unidade de tempo. Isso ocorre porque a planta produz grande quantidade de

raízes em um ciclo relativamente curto (120 a 150 dias) a um custo baixo, durante o ano inteiro (CEREDA, 2002).

A comercialização da batata-doce como hortaliça exige um padrão de tamanho, e não aceita manchas e cicatrizes na casca. Assim sendo, as raízes maiores, com cicatrizes e manchas na casca poderiam ser utilizadas como matérias-primas na produção de produtos alimentícios diferenciados. Considerando que cerca de 20% da produção de raízes de batata-doce não são comercializadas devido à falta de padrão, têm-se em média, uma perda de 54.000 toneladas por ano (LEONEL; OLIVEIRA; FILHO, 2005).

### 2.6.2 Composição nutricional da batata-doce

A batata-doce é fonte de energia, conforme Tabela 1, minerais e vitaminas, apresenta composição química que varia com a cultivar, condições climáticas, época de colheita, tratos culturais, condições e duração de armazenamento. Ao ser colhida apresenta cerca de 30% de matéria seca que contém em média 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido. Comparada com outras estruturas vegetais amiláceas, possui maior teor de matéria seca, carboidratos, lipídeos, cálcio e fibras que a batata inglesa, mais carboidratos e lipídeos que o inhame, e mais proteína que a mandioca. Durante o armazenamento parte do amido se converte em açúcares solúveis, atingindo de 13,3 a 29,2% de amido e de 4,8 a 7,8% de açúcares totais redutores (MIRANDA et al., 1995).

**Tabela 1.** Composição média de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca, batata inglesa e inhame.

Componente	Unidade	Quantidade			
		Batata-doce	Mandioca	Batata inglesa	Inhame
Umidade (base úmida)	%	70	63	78	72
Carboidratos totais	g	26,1	32,4	18,5	23,1
Proteína	g	1,5	1,0	2,1	1,7
Lipídeos	g	0,3	0,3	0,1	0,2
Cálcio	mg	32	39	9	35
Fósforo	mg	39	41	50	65
Ferro	mg	0,7	1,1	0,8	1,2
Fibras digeríveis	g	3,9	4,4	2,1	4,0
Energia	kcal	111	141	80	103

Fonte: MIRANDA et al., 1995

Aliado ao suprimento de vitaminas principalmente as do grupo A e B, torna-se um importante complemento alimentar para famílias de baixa renda, quando se compara com a composição do arroz, que é a base alimentar dessa classe social (LUENGO et al., 2000).

O conteúdo de aminoácidos de farinha de batata-doce, segundo IWE et al. (2001) apresenta valores altos de ácido glutâmico, seguido de ácido aspártico, leucina e outros (prolina, arginina, lisina, valina etc).

A raiz tuberosa de batata-doce é um alimento à base de carboidratos sendo seu mais importante constituinte o amido. Os grânulos de amido de batata-doce podem apresentar os formatos arredondado, facetado e poliédrico, apresentando em sua maioria a última das formas mencionadas. O hilum é normalmente cêntrico, com as cruzes de polarização variando de fortes, nos grânulos redondos, para fracas, nos grânulos poliédricos. O amido de batata-doce apresenta excelentes propriedades adesivas, podendo também ser utilizado como substrato para a produção de álcool e de outros produtos industriais fermentados (AMANTE, 2003).

O amido da batata-doce pode apresentar valores de 15,7 a 21,6% de amilose (NODA et al., 2003), ou 18% de amilose (GALLANT et al., 1982). Quanto à estrutura cristalina, os tubérculos como a batata-doce apresentam amido com estrutura tipo B. O conteúdo de amilose e amilopectina e suas estruturas afetam a arquitetura do grânulo de amido, sua gelatinização, perfil de pasta e atributos texturais (THOMAS; ATWELL, 1997).

#### 2.6.2.1 Utilização da batata-doce

A baixa lucratividade da batata-doce acabou por evidenciar a necessidade da busca de outros caminhos mais atrativos para exploração da cultura. Apesar de apresentar um excelente potencial, com multiplicidade de uso, poucos estudos foram efetivamente realizados. Dentre as várias possibilidades de uso da cultura, pode-se destacar a produção de farinha (SANTOS, 2012; ALVES et al., 2012).

A produção de farinhas apresenta grande variabilidade para a indústria de alimentos, principalmente em produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis, por serem rica fonte de amido e sais minerais (CARVALHO et. al., 2005).

As mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos que apresentem, além da alta qualidade sensorial e nutricional, benefícios associados à saúde, fazem surgir à necessidade de novos ingredientes que possam atender a estas exigências do mercado (IDRIS et al., 1996).

A produção de farinha de batata-doce é uma importante alternativa para a valorização da cultura, pois se trata de um processo de baixo custo e, que sendo um produto diferenciado, poderá atender a um mercado crescente de produtos naturais e para fins especiais (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

De acordo com estudos de SAMMY (1970), a incorporação de farinha de batata-doce em pães provocou algumas mudanças na cor das amostras, com escurecimento gradual à medida que se elevou o grau de substituição. A casca do pão e sua parte interna apresentaram aspecto quebradiço, que se acentua com o maior teor de farinha de batata-doce. O volume específico dos pães diminuiu com o nível de substituição, bem como a compressibilidade e a extensibilidade.

## 2.7 O arroz e seus derivados

O arroz é uma planta monocotiledônea da família *Poaceae* e espécie *Oryza sativa*, que se desdobra em duas subespécies, denominadas *communis* e *brevis*. A subespécie *brevis* compreende variedades de grãos muito curtos, cultivadas no Oriente. A subespécie *communis* compreende, por sua vez, dois grupos distintos: indico, com grãos longos, e japonico, com grãos curtos (VIEIRA; SANTOS; SANTANA, 1999).

O Brasil é o maior produtor fora da Ásia, obtendo para a safra em 2012/2013 aproximadamente 11,9 milhões de toneladas de arroz (CONAB, 2015). O arroz é um alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas. Apenas uma pequena quantidade de arroz é consumida como ingrediente em produtos processados, sendo seu maior consumo na forma de grão. O arroz é uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, e possui baixo teor de lipídios. Nos países em desenvolvimento, onde o arroz é um dos principais alimentos da dieta, ele é responsável por fornecer, em média, 715 kcal per capita por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios da alimentação. No Brasil, o consumo per capita é de 108 g por dia, fornecendo 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídios da dieta. Portanto, devido à importância do arroz na dieta de grande parte da população, sua qualidade nutricional afeta diretamente a saúde humana (KENNEDY; BURLINGAME; NGUYEN, 2002; SILVA, 2007).

O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento (CARDOSO, 2003), produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas,

lipídios, fibra, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (WALTER; MARCHEZAN, AVILA, 2008).

O amido é formado basicamente por dois tipos de macromoléculas, a amilose e a amilopectina, e apresenta-se na forma de grânulos, com formas bastante distintas. O amido deve muito de sua funcionalidade a estas duas macromoléculas, assim como à organização física delas dentro da estrutura granular. A proporção entre amilose e amilopectina é variável com a fonte botânica, a qual confere características específicas à pasta de amido (CEREDA, 2002). O amido total presente em farinhas de arroz se divide em disponível e resistente, sendo que o amido resistente é representado pela fração não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentado no intestino grosso e suas propriedades são similares às da fibra alimentar. Possui efeito prebiótico e atua no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e o risco de colite ulcerativa e câncer de cólon (HELBIG et al., 2007; SHAMAI; BIANCO-PELED; SHIMONI, 2003).

O amido de arroz não possui um volume de produção expressiva, no entanto, suas características especiais deveriam ser mais bem exploradas. O pequeno tamanho dos grânulos confere uma textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando; não é um produto alergênico, podendo ser consumido por portadores de doença celíaca como substituto do trigo na elaboração de produtos sem glúten (NABESHIMA; EL-DASH, 2004; POLANCO et al., 1995).

A farinha de arroz pode ser obtida através da moagem dos grãos polidos inteiros ou dos quebrados obtidos do processo de beneficiamento industrial do arroz. A moagem consiste no cisalhamento dos grãos em rolos raiados, para lhes reduzir a granulometrias menores do que 250  $\mu\text{m}$ . Através do peneiramento há remoção de partículas com granulometrias maiores, garantindo um produto dentro dos padrões tecnológicos, com redução e/ou eliminações de sujidades ou focos de contaminação microscópica. A farinha de arroz deve ter diâmetro inferior a 195 $\mu\text{m}$  para apresentar boas propriedades para panificação (CARDOSO, 2003; ELIAS; FRANCO, 2006).

A farinha de arroz é um produto versátil, pois tem gosto suave, apresenta propriedades hipoalergênicas, baixos níveis de sódio e carboidratos de fácil digestão e por isso é uma das mais indicadas para produzir produtos sem glúten (SIVARAMAKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004). No entanto, cereais sem glúten, como o arroz, não preenchem as necessidades indispensáveis para processar produtos fermentados panificáveis, pois, quando a farinha de arroz é amassada com água, não ocorre a formação de uma massa

viscoelástica que retém o CO<sub>2</sub> formado durante a fermentação e, conseqüentemente, o produto resultante tem baixo volume específico e apresenta características muito distintas do pão de trigo.

Para melhorar a qualidade de pães com farinha de arroz, alguns ingredientes tais como amido modificado (CLERICI; EL-DASH, 2006), hidrocolóides (LAZARIDOU et al., 2007; SIVARAMAKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004), outras fontes de proteína (BONET; BLASZCZAK; ROSELL, 2006; MARCO et al., 2008; MARCO; ROSELL, 2008a,b) e enzimas (CABALLERO; GÓMEZ; ROSELL, 2007; GUJRAL e ROSELL, 2004; MARCO; ROSELL, 2008a,b; MOORE et al., 2006; RENZETTI; BELLO; ARENTDT, 2008) têm sido usados.

O desenvolvimento de farinhas que tenham melhores propriedades funcionais para poderem ser aplicadas em produtos e formulações, ou que possam ser moldadas para alimentos de conveniência, ou para fins especiais tem sido objetivo de estudo de diversos pesquisadores (ARAÚJO; ARAÚJO, 2011; DORS; CASTIGLIONI; AUGUSTO-RUIZ, 2006).

Desta forma, podem ser obtidos vários novos produtos ou ingredientes a partir dos grãos quebrados e da farinha de arroz como: farinhas pré-gelatinizadas (BECKER, 2010; GUIMARÃES; CALIARI; SOARES JÚNIOR, 2014), farinhas torradas (TAVARES et al., 2012), farinhas modificadas por enzimas e farinhas lácteas (FERREIRA, 2012), farinhas mistas pré-gelatinizadas e macarrão (MOURA, 2011), salgadinhos extrusados (MOURA, 2011; SOARES JUNIOR et al., 2011), extratos hidrossolúveis (CARVALHO et al., 2011; SOARES JUNIOR et al., 2010) e filmes biodegradáveis para embalagem de alimentos (SOUSA; SOARES JUNIOR; YAMASHITA, 2013), sobremesas instantâneas (GUIMARÃES, 2012), bolos (SOUZA et al., 2013), biscoitos, pães, entre outros.

## **2.8 Produtos panificados isentos de glúten**

Recentemente o mercado de produto sem glúten passou por uma transformação do conceito de produtos para pessoas “doentes” para a categoria de Saúde e Bem-estar, sendo uma das histórias de sucesso no mercado global alimentício. Em âmbito global, este mercado cresceu de US\$ 487 milhões em 2002 para US\$ 1,2 bilhões em 2007. A categoria de produtos sem glúten representa um quinto do mercado mundial de produtos para consumidores com intolerâncias, que também engloba alimentos sem lactose, com 60%, e alimentos para

diabéticos com o restante. Quando se observa o mercado de produtos de panificação para fins especiais, os produtos sem glúten somam 70% das vendas (HUDSON, 2009).

A formulação de produtos panificados livres de glúten apresenta um desafio aos tecnologistas e padeiros. Isso reflete na dificuldade do desafio tecnológico e na falta de informação às pessoas que necessitam desses produtos. Nos últimos anos, foram realizadas várias pesquisas e desenvolvimentos mais significativos em produtos livres de glúten, utilizando amidos, produtos de laticínio, gomas e hidrocolóides, probióticos e outras combinações como alternativas ao glúten, a fim de melhorar a estrutura, paladar, aceitabilidade e vida de prateleira dos produtos (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003).

Algumas opções como farinha de arroz, creme de arroz, amido de milho, farinha de milho, fubá, farinha de mandioca, polvilho doce, polvilho azedo e fécula de batata são utilizadas na fabricação de produtos de panificação sem glúten. Entretanto, essa substituição provoca mudanças sensoriais nos alimentos, modificando seu sabor, textura, hidratação e aparência (ALMEIDA, 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). 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 (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010; BRESHEARS; CROWE, 2013; CAPRILES; ARÊAS, 2011; CROCKETT; IE; VODOVOTZ, 2011a; PURHAGEN; SJÖÖ; ELIASSON, 2012).

O maior problema da substituição dos cereais que contêm glúten por outras matérias-primas que não o contêm é o fato de que este apresenta algumas propriedades tecnológicas que conferem qualidade aos produtos, como elasticidade, coesividade e hidratação, além de contribuir para o aumento do rendimento (BORGES et al., 2003).

Do ponto de vista industrial, não é apenas a aceitação dos pães sem glúten, que é o problema, mas também tem sido demonstrado que os pães sem glúten têm vida útil mais curta e menos saborosos quando comparados com pães contendo glúten. Isto resulta em ausência de pão sem glúten fresco nos supermercados (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003).

Segundo Anton; Artfield (2008) há ainda uma necessidade de encontrar substâncias que poderiam melhorar a qualidade de pães sem glúten. Formulações de pão sem glúten com amidos, hidrocolóides, e/ou fontes de proteína têm sido investigados há mais de 40 anos.

A fim de retardar o endurecimento e, assim, melhorar a vida de prateleira do pão sem glúten pode-se aplicar gomas, emulsificantes, enzimas, ou produtos lácteos para dar a estrutura desejada, isoladamente ou em diferentes combinações (CROCKETT; IE; VODOVOTZ, 2011 b; GAMBÚS; SIKORA; ZIOBRO, 2007; LAZARIDOU et al., 2007; PADALINO et al., 2013; SANCHEZ; OSELLA; de La TORRE, 2002; SCIARINI et al., 2012).

## 2.9 Hidrocolóides

A Resolução RDC n° 45 de 03 de novembro de 2010 aprovou o Regulamento Técnico sobre aditivos alimentares autorizados segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF), no qual a goma xantana e guar estão inseridas (BRASIL, 2010). A Resolução n.º 383 de 09 de agosto de 1999 aprovou o Regulamento Técnico sobre o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 – produtos de panificação e biscoitos, sendo que nela os espessantes utilizados para pães com fermento biológico estabelece como limite máximo quantun satis (BRASIL, 1999).

A grande maioria das aplicações de hidrocolóides na indústria alimentar está associada à sua capacidade hidrofílica, ou seja, interagem significativamente com a água que se encontra livre no meio onde se aplicam, reduzindo a sua mobilidade e aumentando assim a viscosidade das soluções (MILLER; HOSENEY, 1993; MORRIS, 1990).

Os hidrocolóides são amplamente utilizados como estabilizantes de emulsões, agentes de absorção de água, espessantes e gelificantes. Geralmente, são usados em pequenas concentrações e, em geral, não contribuem para o sabor, aroma ou valor nutricional dos alimentos (CUBERO; MONFERRER; VILLALTA, 2002; IMENSON, 2010; PHILLIPS; WILLIAMS, 2009).

Os hidrocolóides aumentam a viscosidade da massa, melhorando a capacidade de retenção de gás e gerando produtos com maior volume e miolos com melhores características estruturais e de textura (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004). Vários hidrocolóides como hidroxipropilmetilcelulose, carboximetilcelulose, gomas locuste, guar e xantana, pectina,  $\beta$ -glucana, estão sendo investigadas visando a melhoria das propriedades dos pães sem glúten (DEMIRKESEN et al., 2010; GALLAGHER, GORMLEY; ARENDT, 2003; GAMBUS, SIKORA; ZIOBRO, 2007; LAZARIDOU et al., 2007; MCCARTHY et al., 2005; SÁNCHEZ, OSELLA; DE LA TORRE, 2002; SCHOBER et al., 2005;). No geral, os

hidrocolóides são adicionados em níveis que variaram de 1 a 4% (base farinha) e os melhores resultados em termos de volume e textura foram obtidos pela incorporação de 1 a 2%. Os resultados são variáveis em função da formulação e das condições de processamento.

Em geral, a escolha de um hidrocolóide é feita em função das características desejadas no produto final, mas é também influenciada pelo fator custo e regularidade no fornecimento (PHILLIPS; WILLIAMS, 2009).

### 2.9.1 Carboximetilcelulose (CMC)

A substituição química de algumas hidroxilas da celulose por metilas leva à formação da metilcelulose, e a substituição por grupos carboxílicos leva à formação da carboximetilcelulose (CMC), compostos de fácil dissolução e com grande capacidade espessante e estabilizante (PHILLIPS; WILLIAMS, 2009). A presença de substituintes com grupos  $-\text{CH}_2\text{-COOH}$  na cadeia de celulose produz afastamento das cadeias poliméricas e permite maior penetração de água, conferindo a CMC solubilidade em água a frio (RHOR, 2007). Além disso, soluções com CMC tendem a ser altamente viscosas e estáveis, mas, a viscosidade diminui durante o aquecimento (SELOMULYO; ZHOU, 2007). A CMC é usada em produtos de panificação, principalmente porque a água melhora o sabor do produto, controla as propriedades reológicas das massas à base de cereais, melhora o volume e diminui a formação de cristais de gelo (GIMENO; MORARU; KOKINI, 2004).

### 2.9.2 Goma xantana

A goma xantana é um polissacárido extracelular secretado pela bactéria *Xanthomonas campestris* na superfície da parede celular durante o seu ciclo de vida normal. Na natureza estas bactérias encontram-se nas folhas dos vegetais *Brassica*, como o repolho. Comercialmente, a goma xantana é produzida via fermentação aeróbica, num meio contendo glicose, uma fonte de azoto e vários elementos traço. No final da fermentação o caldo é pasteurizado para matar a bactéria e a goma xantana é recuperada pela precipitação com álcool isopropílico. Finalmente, o produto é moído, seco e embalado (PHILLIPS; WILLIAMS, 2009; ROCHEFORT; MIDDLEMAN, 1987).

A goma xantana é bastante utilizada como estabilizante para alimentos, como cremes, sucos artificiais, molhos para saladas, carne, frango ou peixe, assim como para xaropes e coberturas para sorvetes e sobremesas. Ainda apresenta compatibilidade com a maioria dos colóides usados em alimentos, incluindo o amido, fato que a torna ideal para a preparação de

pães e outros produtos para panificação (LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009; FARIA et al. 2011).

### 2.9.3 Interações entre o amido e outros hidrocolóides

Como já mencionado, o amido é constituído de dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina. Estes polímeros estão presentes nos grânulos na forma associada. Após a gelatinização do amido, durante o resfriamento, inicia-se um processo onde as moléculas de amilose auto associam-se, e formam um gel. Esse processo é denominado retrogradação do amido (COULTATE, 2002).

Os hidrocolóides são muitas vezes utilizados nas formulações de pães como uma estratégia para melhorar as propriedades tecnológicas das massas e a qualidade final do pão. A adição dos hidrocolóides tem demonstrado que estes afetam o comportamento reológico da massa e o endurecimento do pão (GUARDA, et al., 2004). A gelatinização do amido na presença de diferentes hidrocolóides influencia a viscosidade da pasta de amido quente. Este comportamento tem sido explicado em termos da formação de complexos entre os polímeros de amido (amilose e amilopectina) e os hidrocolóides durante a gelatinização (RODGE et al., 2012).

O endurecimento refere-se a todas as alterações físico-químicas que ocorrem nos alimentos após o cozimento, tornando o produto menos aceitável para o consumidor (KOKSEL, 2009). O endurecimento do pão é considerado um processo muito complexo, que não pode ser explicado por uma única causa. A retrogradação do amido, reorganização dos polímeros no interior da região amorfa, perda do conteúdo de umidade, distribuição de água entre a zona amorfa e a cristalina e a estrutura macroscópica do miolo devem contribuir para o processo de endurecimento (GUARDA et al., 2004).

O fenômeno do endurecimento ainda não é completamente compreendido, embora muitos investigadores concordem que a retrogradação do amido é o fator mais importante que promove o aumento da firmeza do miolo. Investigadores que avaliaram o efeito da adição de diferentes hidrocolóides (carragenato, alginato, xantana, carboximetilcelulose e gelatina) no comportamento de endurecimento do miolo à base de farinhas isentas de glúten, mostraram que a goma xantana reduziu a firmeza do miolo nos diferentes tempos de armazenamento (0, 24 e 72 horas) (SCIARINI et al., 2010). Em contraste, outro estudo verificou que o pão contendo xantana mostrou o maior valor da firmeza em comparação com os outros hidrocolóides após 24 h de armazenamento (GUARDA et al., 2004). Os variados ingredientes que constituem as formulações dos pães promovem diversos efeitos sobre o endurecimento.

Sendo o pão um alimento complexo, onde todos os ingredientes interagem uns com os outros, é difícil estimar os efeitos específicos dos hidrocolóides no processo de endurecimento do pão.

#### 2.9.4 Interações entre os hidrocolóides

Bortolotto (2009), em seu estudo sobre o comportamento da viscosidade de sistemas de carboximetilcelulose de sódio e diferentes componentes nos produtos para indústria alimentícia, encontrou um resultado satisfatório com alguns tipos de gomas que chegaram a viscosidade desejada para os produtos testados. O estudo mostra que a interação da CMC com a goma xantana depende do percentual utilizado dessas duas gomas. Tanto CMC quanto goma xantana são polímeros de cadeia molecular longa, os dois polímeros são facilmente dissolvidos em água.

A goma xantana é frequentemente usada em combinação com outros hidrocolóides, inclusive com CMC a fim de se obter o comportamento desejado para os produtos. A sua estrutura ramificada e o alto peso molecular confere à goma xantana uma alta viscosidade. O sinergismo entre esses dois hidrocolóides é de especial interesse comercial, por possibilitarem uma nova funcionalidade, além de possibilitar reduzir as quantidades utilizadas, diminuindo custos. A força do gel está correlacionada com o fenômeno de retrogradação, isto é, quanto maior a força, maior a retrogradação (KATZBAUER, 1998).

### 2.10 Análise sensorial

As indústrias de alimentos têm buscado identificar e atender os anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado importante ferramenta neste processo, envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial, nas várias etapas de seu processo de fabricação. É uma ciência que objetiva estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição. Ou seja, a análise sensorial é uma metodologia para analisar, medir e interpretar as reações geradas pelas características sensoriais dos produtos, utilizando os órgãos de sentido humano como instrumento de análise (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006; MINIM, 2006; VACLAVIK; CHRISTIAN, 2007).

O objetivo final a que se propõe o desenvolvimento e a inovação de um produto e a escolha de sua estratégia de marketing é a aceitação por parte do consumidor. De acordo com Bourne (2002) o sabor é o atributo mais apreciado em um alimento e a textura o principal fator para rejeitá-lo.

A NBR 12994 classifica os métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas em discriminativos, descritivos e subjetivos. Os discriminativos estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre as amostras e incluem os testes de diferença e sensibilidade. Nos testes descritivos, as amostras são descritas qualitativamente e quantitativamente. E os métodos subjetivos ou afetivos são utilizados para expressar a opinião pessoal do julgador (ABNT, 1993).

#### 2.10.1 Testes discriminativos

Os testes discriminativos são chamados também de testes de diferença. O conceito segundo a NBR é “métodos que estabelecem diferenciação qualitativa e/ou quantitativa entre amostras” (NBR, 12994, 1993, p.1). São utilizados no controle de qualidade, desenvolvimento de produtos e para testar a sensibilidade dos provadores. As amostras devem ser codificadas, com números aleatórios de três dígitos e apresentadas a uma equipe de julgadores pré-selecionados e treinados. Nesses testes o pesquisador necessita ter o controle sobre o ambiente de análise, controlando a iluminação, temperatura, ruídos e odores. Os julgadores devem ficar em cabines individuais. Os testes são subdivididos: em teste de comparação pareada, teste duo-trio, teste triangular, teste de ordenação e teste por comparação múltipla. A análise estatística baseia-se nas frequências e proporções de respostas certas e erradas (CHAVES, 1998; TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

O teste de ordenação (ABNT, 1994) é um teste de diferença e consiste em ordenar uma série de três ou mais amostras apresentadas simultaneamente para ordenação de acordo com a intensidade de um atributo ou preferência. Cada julgador examina as amostras codificadas e faz a ordenação em ordem crescente ou decrescente do atributo avaliado ou da preferência global. A análise dos resultados deve ser feita pelo teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newell e MacFarlane. As diferenças entre as somas das ordens, superiores ou iguais ao valor crítico indicam que existe diferença entre as amostras ao nível observado.

O teste de ordenação avalia três ou mais amostras, simultaneamente, não quantificam o grau da diferença ou preferência entre amostras (IAL, 2005).

### 2.10.2 Testes afetivos

Segundo a NBR, os testes afetivos são “métodos que expressam opinião pessoal do julgador” (NBR 12994, 1993, p.2). Eles medem a aceitação e/ou a preferência de um produto ou em relação a outros, baseando-se nas sensações geradas pelo consumo do alimento. É possível analisar mais de uma característica do alimento ou preparação. Por avaliarem a opinião do julgador, são considerados testes subjetivos e são os que apresentam maior variabilidade nos resultados (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2003; MINIM, 2013; MORAES, 1988; TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987). Para este tipo de teste os julgadores não precisam ser treinados, necessitam apenas ser consumidores habituais do produto ou potenciais. Devido a esta característica, são conhecidos também como testes de consumidores. Vale a pena ressaltar que nem sempre o alimento mais preferido é também o mais consumido, pois o consumo é influenciado por fatores como preço, disponibilidade entre outros (CHAVES, 2001; MINIM, 2013). Os locais de aplicação destes testes podem ser: laboratórios de análise sensorial, ambientes centrais (shoppings, restaurantes, escolas, hospitais, dentre outros) ou ambientes domiciliares. Eles são utilizados para avaliar a manutenção da qualidade dos produtos, a possibilidade de otimização dos processos, o desenvolvimento de novos produtos e também modificações nos processos. Os testes afetivos podem ser classificados em testes de preferência ou testes de aceitação, e pode-se aproveitar para se realizar a intenção de compra do produto pelos provadores (CHAVES; SPROSSER, 2001; MINIM, 2013).

Nestes testes, é utilizada a escala hedônica (verbal, numérica e bipolar) e escala de atitude (verbal e bipolar), respectivamente. A escala hedônica expressa o quanto o provador gostou ou desgostou da amostra em avaliação. Este tipo de escala que pode variar de 5 a 9 pontos, categoriza a preferência do consumidor em respostas baseadas em gostar e desgostar. Esta análise não requer treinamento, uma vez que expressa a opinião individual do consumidor. O teste de aceitação com o uso da escala hedônica, o indivíduo expressa a sensação percebida de forma globalizada ou em relação a um atributo específico. É importante que as escalas possuam número balanceado de categorias e um ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei”. As amostras codificadas com algarismos de três dígitos aleatorizadas são apresentadas ao provador para avaliar o quanto gosta ou desgosta de cada uma delas (IAL, 2005; QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

Já o teste de intenção de compra permite conhecer a intenção de consumo de determinado produto. A análise se refere ao produto como um todo, e não a uma característica

específica, visando que o indivíduo responda com base na sua primeira impressão (QUEIROZ; TREPTOW, 2006).

### 3 REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12994**. Métodos de Análise sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1993, 2p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13170**. Teste de ordenação em análise sensorial. Rio de Janeiro, 1994.

ACELBRA - Associação Brasileira de Celíacos. Disponível em: <<http://www.acebra.com.br>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

AKOBENG, A. K.; THOMAS, A. G. Systematic review: tolerable amount of gluten for people with coeliac disease. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, Malden, v. 27, n. 11, p. 1044–1052, 2008.

ALMEIDA, O. P. **Pão de forma sem glúten a base de farinha de arroz**. 2011. 289 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

ALVARENGA, N. B., LIDON, F. C., BELGA, E., MOTRENA, P., GUERREIRO, S., CARVALHO, M. J. Characterization of Gluten-free Bread Prepared From Maize, Rice and Tapioca Flours using the Hydrocolloid Seaweed Agar-Agar. **Recent Research in Science and Technology**, Canadá, v. 3, n. 8, p. 64-68, 2011.

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal Xours in gluten-free bread formulations. **Eur Food Res Technol**, New York, v. 230, p. 437–445, 2010.

ALVES, R. M. V., ITO, D., CARVALHO, J. L. V., MELO, W. F., GODOY, R. L. O. Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 59-71, jan./mar. 2012.

AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 2003. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ANTON, A. A., ARTIFIELD, S. D. Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Abingdon, v. 59, n. 1, p. 11-23, 2008.

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C. Coeliac disease. Following the diet and eating habits of participating individuals in the Federal District, Brazil. **Appetite**, London, v. 57, p. 105–109, 2011.

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca: hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 33, n. 3, p. 467-474, 2010.

ARENDDT, E.K., MORRISEY, A., MOORE, M.M., BELLO, F.D. Gluten-free Breads. In: \_\_\_\_\_. **Gluten-free Cereal Products and Beverages**. Academic press, 2008. cap. 13, p. 289 - 311.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S.; WASZCZYNSKYJ N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil Alimentos (Online)**, São Paulo, n. 18, jan./fev. 2003.

BECKER, F. S. **Caracterização de farinhas cruas e extrusadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz**. 2010. 76 f. Dissertação - (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química de Processamento de Alimentos**. 3. ed., São Paulo: Varela, 1992. 232 p.

BONET, A.; BLASZCZAK, W.; ROSELL, C. M. Formation of homopolymers and heteropolymers between wheat flour and several protein sources by transglutaminase catalyzed crosslinking. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 83, n. 6, p. 655-662, 2006.

BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.

BORGES, J. T. S., ASCHERI, J. L. R., ASCHERI, D. R., NASCIMENTO, R. E, FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; DELLA LUCIA, S. M.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. R. F.; CASTRO, V. C.. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, 145-162 p., jan./jun. 2006.

BORTOLOTTI, D. F. J. **Estudo do comportamento da viscosidade de sistemas de carboximetilcelulose de sódio e diferentes componentes nos produtos para indústria alimentícia**. 2009. 42 f. Monografia (conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Química) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2009.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. San Diego, Academic Press, 2002. 400 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **LEI nº 10.674, de 16 de maio de 2003**. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

BRASIL. **Portaria nº 354, 18 de julho de 1996**. Aprova a Norma Técnica referente a Farinha de Trigo. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 1996.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 45, de 03 de novembro de 2010**. Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 09 jul. 2015.

BRASIL. **Resolução RDC nº 383, de 5 de agosto de 1999**. Aprova o Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 – produtos de panificação e biscoitos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 ago. 1999. Disponível em:<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/faa2fb0043447422ba93bbff1ba42680/Resolu%C3%A7%C3%A3o+n%C2%BA+383,+de+05+de+agosto+de+1999+biscoito.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em 09 abr. 2012.

BRASIL. **Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000**. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 20 de outubro de 2000.

BRESHEARS, K. L.; CROWE, K. M. Sensory and Textural Evaluation of Gluten-Free Bread Substituted With Amaranth and Montana™ Flour. **Journal of Food Research**; Bratislava, v. 2, n. 4, p. 1 - 10, 2013.

CABALLERO, P. A.; GÓMEZ, M.; ROSELL, C. M. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. **Journal of Food Engineering**. Oxford, v. 81, n. 1, p. 42-53, 2007.

CÁCERES, S; QUADRELLI, A; SALINAS, G. Doença celíaca: o lado obscuro do trigo. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 92, p.40-44, julho, 1993.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. 3. ed. São Paulo: SENAC-SP, 2003. 320 p.

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

CARDOSO, M. B. **Características tecnológicas e funcionais de farinhas mistas de arroz e trigo para elaboração de sopas**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

CARVALHO, F. M.; SANTOS, A.; VIANA, A. E. S.; LOPES, S.C.; EGLER, P.G. Avaliação da atividade poluidora da manipueira na bacia do Rio Santa Rita em Vitória da Conquista, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005. **Resumos**. Campo Grande. 2005.

CARVALHO, W. T.; SOARES JUNIOR, M. S.; REIS, R. C.; VELASCO, P.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M.. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Online)**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 421-429, 2011.

CASTELLÓN, L. Falsa raridade. **Isto É**, São Paulo, n. 1650, maio. 2001.

CASTRO, F. F. M.; JACOB, C. M. A.; CASTRO, A. P. B. M.; YANG, A. C. **Alergia alimentar**. Barueri, SP: Manole, 2010. 275 p.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2009. 440 p.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. 3. ed. New York: Springer, 2015. 408 p.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 221 p. (Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas).

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Editora UFV, 1998.

CHAVES, J. B. P. **Métodos de diferença em avaliação sensorial de alimentos e bebidas**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001.

CHAVES, J. B. P.; SPROSSER, R. L., **Práticas de Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária. Universidade Federal de Viçosa, 2001, 81p.

CHILDREN'S BOSTON GROUP. **The gluten-free diet: a guide for teens**. Disponível em: <[http://www.youngmenshealthsite.org/gluten\\_free\\_diet.html](http://www.youngmenshealthsite.org/gluten_free_diet.html)>. Acesso em: 22 mar. 2015

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Farinha extrusada de arroz como substituto de glúten na produção de pão de arroz. **Archivos Latino-americanos de Nutrición**, Venezuela, v. 56, n. 3, p. 288-298, 2006.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

COULTATE, T.P. **Food the Chemistry of its Components**. The Royal Society of Chemistry, 4. ed., Cambridge: RSC Paperbacks, 2002. 448 p.

CROCKETT, R.; IE, P.; VODOVOTZ, Y. How do xanthan and hydroxypropyl methylcellulose individually affect the physicochemical properties in a model gluten-free dough? **Journal of Food Science**, Malden, v. 76, n. 3, p. 274-282, 2011a.

CROCKETT, R.; IE, P.; VODOVOTZ, Y. Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free Bread. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 129, p. 84–91, 2011b.

CUBERO, N.; MONFERRER, A.; VILLALTA, J. **Aditivos Alimentarios**. Madrid: S.A. Mundi-Prensa Libros, 2002. 240 p.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DEMIRKESEN, I., MERT, B., SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 96, p. 295-303, 2010.  
DEMIRKESEN, I., SUMNU, G., SAHIN, S. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. **Food Bioprocess Technol**, New York, v. 6, p.746–753, 2013.

DORS, G.C.; CASTIGLIONI, G.L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização de farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 2, p. 63-67, 2006

EL-DASH, A.; CABRAL, L.C.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães**. v. 3. Brasília: EMBRAPA, 1994. 89 p.

ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. Pós-Colheita e Industrialização de Arroz. In: Ariano Martins de Magalhães Júnior; Algenor da Silva Gomes; Alberto Baêta dos Santos. (Org.). **Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, v. 1, p. 229-240.  
EMBRAPA. Disponível em  
<<http://www.embrapa.gov.br/embrapa/imprensa/noticias/2007/junho/4asemana/noticia>>  
2007. Acesso em: 15 fev. 2015.

ESTELLER, M. S.; AMARAL, R., LANNES, S. C. S. Effect of Sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal Texture Studies**, Malden, v. 35, p. 383-393, 2004.

FERRARI, M. C. **Estudos de viabilidade sobre avaliação de qualidade de farinhas de trigo através de medidas das propriedades do glúten**. 1998. 111 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

FITZGERALD, M.A.; McCOUCH, S.R.; HALL, R.D. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, London, v. 14, p. 133-139, 2009.

FREELAND-GRAVES, J. H. **Foundations of Food Preparation**. 6. ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1995. 768 p.

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**, London, v. 15, p. 143–152, 2004.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 56, p. 153-161, 2003.

GALLANT, D.J.; BEWA, H.; BUY, Q.H.; BOUCHET, B.; SZYLIT, O.; SEALY, L. On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches. **Starch-Starke**, Weinheim, v. 34, n. 8, p. 255-262, 1982.

GAMBUS, H.; SIKORA, M.; ZIOBRO, R. The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. **Acta Scientiarum Polonorum**, Lublin, v. 6, n. 3, p. 61-74, 2007.

GERMANI, R. **Qualidade da farinha de trigo e panificação**. In: Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Rio de Janeiro, Apostila 74p. 2003.

GIMENO, E.; MORARU, C. I.; KOKINI, J. L. Effect of xanthan gum and CMC on the structure and texture of corn flour pellets expanded by microwave heating. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 81, n. 1, p. 100-107, 2004.

GISSLEN, W. **Panificação e Confeitaria Profissionais**. 5. ed. Barueri: Manole, 2011. 770 p.

GRANOTEC DO BRASIL. Disponível em:<<http://granotec.com.br>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

GRANOTEC DO BRASIL. **Formuladores de pré-misturas e panificação**. Curitiba: Granotec do Brasil, Apostila. 1998. 90p.

GRAY, J. A.; BEMILLER, J. N. Bread staling: molecular basis and control. **Comprehensive Reviews in Food Technology**, Malden, v. 2, p. 1-21, 2003.

GUARDA, A.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C.; GALOTTO, M.J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 18, p. 241-247, 2004.

GUIMARÃES, F. I. T. **Farinha pré-gelatinizada de arroz na formulação de sobremesa instantânea**. 2012.108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

GUIMARÃES, F. I. T.; CALIARI, M.; SOARES JUNIOR, M. S. Instrumental Analysis of Texture, Color and Acceptance of Instant Dessert Formulated with Broken-rice Grains. **Food Science and Technology Research**, Basel, v. 20, n. 4, p. 785-792, 2014.

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 225-230, 2004.

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADÜNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2007.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnologia de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 330p.

HUDSON, E. No longer niche. **Baking & Snack International**, Montpellier, v. 5, n. 4, p. 20-21, 2009.

HUSBY, S. et al. European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Guidelines for the Diagnosis of Coeliac Disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, Philadelphia, v. 54, n. 1, p. 136-160, 2012.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. In: **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. cap.6 Análise sensorial. 4. ed. Brasília, 2005.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 jan. 2015.

IDRIS, N. A.; HA, C. M. C.; HASSAN, H.; EMBONG, M. S.; ABDULLAH, A. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. **Fett/Lipid**, Kuala Lumpur, v. 98, n. 4, p. 144-148, 1996.

IMENSON, A. **Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents**. Oxford: Blackwell Publishing, 2010, 368 p.

IWE, M. O.; VAN ZUILICHEM, D. J.; NGODDY, P. O.; LAMMERS, W. Amino acid and protein dispersibility index (PDI) of mixtures of extruded soy and sweet potato flours. **Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 71-75, 2001.

KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. **Polymer Degradation and Stability**, Kidlington, v. 59, p. 81-84, 1998.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v. 51, p. 33-42, 2002.

KOKSEL, H. F. **Effects of xanthan and guar gums on quality and staling of gluten free cakes baked in microwave-infrared combination oven**. 2009. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Escola Superior de Ciências Naturais e Aplicada, Universidade Técnica do Oriente Médio, 2009. Disponível em < [etd.lib.metu.edu.tr/upload/12610410/index.pdf](http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12610410/index.pdf) > Acesso em: 25 ago. 2015.

KORN, D. **Vivendo sem Glúten para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2010. 376 p.

KORUS, J.; WITCZAK, M.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free bread and dough. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 988– 995, 2009.

LAZARIDOU, A.; DUTA, D.; PAPAGEORGIOU, M.; BELC, N.; BILIADERIS, C. G. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 79, n. 3, p. 1033-1047, 2007.

LEÓN, A.E.; DURÁN, E.; BARBER, C. B. de. Utilization of Enzyme Mixtures To Retard Bread Crumb Firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Kidlington, v. 50, n. 6, p. 1416-1419, 2002.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M.A.; FILHO, J.D. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas (Tropical tubers as starchy raw materials). **Revista Raízes Amidos Tropicais (RAT)**, Botucatu, v. 1, p. 49-68, 2005.

LUENGO, R. F. A.; PARMAGNANI, R. M.; PARENTE, M. R.; LIMA, M. F. B. F. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças. 2000. 4 p.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A.R.P. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. **Estudos Tecnológicos**, São Leopoldo, v. 5, n 1, p. 50-67, 2009.

MARCO, C.; PÉREZ, G.; LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. Effect of transglutaminase on protein electrophoretic pattern of rice, soybean, and rice-soybean blends. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 85, n. 1, p. 59-64, 2008.

MARCO, C.; ROSELL, C. M. Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 84, n. 1, p. 132-139, 2008a.

MARCO, C.; ROSELL, C. M. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 88, n. 1, p. 94-103, 2008b.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: Otimização do uso de aditivos**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Mc CARTHY, D. F.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; SCHOBER, T. J.; ARENDT, E. K. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 82, p. 609-615, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 4 edition, CRC Press, Boca Raton, 2006, 464p.

MILLER, R. A.; HOSENEY, R. C. The Role of Xanthan Gum in White Layer Cakes. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 70, p. 585-588, 1993.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora da UFV, 2006. 225 p.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 332 p.

MIRANDA, J. E. C. de; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; DILVA, J. B. C. **A cultura da batata-doce**. Brasília, DF: Embrapa /CNPq, 1995. 94 p.

MOORE, M. M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H. M.; ARENDT, E. K. Network Formation in Gluten-Free Bread with Application of Transglutaminase. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 83, n. 1, p. 28-36, 2006.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 6. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1988. 93 p.

MOURA, C. M. A. **Qualidade de farinhas pré-gelatinizadas e macarrões formulados com arroz (*Oryza sativa L.*) e linhaça (*Linum usitatissimum L.*)**. 2011. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

MORRIS, V. J. Science, structure and applications of microbial polysaccharides. In: **Gums and Stabilizers for the Food Industry**. Phillips, G.O., Williams, P.A.; Wedlock, D.J. (Eds.), Oxford, p. 315- 328, 1990.

NABESHIMA, H. A.; EL-DASH, A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

NEIVA, I. P.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; FIGUEIREDO, J. A.; MENDONÇA FILHO, C. V.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, J.B. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UFVJM, Diamantina. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 29, p. 537-541, 2011.

NODA, T.; NISHIBA, Y.; SATO, T.; SUDA, I. Properties of starches from several low-amylose rice cultivars. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 80, p. 193–197, 2003.

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**, New York, v. 228, p. 633–642, 2009.

FARIA, S.; PETKOWICZ, C. L. DE O.; MORAIS, S. A. L. DE; TERRONES, M. G. H.; RESENDE, M. M. DE; FRANÇA, F. P. DE; CARDOSO, V. L. Characterization of xanthan gum produced from sugar cane broth. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington, v. 86, n. 2, p. 469–476, 2011.

PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; LECCE, L.; COZZOLINI, F.; DEL NOBILE, M. A. Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. **Journal of Cereal Science**, London, v. 57, p. 333- 342, 2013.

PAVANELLI, A.P. **Aditivos para panificação: conceitos e funcionalidade**. Oxiteno S/A Indústria e Comércio. São Paulo, 2000. 6 p.

PEREIRA, A. S.; PEREIRA FILHO, R. A. **Doença Celíaca**. Disponível em: <<http://www.sgnsp.org.br/artigos.php?id=21>>. Acesso em: 23 mai. 2015.

PHILLIPS, G.O.; WILLIAMS, P.A. **Handbook of Hydrocolloids**. 2, ed., Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. 948 p.

POLANCO, I.; MOLINA, M.; PIETRO, G.; CARRACO, S.; LAMA, R. Dieta y enfermedad celíaca. **Alimentaria**, Madrid, v. 33, n. 264, p. 91-93, 1995.

PROTESI, R.; GANDOLFI, L. Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 81, n. 5, p. 357-358, 2005.

PURHAGEN, J. K.; SJÖÖ, M. E.; ELIASSON, A. C. The anti-staling effect of pre-gelatinized flour and emulsifier in gluten-free Bread. **European Food Research and Technology**, New York, v. 235, p. 265–276, 2012.

PYLER, E. J. **Baking science and technology**. 3. ed. Kansas: Sosland Publishing Co., v.1, 1988. 588 p.

PYLER, E. J. Wheat and wheat flour. In: **Baking science and technology**, v. II, 3. ed. Merriam Kansas: Sosland Publishing, 1988. cap. 7, p. 850- 910.

QUEIROZ, G. M. **Determinação de propriedades termofísicas do pão francês durante o processamento de assamento**. 2001. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. 1. ed. Rio Grande: Editora FURG, 2006. 268 p.

RACCO, R. **Glúten e obesidade, a verdade que emagrece**. 1. ed. Rio de Janeiro: RRacco, 2008. 160 p.

RASHTAK, S.; MURRAY, J. A. Review article: celiac disease, new approaches to therapy. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, Malden, v. 35, n. 7, p. 768–781, 2012.

RENZETTI, S.; BELLO, F. D.; ARENTDT, E. K. Microstruture, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, London, v. 48, n. 1, p. 33-45, 2008.

RIBOTTA, P. D.; AUSAR, S. F., MORCILLO M. H., PÉREZ G. T., BELTRAMO D. M., LEÓN A. E. Production of gluten-free bread using soybean flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 84, p. 1969–1974, 2004.

RIGATTO, C. Entrevista: Dia Internacional do Celíaco. **Nutrição em Pauta**. Ano X, n. 53, mar/abril, 2002.

RHOR, T. G. Estudo reológico da mistura carboximetilcelulose/amido e sua utilização como veículo de inoculação bacteriano. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

ROCHEFORT, W. E.; MIDDLEMAN, S. Rheology of Xanthan Gum: Salt, Temperature, and Strain Effects in Oscillatory and Steady Shear Experiments. **Journal of Rheology**, Melville, v. 31, p. 337-369, 1987.

RODGE, A.B.; SONKAMBLE, S.M.; SALVE, R.V.; SYED, I.H. Effect of hydrocolloid (guar gum) incorporation on the quality characteristics of bread. **Journal Food Process Technology**, v. 3, p. 1-7, 2012.

SAINSBURY, K.; MULLAN, B.; SHARPE, L. Gluten free diet adherence in coeliac disease. The role of psychological symptoms in bridging the intention–behaviour gap. **Appetite**, London, v. 61, p. 52–58, 2013.

SAMMY, G. M. Studies in composite flour. The use of sweet potato flour in Bread and pastry makin. **Tropical agriculture**, New Delhi, v. 47, n. 2, p. 115, 1970.

SÁNCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; DE LA TORRE, M. A. Optimization of Gluten-Free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch. **Journal of Food Science**, Malden, v. 67, n. 1, p. 416-419, 2002.

SANTOS, J. C. DOS; SOUZA, D. C. L.; SANTANA, M. M. DE; CASTRO, A. A.; SILVA, G. F. DA. Estudo da cinética de secagem de batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 323-328, 2012.

SCHIMIDEL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotechnologia industrial**. v. 4, São Paulo: Editora Blücher Ltda, 2001. 254 p.

SCHOBER, T. J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S. R.; PARK, S. H.; ARENDT, E. K. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 82, p. 394-404, 2005.

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

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**, Malden, v. 45, p. 2306–2312, 2010.

SDEPANIAN, V. L.; MORAIS, M. B.; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. **Arq. Gastroenterol**, São Paulo, v.36, n.4, 1999.

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

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorphism of resistant starch type III. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington, v. 54, n. 3, p. 363-369, 2003.

SILVA, E. M. M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Instituto de Tecnologia, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 815-819, 2009.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 62, n. 1, p. 37-45, 2004.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M.; REIS, R. C.; LACERDA, D. B. C. L.; KOAKUZU, S. N. Development and chemical characterization of flour obtained from mesocarpo of "pequizeiro" fruit. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 949-954, 2010.

SOARES JÚNIOR, M. S.; SANTOS, T. P. B.; PEREIRA, G. F.; MINAFRA, C. S.; CALIARI, M.; SILVA, F. A. Development of extruded snacks from rice and bean fragments. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 189-198, 2011.

SOUSA, G. M.; SOARES JÚNIOR, M. S.; YAMASHITA, F. Active biodegradable films produced with blends of rice flour and poly (butylene adipate co-terephthalate): Effect of potassium sorbate on film characteristics. **Materials Science & Engineering. C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems**, Amsterdam, v. 33, p. 3153-3159, 2013.

SOUZA, T. A. C.; SOARES JUNIOR, M. S.; CAMPOS, M. R. H.; SOUZA, T. S. C.; DIAS, T. D.; FIORDA, F. A. Bolos sem glúten a base de arroz quebrado e casca de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 717-728, 2013.

SOUZA, T.C. **Alimentos: Propriedades Físico-químicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2001. 240 p.

TAVARES, J. A. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F. S.; COSTA, E. E. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1102-1109, 2012.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C; SPERANZA, S. M; CHANG, Y. K; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20 - 25, 2001.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1987. 180p.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Review: Starch composition fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, p. 151-165, 2004.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches**. Saint Paul: Zagan Press, 1997. 93 p. (Zagan Press Handbook Series).

THOMPSON, T.; DENNIS, M.; HIGGINS, L. A.; LEE, A. R.; SHARRETT, M. K. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron calcium and grain foods? **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, Malden, v. 18, p. 163-169, 2005.

VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W. Chapter 1: **Evaluation of Food Quality**. Essentials of Food Science, Food Science Text Series. New York: Springer, 2007.

VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANTANA, E. P.; **A Cultura do Arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 633p.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 974-980, 2005.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. DE. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WIESER, H.; KOEHLER, P. The biochemical basics of celiac disease. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 85, n. 1, p. 1-13, 2008.

WITCZAK, M.; KORUS, J.; ZIOBRO, R.; JUSCKZAC, L. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. **Journal of Food Engineering**, Kidlington , v. 96, n. 2, p. 258-265, 2010.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Desenvolver e verificar a qualidade tecnológica, microbiológica e sensorial de pães isentos de glúten elaborados com as farinhas de batata-doce e de arroz.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Processar a batata-doce e elaborar a farinha de batata-doce;
- Determinar a composição centesimal, o teor de amilose, pH, perfil viscoamilográfico e cor das farinhas de batata-doce e de farinha de arroz;
- Determinar a qualidade microbiológica da farinha de batata-doce e farinha de arroz;
- Padronizar a granulometria da farinha de batata-doce obtida com a da farinha de arroz comercial;
- Elaborar pão controle (100% de farinha de arroz);
- Elaborar pães com a utilização de dois hidrocolóides diferentes (carboximetilcelulose e goma xantana);
- Avaliar as características do controle e dos pães elaborados com hidrocolóides quanto ao volume específico, textura e cor;
- Analisar sensorialmente os pães elaborados com hidrocolóides;
- Avaliar o comportamento da substituição de farinha de arroz por farinha de batata-doce;
- Determinar a melhor proporção de farinha de batata-doce e farinha de arroz a ser utilizado, em relação ao volume, textura e cor;
- Determinar a qualidade microbiológica do pão com as melhores características tecnológicas;
- Realizar teste de aceitação com intenção de compra do pão com as melhores características tecnológicas.

## **CAPÍTULO 2 (Artigo Científico 1)**

Caracterização da farinha de batata-doce e  
de farinha de arroz

# 1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca é uma enteropatia provocada pela ingestão de glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis. A doença celíaca é uma das alterações genéticas mais comuns na população humana, sua prevalência é de 1-2% da população mundial (HUSBY et al., 2012). O tratamento mais eficaz atualmente para os portadores da doença celíaca é a restrição na dieta, ou seja, evitar o consumo de produtos que contenham glúten. No entanto, a oferta de produtos sem glúten no mercado ainda é pequena e onerosa. Apesar dos avanços recentes em produtos sem glúten de alta qualidade, a substituição do glúten em produtos à base de cereais, tais como pão, biscoito, bolo e massas, ainda representa um desafio tecnológico significativo (BIESIEKIERSKI et al., 2011; DEL CASTILLO; LESCOANO; ARMADA, 2009).

As tendências de crescente globalização da economia, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado são aspectos que indicam a necessidade de uma estratégia para ampliar o mercado a partir de matérias-primas de uso tradicional, como o arroz e a batata-doce, por meio do desenvolvimento de farinhas que tenham melhores propriedades funcionais para poderem ser aplicadas em produtos e formulações, ou que possam ser moldadas para alimentos de conveniência, ou para fins especiais (ARAÚJO; ARAÚJO, 2011; DORS; CASTIGLIONI; AUGUSTO-RUIZ, 2006).

A batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) é originária das Américas Central e do Sul. A cultivar é bem disseminado em todas as regiões brasileiras, apresenta certa relevância econômica e é uma hortaliça de ampla aceitação popular, cultivada na maioria das vezes por pequenos produtores rurais em sistemas agrícolas com reduzida utilização de insumos, sendo consumida principalmente assada ou cozida e industrializada na forma de doces (NEIVA et al., 2011).

Embora a batata-doce seja um alimento básico comum em muitos países em desenvolvimento, existem muitos problemas relacionados com o armazenamento e transporte das raízes frescas. A batata-doce pode ser transformada em farinha, que pode ser utilizada como um substituto para a farinha de trigo em pães e produtos destinados para os celíacos. Conforme Greene; Bovell-Benjamin (2004) a possibilidade de utilização de farinha de batata-doce em pães foi estudada em vários países, incluindo Egito, Gana, Índia, Israel, Coreia do Sul, Filipinas, Peru, Taiwan e no Caribe.

As variedades de batata-doce podem ser diferenciadas pela coloração da casca e da polpa, pelas características da casca e da contra casca, pelo formato, doçura e conteúdo de

matéria seca. Sendo excelentes fontes de vitamina A e C e o teor de amido das raízes frescas varia de 6,9% a 30,7% (AINA et al. 2012).

O arroz (*Oryza sativa L.*) possui um papel de indiscutível destaque na cadeia agroindustrial além de ser um alimento de grande valor nutricional, e também altamente energético, apresenta grande fonte de carboidratos sendo rico em sais minerais, proteínas e vitaminas do complexo B. Apesar de o arroz ser um dos grãos mais produzidos em todo o mundo e utilizado principalmente para o consumo humano, os subprodutos de seu beneficiamento são geralmente empregados apenas na alimentação animal, porém, vem se desenvolvendo novos produtos como a farinha de arroz que pode constituir excelente fonte de nutrientes além de serem utilizadas como coadjuvante tecnológico para a alimentação humana (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

A farinha de arroz possui propriedades funcionais características em produtos e formulações que a utilizam, apresentando benefícios, tais como sabor pouco pronunciado que não interfere no sabor da maioria dos alimentos, aproveitamento tecnológico e características não alergênicas (DORS; CASTIGLIONE; AUGUSTO-RUIZ, 2006). Essas características não alergênicas são fundamentais para os celíacos (DEL CASTILLO; LESCANO; ARMADA, 2009).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi caracterizar as farinhas de batata-doce e de arroz quanto à composição físico-química e qualidade microbiológica, no intuito de fornecer mais uma opção para elaboração de produtos para celíacos.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

A farinha de arroz foi adquirida no mercado local, na cidade de Goiânia – Goiás, em embalagem de polietileno de baixa densidade com conteúdo líquido de 1 kg.

Tubérculos de batata-doce, cultivar bárbara, safra 2013/2014 foram fornecidos pela Universidade Federal de Tocantins – UFT. Esta instituição possui um núcleo de pesquisa da utilização de diversos cultivares de batata-doce para produção de etanol.

### **2.2 Processo de obtenção da farinha de batata-doce**

A farinha de batata-doce foi elaborada na planta piloto da Escola Senai Vila Canaã, seguindo a metodologia descrita por BORBA; SARMENTO; LEONEL (2005), com adaptações, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2.** Fluxograma do processamento de farinha de batata-doce.

Os tubérculos de batata-doce foram selecionados, onde ocorreu o descarte de raízes podres ou deterioradas, em seguida realizou-se a etapa de lavagem com o auxílio de escovas com cerdas plásticas e detergente neutro para a retirada de todas as sujidades oriundas do plantio e colheita, efetuando-se posteriormente a sanitização das raízes em solução clorada a 200 ppm durante vinte minutos.

Ao término da sanitização ocorreu o fatiamento das raízes em um fatiador de frios (Toledo) regulado com espessura de 1,5 mm, logo em seguida as fatias foram imersas em solução de ácido cítrico a 1% por 10 minutos, para evitar o escurecimento enzimático. Para iniciar o processo de secagem as fatias foram acondicionadas em bandejas perfuradas previamente pesadas, e posteriormente com o produto, e levadas para estufa de secagem com circulação de ar (Tecnal TE-394/3) a uma temperatura constante de 65°C, até atingir peso constante.

Após atingir a umidade final de 9,18%, chips foram moídos em moinho experimental VG 2000i, com peneiras em duas aberturas 180  $\mu\text{m}$  e 112  $\mu\text{m}$  para farinha. A farinha obtida foi acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) e armazenada a temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  ambiente.

A caracterização das farinhas de batata-doce e de arroz foi realizada na Escola SENAI Vila Canaã, onde foram avaliados os parâmetros físico-químicos, padronização da granulometria e cor; o perfil viscoamilográfico e qualidade microbiológica foram realizados no laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão e no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos – UFG, respectivamente.

### **2.3 Parâmetros físico-químicos das farinhas de batata-doce e de arroz**

A análise de pH foi realizada por meio de determinação direta utilizando-se um potenciômetro Tecnal, modelo TEC02; a acidez total por titulação potenciométrica; a atividade de água experimental foi medida em higrômetro eletrônico digital Aqua-Lab, modelo CX-2; o teor de umidade foi determinado em estufa com circulação de ar a  $105^\circ\text{C}$  (Tecnal TE-394/3); o teor de proteína foi calculado através da determinação do teor de nitrogênio pelo método Kjeldahl, usando o fator 6,25 para conversão do N em proteína bruta; o teor de lipídeo foi determinado por extração contínua com hexano em aparelho Soxhlet; o conteúdo de cinzas foi determinado por meio de incineração da amostra em mufla a  $550^\circ\text{C}$  por 2 horas; a determinação do teor de fibra alimentar seguiu a metodologia enzimo gravimétrico.

Todas as análises físico químicas seguiram os protocolos estabelecidos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2010) e foram realizados em triplicata; e por fim o teor de carboidrato foi obtido por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, cinzas, fibras alimentares, proteínas e lipídios em acordo com o estipulado na Resolução RDC nº 360 de 2003 (BRASIL, 2003). O teor de amilose foi determinado segundo metodologia ISO 6647 (*International Organization for Standardization*, 1987).

### **2.4 Padronização da granulometria**

A análise granulométrica foi realizada conforme Zanoto; Bellaver (1996), utilizando-se peneiras de 20, 28, 48, 100, 150 e 200 mesh, plataforma vibratória (agitador de peneiras, Bertel) e balança analítica (Gehaka).

As peneiras e os fundos, previamente pesados, foram montados na plataforma vibratória do maior *mesh* (200) para o menor (20). Pesou-se 100 g de cada amostra, colocando-as na primeira peneira, ajustando o reostato da plataforma vibratória para a velocidade 7 por 10 minutos, pesando-as ao final do tempo.

## 2.5 Determinação de cor

A cor das farinhas foi realizada em colorímetro (Hunter-Lab, Color Quest II, Reston, EUA), com os valores de L\* variando entre o zero (preto) e cem (branco), a\* do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*) e b\* do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*). As determinações foram realizadas com cinco leituras para duas repetições.

## 2.6 Análise viscoamilográfica por rva (Rapid Visco Analyser)

A análise viscoamilográfica foi realizada no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão conforme metodologia preconizada por *American Association Of Cereal Chemists* (AACC, 2000).

As propriedades de pasta (perfil viscoamilográfico) das amostras das farinhas de batata-doce (FBD) e de arroz (FA) foram determinadas em Rapid Visco Analyser (RVA) (RVA4, Newport Scientific, Austrália) e ainda a mescla das duas farinhas utilizando as proporções conforme apresentado na Tabela 02.

Esta análise foi realizada em duplicata e utilizou-se uma suspensão de amostra moída (3 g em 25 mL) corrigida para 12% de umidade, que foi analisada de acordo com o seguinte regime de tempo/temperatura: 50°C por 1 minuto, aquecimento de 50°C para 95°C a uma taxa de 11,84°C/min, manutenção da pasta a 95°C por 3:30 minutos e resfriamento a 50°C a uma taxa de 11,84°C/min.

**Tabela 2.** Mesclas das farinhas de batata-doce e de arroz.

Amostras	Farinha de arroz (FA)	Farinha de batata-doce (FBD)
01	100%	-
02	-	100%
03	75%	25%
04	50%	50%
05	25%	75%

## 2.7 Análises microbiológicas

As análises de contagem de Coliformes à 45 °C, presença de *Salmonella sp* em 25 g, contagem de *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e contagem de bolores e leveduras, estabelecidas pela Resolução RDC nº 12 que regulamenta os Padrões Microbiológicos para Alimentos (BRASIL, 2001), foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos - UFG e seguiram os procedimentos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

## 2.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Foram utilizados procedimentos do ambiente SAS (Statistical Analysis System).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização físico-química das farinhas de batata-doce e de arroz

Os resultados das análises físico químicas das farinhas de arroz e de batata-doce estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios e desvio padrão da composição centesimal das farinhas de batata-doce e arroz.

Componentes (%)*	Farinha de batata-doce (FBD)	Farinha de arroz (FA)
Umidade (base úmida)	9,18 ± 0,26	13,31 ± 0,29
Atividade de água	0,42 ± 0,00	0,58 ± 0,01
Acidez	22,96 ± 0,17	3,65 ± 0,01
pH	4,38 ± 0,07	5,80 ± 1,05
Proteínas	9,92 ± 0,02	10,34 ± 0,14
Lipídios	1,72 ± 0,02	1,41 ± 0,01
Cinzas	1,51 ± 0,01	0,31 ± 0,02
Fibra alimentar total	3,77	0,76
Carboidratos**	77,81 ± 0,20	75,03 ± 0,10
Teor de amilose	18,57	22,96

\*Valores constituem a média ± desvio-padrão de três repetições.

\*\*Carboidrato calculado por diferença, subtraindo-se de 100 os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibras alimentares.

A Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005) apresenta como requisito específico que as farinhas, amido de cereais e farelos devem apresentar umidade máxima de 15% (g/100 g) e o amido ou fécula de batata deve apresentar umidade máxima 21% (g/100 g) e como não existe legislação específica para a farinha de batata-doce trabalha-se com o padrão de 15% de umidade, o que permite dizer que ambas as farinhas analisadas apresentaram umidade dentro do padrão exigido. A composição físico química das farinhas estudadas mostra que as mesmas são alimentos basicamente amiláceos, possuindo consideráveis valores de carboidratos e proteínas, e baixos valores de lipídeos e cinzas.

A acidez da FBD apresentou-se elevada (22,94%) e o pH baixo (4,4). Silva (2010) em seu estudo sobre caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação encontrou pH médio de 5,5, sendo que a batata-doce foi imersa em solução de bissulfito de sódio para evitar o escurecimento enzimático. Santos et al. (2012) em seu estudo sobre a cinética de secagem da batata-doce encontrou pH da farinha de 6,3 e acidez 10,85,

onde no processamento das batatas-doce não ocorreu tratamento para evitar o escurecimento enzimático. Andrade et al. (2008) em seu estudo preliminar da influência da temperatura sobre a composição centesimal de farinha de batata – doce (*Ipomoea batatas*) encontrou um pH de 5,7. Os valores encontrados neste trabalho foram mais baixo para o pH e mais alto para a acidez, devido ao tratamento da batata-doce com ácido cítrico para evitar escurecimento enzimático, visto que a acidez de um alimento pode ser decorrente dos próprios compostos naturais do alimento, formada pela fermentação ou pelo tipo de processamento ao qual o alimento foi submetido e, ainda, ser o resultado da deterioração que o mesmo sofreu (FERNANDES et al., 2008).

A FBD apresentou valores de proteína e lipídeo superiores aos encontrados por Borba, Sarmiento e Leonel (2005), que foram 6,7 e 0,7, respectivamente. O teor de cinzas encontrado por estes autores foi 2,7 sendo superior ao deste estudo (1,51). A composição físico química da FBD pode variar com a cultivar, condições climáticas, época de colheita, condições e duração de armazenamento.

Severo, Moraes e Augusto-Ruiz (2010) em seu estudo encontraram os seguintes valores para a composição centesimal de farinha de arroz (FA) (proteína 7,34%, lipídeos 0,6% e cinzas 0,69%), já Clerice e El-Dash (2008) apresentaram os valores de proteína 7,56%, lipídeos 0,32% e cinzas 0,27%). Neste trabalho, os valores obtidos para proteína, lipídeos e cinzas foram maiores, conforme Tabela 03. Esses efeitos estão relacionados à presença dos compostos no grão, sendo, portanto, afetados por diferentes fatores, principalmente pela característica genotípica, ambiental e pelo processamento (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O teor de amilose de FBD foi de 18,57%, Moorthy (2002) relata vários estudos onde os teores de amilose variaram de 20 a 25%, dependendo da variedade da batata-doce. Zaidul et al. (2007) encontraram 23,4% para amido de batata-doce. Para a FA o teor de amilose encontrado neste trabalho foi de 22,96%. Clerice e El-Dash (2008) em seu estudo à respeito das características tecnológicas de farinha de arroz encontraram 23,88%, informando que confere com os resultados encontrados por Perdon e Juliano (1975), para FA, usada para a produção de pão sem glúten. Zavareze et al. (2009) caracterizou quimicamente farinhas de cultivares de arroz com diferentes teores de amilose, onde apresentou os seguintes dados: alta amilose – 31,62%, média amilose – 23,40% e baixa amilose – 6,90%, logo, a FA avaliada neste trabalho se enquadra em uma farinha de média amilose.

### 3.2 Padronização da granulometria

A característica granulométrica da matéria-prima processada constitui aspecto importante na formulação de produtos de panificação, pois uma distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto final (SILVA et al., 2009).

Segundo Silva et al. (2009) o tamanho de partícula do alimento após a moagem constitui aspecto importante no preparo de derivados de farinhas, tendo em vista que uma maior uniformidade da granulometria permite a elaboração de um produto final de melhor qualidade sensorial, principalmente, textura, sabor e aspecto visual, pois o alimento absorve água de forma homogênea resultando no cozimento uniforme do produto.

O índice de uniformidade (IU) indica a proporção relativa entre partículas grossas, médias e finas. Com isso, de acordo com a Tabela 4, observa-se que os dois tipos de farinhas apresentaram índice de uniformidade maior para as partículas finas, sendo que FBD obteve uma uniformidade das partículas maior que FA.

**Tabela 4.** Granulometria das farinhas de batata-doce e de arroz.

<i>Mesh</i>	Farinha de batata-doce (FBD)	% RETIDO	
		IU	Farinha de arroz (FA)
20	0,19	0,074	0,02
28	0,55		0,30
48	2,84	2,401	3,14
100	21,16		42,19
150	10,05	7,524	34,37
200	7,49		12,53
Fundo	57,67		7,24

Clerice e El-Dash (2008) trabalharam com FA apresentando 63% de tamanho entre 60 e 80 *mesh* e 37% acima de 100 *mesh*, enquanto que neste trabalho FA apresentou mais de 50% acima de 100 *mesh*. FBD apresentou mais de 50% da amostra acima de *mesh* 200, mostrando mais uma vez que a sua granulometria foi menor que a farinha de arroz.

De acordo com os estudos de Silva et al. (2009), os autores reportam que farinha que apresenta granulometria extremamente fina necessariamente não significa qualidade. Altos percentuais de partículas finas nas misturas podem prejudicar a estrutura interna (miolo) de produtos panificáveis, que poderão apresentar alta umidade e gomosidade. Logo, faz-se necessário testar essas duas farinhas individualmente, bem como, as suas mesclas em

produtos panificáveis para verificar as possibilidades de aplicação e o resultado em relação à granulometria.

### 3.3 Cor das farinhas

Os resultados observados para as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de cor das farinhas de batata-doce e arroz são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Valores médios e desvio padrão das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de cor das farinhas de batata-doce e de arroz.

Parâmetros		Farinha de batata-doce	Farinha de arroz
Cor	$L^*$	$90,71^b \pm 0,56$	$98,85^a \pm 0,13$
	$a^*$	$2,78^a \pm 0,20$	$0,80^b \pm 0,06$
	$b^*$	$11,18^a \pm 0,29$	$4,62^b \pm 0,18$

\*a,b médias diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A avaliação dos resultados por meio da ANOVA mostrou que as farinhas diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação às coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de cor.

Os valores do componente  $L^*$  representam a luminosidade ou brilho das amostras estes valores variam de zero (preto) a cem (branco). Isto mostra que ambas as farinhas obtiveram alta luminosidade, entretanto, a FBD mostrou-se com uma luminosidade significativamente ( $p < 0,05$ ) menor que a FA, conforme apresentado na Tabela 05.

Os valores expressos no eixo  $a^*$  representam as cores de verde ao vermelho, sendo que quanto mais o valor for negativo ( $-a^*$ ), mais próximo de verde e quanto mais positivo ( $+a^*$ ) for o valor, mais próximo do vermelho, já os valores expressos no eixo  $b^*$  representam as cores que variam de azul ao amarelo, sendo que quanto mais o valor for negativo ( $-b^*$ ), mais próximo de azul e quanto mais positivo ( $+b^*$ ) for o valor, mais próximo do amarelo (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005). Assim, a análise dos resultados permite dizer que para ambas as farinhas, são positivos os valores de  $a^*$  (vermelho) e de  $b^*$  (amarelo). No entanto, a FA mostrou-se menos vermelha (0,80) que FBD (2,78) e menos amarela (4,62) que FBD (11,18).

Borba, Sarmiento e Leonel (2005) em seu estudo analisou a cor da farinha de batata-doce de um cultivar com as características semelhantes, a qual passou pela etapa de descasque, e obteve os seguintes valores  $L^*$  94,57,  $a^*$  -0,47 e  $b^*$  7,53, ou seja, com uma luminosidade maior que o encontrado, o que mostra que farinha elaborada com a presença da casca pode interferir para a cor da mesma. Ahmed, Alter e Eun et al. (2010) encontrou

diferença significativa nos valores de  $a^*$  e  $b^*$  entre as farinhas elaboradas com batata-doce com e sem a casca.

Os resultados permitem afirmar que FA resultou em uma farinha mais clara que FBD, sendo FBD possuindo uma tendência significativamente maior para as cores vermelha e amarela que FA. Essa diferença encontrada pode resultar em uma coloração mais escura para a aplicação da FBD em produtos de panificação, o que pode ser assimilado pelos consumidores como um produto mais saudável, se comparado com os pães integrais de farinha de trigo.

### 3.4 Análise viscoamilográfica por RVA

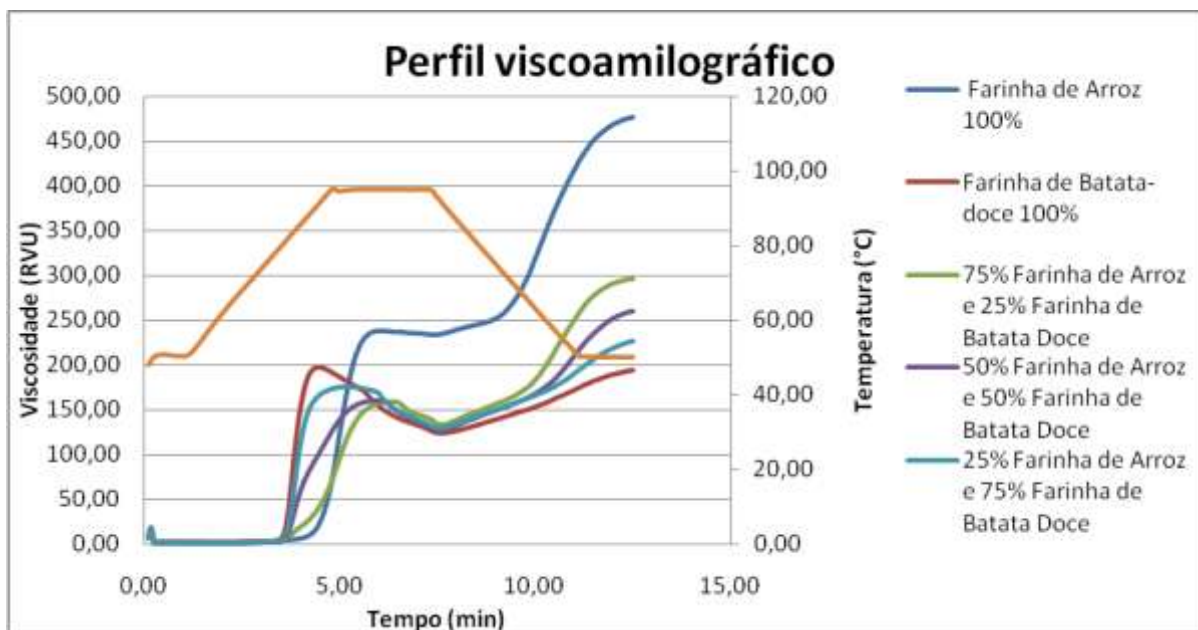
A análise de RVA é uma ferramenta importante no estudo da viscosidade de produtos fonte de amido. Segundo Collar et al. (2003) quando se realiza essa análise a farinha é submetida a um ciclo de aquecimento e resfriamento que fornecem as características de pasta da amostra em estudo. Os parâmetros de maior importância incluem temperatura de pasta, viscosidade máxima ou pico (peak), viscosidade mínima à temperatura constante (trough), quebra (breakdown), viscosidade final e tendência à retrogradação (setback). A Tabela 6 apresenta o perfil do comportamento dos géis das farinhas de arroz (FA) e de batata-doce (FBD), bem como das mesclas de ambas.

**Tabela 6.** Resultados da análise de RVA das farinhas de arroz (FA) e de batata-doce (FBD).

Tipo de farinha	Temperatura de pasta (°C)	Tempo de pico (min)	Viscosidade (RVU)				Tendência à retrogradação
			Pico	Mínima	Quebra	Final	
FA	88,65	6,07	238,04	233,79	4,25	476,00	242,21
FBD	79,63	4,47	197,29	123,58	73,71	193,96	70,38
25% FBD / 75% FA	82,00	6,37	159,17	133,58	25,58	295,88	162,29
50% FBD / 50% FA	80,83	5,90	160,79	127,42	33,38	260,21	132,79
75% FBD / 25% FA	80,38	5,20	175,92	129,33	46,58	226,67	97,33

Quando o amido é aquecido em excesso de água, seus grânulos intumescem e a organização cristalina decompõe-se para formar regiões amorfas. Esta desordem molecular é denominada gelatinização (FERRARI; LEONEL; SARMENTO, 2005; KOHYAMA et al., 2004), e é definida pelo aumento inicial rápido da viscosidade que ocorre entre os 3-5 minutos

iniciais (ZENG et al., 1997), podendo ser observado este comportamento na Figura 03 que mostra a representação gráfica do perfil viscoamilográfico das amostras analisadas.



**Figura 3.** Representação gráfica do perfil viscoamilográfico das farinhas de arroz (FA) e de batata-doce (FBD).

Além de apontar a temperatura mínima para que uma amostra seja cozida, a temperatura de pasta indica a temperatura na qual a viscosidade começa a aumentar durante o período de aquecimento (SINGH, S.; SINGH, N.; MacRITCHIE, 2011). Conforme a Tabela 6 pode-se observar que a FBD possui uma temperatura de pasta significativamente menor que as demais amostras (79,63°C), ou seja, esta amostra aumenta a sua viscosidade mais rápido que as demais, o que influenciou nas temperaturas mínimas das mesclas das farinhas. Leonel et al. (2004) avaliando cultivares de batata-doce como matéria prima para extração de amido, encontraram temperaturas de pasta entre 72,4 e 75,6°C, semelhantes ao reportado neste estudo. Já Gonçalves et al. (2009) encontraram valores de temperatura de pasta para o amido de batata-doce semelhante ao encontrado neste estudo (80,9°C). Bartz et al. (2012) encontraram para amido de arroz nativo uma temperatura de 62,95°C, Clerice e El-Dash (2008) 66°C, enquanto que o valor encontrado neste estudo foi de 88,5°C.

Depois de atingir a temperatura de pasta, a temperatura aumenta e a viscosidade máxima ou de pico é atingida. Neste ponto, há equilíbrio entre grânulos de amido intumescidos e grânulos rompidos, que lixiviam amilose para a solução (LEON, et al., 2010).

A viscosidade máxima está relacionada com a capacidade de absorção de água pelo amido, e frequentemente é relacionada com a qualidade final do produto. Collar et al. (2003)

evidencia que em panificação ela pode indicar maior ou menor período de vida útil. A diminuição no pico de viscosidade tem sido associada com menor grau de intumescimento dos grânulos de amido e também ao menor teor de amido (SYMONS; BRENNAN, 2004).

O pico de viscosidade durante o aquecimento de FA foi alto (238,04 RVU), e de acordo com Tavares et al. (2012) pode-se inferir que este dado pode indicar a presença de grânulos de amido com propriedades de inchamento e ruptura mais uniformes durante o tratamento hidrotérmico no RVA. O que pode ser evidenciado pelo tempo de pico encontrado para esta farinha (6,07 minutos). Enquanto que FBD obteve um valor de 197,29 RVU, podendo ser verificado no formato da curva de viscosidade que apresentou pico agudo e estabilidade baixa em temperatura elevada e sob agitação. Leonel (2004) encontrou para amidos de diversos cultivares de batata-doce valores de pico de viscosidade compreendendo uma faixa de 195 a 312 RVU.

Resultados obtidos por Collado e Corke (1996) em viscoamilógrafo RVA com 44 variedades de batata-doce em água destilada mostraram um pico de viscosidade médio de 156 RVU, variando de 40 a 309 RVU. Estes valores, considerados baixos (comparados com 289 RVU para o trigo), foram esclarecidos pela atividade amilolítica endógena da farinha de batata-doce. De fato, as farinhas de batata-doce com atividade das amilases inibidas (usando 0,05 mM AgNO<sub>3</sub>) mostraram picos de viscosidade muito mais altos (média de 521 RVU).

Durante o período de manutenção em alta temperatura, ocorre colapso na viscosidade que dá lugar a uma depressão na curva, a chamada quebra. Esta queda da viscosidade é causada pela ruptura dos grânulos intumescidos. Este parâmetro é associado à estabilidade ao aquecimento ou à facilidade de cozimento do amido (LEON et al., 2010; ROJAS; ROSELL; BENEDITO, 1999), assim, diferenças observadas neste parâmetro revelam diferentes estabilidades dos grânulos de amido ao aquecimento. FA apresentou o menor valor entre as amostras (4,25 RVU) mostrando-se estável ao aquecimento, enquanto que FBD obteve o maior valor de quebra (73,71 RVU) apresentando-se menos estável que FA em relação ao aquecimento o que pode ser evidenciado pelo tempo de pico de 4,47 minutos, sendo o menor de todas as amostras. Nas mesclas das farinhas quanto maior o percentual de FA menor foi o valor de quebra, mostrando que FA melhorou a estabilidade das mesclas quando comparado a FBD.

Rojas, Rosell e Benedito (1999) mostram que a viscosidade final indica a capacidade da farinha de formar uma pasta viscosa após cozimento e resfriamento. Foi encontrado para FA um valor elevado de viscosidade final (476 RVU) quando comparado com FBD (193,96

RVU) o que provavelmente pode ter ocorrido devido a uma reorganização das moléculas de amilose, amilopectina e proteínas, formando gel a frio firme durante o resfriamento.

Durante o resfriamento da amostra, a reassociação entre as moléculas constituintes do amido, especialmente as de amilose, resultam na formação de uma estrutura de gel e a viscosidade aumenta até atingir a viscosidade final. Essa fase é descrita como região de tendência à retrogradação e está relacionada com reorganização das moléculas de amido (RAGAE; ABDEL-AAL, 2006). A tendência à retrogradação é medida como a diferença entre a viscosidade final e a viscosidade no ponto mais baixo da curva (LEON et al., 2010). Em suspensões de cereais, valores baixos de tendência à retrogradação indicam baixas taxas de cristalização do amido e baixa sinérese (ROJAS; ROSELL; BENEDITO, 1999). FA obteve o valor de 242,21 RVU sendo encontrado também um valor elevado por Tavares et al. (2012) para a farinha de arroz crua (239,83 RVU), demonstrando que farinha de arroz com este comportamento é pouco indicada para produção de alimentos prontos para consumo, refrigerados ou congelados, pois podem levar à sinérese durante o armazenamento ou após o descongelamento. Enquanto que FBD apresentou o menor valor de tendência à retrogradação (70,38 RVU), que foi um valor próximo ao encontrado por Oluwalana, Malomo e Ogbodogbo (2012) 82,86 RVU, em seu estudo sobre a avaliação da qualidade do pão com misturas de farinha de trigo e farinha de batata-doce.

Peroni, Rocha e Franco (2006) em seu estudo sobre as características estruturais e físico químicas de amido de tubérculos e raízes relata que comparando os amidos de cereais normais com os amidos de raízes e tubérculos, estes últimos apresentam baixas temperaturas de pasta, baixa resistência ao atrito mecânico e baixa tendência à retrogradação, e esta afirmação dos autores foi constatada neste trabalho conforme os resultados apresentados na análise de RVA.

Quanto maior a proporção de farinha de arroz na amostra, maiores são os valores de viscosidade final e tendência à retrogradação, e menores são os valores de quebra. Demonstrando que rapidamente perdem a organização da estrutura de amido para imitar o processo de retrogradação no resfriamento. Quanto menor a tendência à retrogradação, menor a retrogradação e maior teor de amilopectina se espera, que foi o observado para as amostras com maior proporção de farinha de batata-doce.

Com o valor de 70,38 RVU da tendência à retrogradação e 193,96 RVU para a viscosidade final da farinha de batata-doce indica uma menor tendência destes amidos de se reassociarem, e de formar um produto final menos viscoso, o que para aplicação em produtos de panificação pode acarretar em uma textura mais macia.

### 3.5 Análises microbiológicas

Os resultados da análise microbiológica estão dispostos na Tabela 07.

**Tabela 7.** Análise microbiológica das farinhas de batata-doce e de arroz.

Microrganismos	Resolução – RDC nº 12/2001	Farinha de arroz	Farinha de batata- doce
<i>Salmonella</i> sp 25 g <sup>-1</sup>	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g
Coliformes 45°C NMP.g <sup>-1</sup>	Máximo 10 <sup>2</sup>	< 3,0	10
<i>Bacillus cereus</i> UFC.g <sup>-1</sup>	Máximo 3 x 10 <sup>3</sup>	< 10	<10
Bolores e leveduras UFC.g <sup>-1</sup>	-	10	1,0 x 10 <sup>2</sup>

Estes apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), confirmando que o processo utilizado para produção da farinha é satisfatório do ponto de vista de segurança microbiológica.

Os resultados encontrados são importantes porque demonstram que o processamento para elaboração das farinhas atende aos requisitos necessários para sua futura utilização na fabricação de novos produtos alimentícios.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na caracterização físico-química das farinhas de arroz e de batata-doce apresentaram padrões desejáveis de seus componentes. Ocorrendo similaridade entre as características de teor de proteínas, lipídeos, carboidratos e amilose.

A farinha de batata-doce apresentou maior teor de fibras, menor granulometria e cor mais escura em relação à farinha de arroz. Quanto à propriedade da pasta, quanto maior a proporção de farinha de arroz, maiores são os valores de viscosidade final e tendência à retrogradação, e menores os valores de quebra. A farinha de batata-doce apresentou baixo valor de tendência a retrogradação e de viscosidade final, o que para aplicação em produtos de panificação pode acarretar em uma textura mais macia com o armazenamento. A mescla das farinhas de arroz e de batata-doce permite a utilização em produtos de panificação isentos de glúten para o público celíaco, podendo ser também usada em outros estudos para aplicação em diversos produtos, ampliando assim o mercado de consumo.

## 5 REFERÊNCIAS

AACC. American Association Of Cereal Chemists. 10th ed, St. Paul, Minnesota: AACC, 2000.

AINA, A. J.; FALADE, K. O.; AKINGBALA, J. O.; TITUS, P. Physicochemical Properties of Caribbean Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) Starches. **Food Bioprocess Technol**, New York, v. 5, p. 576–583, 2012.

AHMED, M.; AKTER, MST. S.; EUN, J.-B. Peeling, drying temperatures, and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 121, p. 112-118, 2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: 2001. 676 p.

ANDRADE, L. F.; RABÊLO, W. C. A. C.; SILVA, G. S.; SANTOS, B. A. C.; MENDONÇA, S. L. R.; SANTOS, J. G. Estudo preliminar da influência da temperatura sobre a composição centesimal de farinha de batata – doce (*Ipomoea batatas*). In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3, 2008, Bananeiras, **Anais...** 2008

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18th ed, 3th Review, Washington: AOAC, 2010. 1094 p.

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C. Coeliac disease. Following the diet and eating habits of participating individuals in the Federal District, Brazil. **Appetite**, London, v. 57, p. 105–109, 2011.

BARTZ, J.; MADRUGA, K. M.; KLEIN, B.; PINTO, V. Z.; DIAS, A. R. G. Propriedades de pasta de amidos de arroz nativo e acetilados. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 15, p. 78-83, 2012.

BIESIEKIERSKI, J. R.; NEWNHAM, E. D.; IRVING, P. M.; BARRETT, J. S.; HAINES, M.; DOECKE, J. D. Gluten causes gastrointestinal symptoms in subjects without coeliac disease: A double-blind randomized placebo-controlled trial. **American Journal of Gastroenterology**, New York, v. 106, p. 508-514, 2011.

BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 29 set. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Diário Oficial da União, Brasília. 2003. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360\\_03rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360_03rdc.htm)>. Acesso em 30 set. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2001. Resolução RDC nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1543-1550, 2008.

COLLADO, L. S.; CORKE, H. Use of wheat-sweet potato composite flours in yellow-alkaline and white- salted noodles. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 73, n. 4, p. 439-444, 1996.

COLLAR, C. Significance of viscosity profile of pasted and gelled formulated wheat doughs on bread staling. **European Food Research and Technology**, New York, v. 216, p. 505-513, 2003.

DEL CASTILLO, V.; LESCANO, G.; ARMADA, M. Formulación de alimentos para celíacos con base en mezclas de harinas de quínoa, cereales y almidones. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 59, n. 3, p. 332-336, 2009.

DORS, G. C.; CASTIGLIONI, G. L.; AUGUSTO-RUIZ, W. Utilização de farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 2, p. 63-67, 2006.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 56-65, 2008.

FERRARI, T. B.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S. Características dos Rizomas e do Amido de Araruta (*Maranta arundinacea*) em Diferentes Estádios de Desenvolvimento da Planta. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 93-98, 2005.

GONÇALVES, M. F. V.; SARMENTO, S. B. S.; DIAS, C. T. DOS S.; MARQUEZINI, N. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 270-276, 2009.

GREENE, J. L.; BOVELL-BENJAMIN, A.C. Sensory and Nutritive Qualities of Food, Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet-potato Flour. **Journal of Food Science**, Malden, v. 69, n. 4, p. 167-173, 2004.

HUSBY, S. et al. European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Guidelines for the Diagnosis of Coeliac Disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, Philadelphia, v. 54, n. 1, p. 136-160, 2012.

ISO - International Organization for Standardization. ISO 6647: Norme Internationale: Riz determination de la teneur em amylose. Suisse, p. 4, 1987.

TAVARES, J. A. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F. S.; COSTA, E. E. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1102-1109, 2012.

KOHYAMA, K., MATSUKI, J., YASUI, T., SASAKI, T. A differential thermal analysis of the gelatinization and retrogradation of wheat starches with different amylopectin chain lengths. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington, v. 58, p. 71-77, 2004.

LEON, E.; PISTON, F.; SHEWRY, P. R.; ROSELL, C. M.; MARTIN, A.; BARRO, F. Pasting properties of transgenic lines of a commercial bread wheat expressing combinations of HMW glutenin subunit genes. **Journal of Cereal Science**, London, v. 51, p. 344-349, 2010.

LEONEL, M., SARMENTO, S. B. S., FRANCO, C. M. L., OLIVEIRA, M. A., CEREDA, M. P. Avaliação de Cultivares de Batata Doce como Matéria-Prima para Extração de Amido. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 47-55, 2004.

MOORTHY, S. N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starch: a review. **Starch/Starke**, Weinheim, v. 54, p. 559-592, 2002.

NEIVA, I. P.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; FIGUEIREDO, J. A.; MENDONÇA FILHO, C. V.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, J.B. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UFVJM, Diamantina. **Horticultura Brasileira**, Campinas, n. 29, p. 537-541, 2011.

OLUWALANA, I. B.; MALOMO, S. A.; OGBODOGBO, E. O. Quality assessment of flour and bread from sweet potato wheat composite flour blends. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, Lake Haven, v. 6, n. 1, p. 65-76, 2012.

PERDON, A. A.; JULIANO, B. O. Amylose content of rice and quality of fermented cake. **Die Stärke**, Weinheim, v. 27, n. 6, p. 196-8, 1975.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some structural and Physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, London, v. 12, p. 505-513, 2006.

RAGAEI, S.; ABDEL-AAL, EL-S. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 95, p. 9-18, 2006.

ROJAS, J. A.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 13, p. 27-33, 1999.

SANTOS, J. C. DOS; SOUZA, D. C. L.; SANTANA, M. M. DE; CASTRO, A. A.; SILVA, G. F. DA. Estudo da cinética de secagem de batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 323-328, 2012.

SEVERO, M. G.; MORAES, K. DE; AUGUSTO-RUIZ; W. Modificação enzimática da farinha de arroz visando a produção de amido resistente. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 345-350, 2010.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MODESTA, R. C. D. Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 1-5, 2009.

SILVA, R. G. V. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2010.

SINGH, S.; SINGH, N.; MacRITCHIE. Relationship of polymeric proteins with pasting, gel dynamic- and dough empirical-rheology in different Indian wheat varieties. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 25, p. 19-24, 2011.

SYMONS, L. J., BRENNAN, C. S.. The effect of barley beta-glucan fiber fractions on starch gelatinization and pasting characteristics. **Journal of Food Science**, Malden, v. 69, p. 257-261, 2004.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. DE. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, 2008.

ZAIDUL, I. S. M.; NORULAINI, N. A. N.; OMAR, A. K. M.; YAMAUCHI, H.; NODA, T. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington, v. 69, p. 784–791, 2007.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1996. 5p.

ZAVAREZE, E. R., EL HALAL, S. L. M, PEREIRA, J. M., RADÜNZ, A. L., ELIAS, M. C., DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 1, p. 24-30, 2009.

ZENG, M.; MORRIS, C. F.; BATEY, I. L.; WRIGLEY, C. W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 74, n. 1, p. 63-71, 1997.

### **CAPÍTULO 3 (Artigo Científico 2)**

Aplicação de hidrocolóides em pão sem glúten e efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce

## 1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca é uma enteropatia crônica causada pelo consumo de proteínas do glúten de cereais, encontradas em trigo, centeio, cevada e aveia. Apesar dos avanços na compreensão da fisiopatologia desta doença e o desenvolvimento de terapias, atualmente o único tratamento seguro e efetivo para essa doença é a total restrição de alimentos que contenham glúten, no entanto, produtos de cereais, especialmente pães, são os principais componentes da dieta humana, sendo assim, a dieta de celíacos fica muito restrita e monótona (STORCK et al., 2009).

Conforme dados estatísticos apresentados pela Associação de Celíacos do Brasil, 47% dos pesquisados gostariam de encontrar pão sem glúten com maior facilidade, 21% massas alimentícias, 21% bolachas e biscoitos e 11% pizza, mostrando que produtos específicos são indispensáveis para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes celíacos (ACELBRA, 2014).

Os primeiros estudos sobre a substituição do glúten datam da década de 1960. Estes estudos descrevem a utilização de ingredientes, tais como glicerídeo monoestearato para substituir o glúten (JONGH, 1961). O desenvolvimento de pães com 100% de farinhas sem glúten torna-se tecnologicamente difícil, sendo muitas vezes necessária a combinação de diversos ingredientes e alteração dos processos tradicionais. O glúten, responsável pelas propriedades de extensibilidade, elasticidade, viscosidade e retenção de gás da massa, contribui para a aparência e estrutura do miolo dos pães. A rede de glúten é formada no pão de farinha de trigo devido à presença de duas proteínas, as gliadinas e as gluteninas, que, quando combinadas à água e misturadas, formam uma rede capaz de reter os gases da fermentação, conferindo à massa elasticidade (resistência à extensão) e extensibilidade (CAPRILES; ARÊAS, 2011).

A massa sem glúten não tem capacidade de reter o gás gerado durante a fermentação e forneamento, originando pão com baixo volume específico e miolo firme e borrachento (CROCKETT; Ie; VODOVOTZ; 2011; MOORE et al., 2004). Nestes pães forma-se um sistema de massa, onde a estabilização da célula de gás não se baseia na elasticidade fornecida por uma rede de proteínas, como na massa de pão de farinha de trigo, mas na estabilização por meio de uma alta viscosidade obtida pela adição de hidrocolóide e a gelatinização do amido. Uma alta viscosidade de massa pode proporcionar alguma retenção de gás, mas a falta de elasticidade geralmente dá origem a problemas com a estabilização da célula de gás (KLOEK;

van VLIET; MEINDERS, 2001; MILLS et al., 2003; van RIEMSDIJK; van der GOOT, 2011).

Para o desenvolvimento de produtos sem glúten, tem-se utilizado várias farinhas, sendo que a farinha de arroz e o amido de mandioca são comumente usados devido à boa digestibilidade, cor branca e sabores neutros. A farinha de arroz apresenta propriedades hipoalergênicas, devido ao seu baixo teor de proteínas e baixo nível de prolaminas (CROCKETT; Ie; VODOVOTZ; 2011; SIVARAMAKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004;). Porém, a farinha de arroz é incapaz de desenvolver rede protéica similar ao glúten. Por isso, aditivos como hidrocolóides, emulsificantes, produtos lácteos, proteínas, amido gelatinizado e enzimas têm sido utilizados visando melhorar as qualidades reológicas da massa, o volume final, as características estruturais e de textura, bem como a vida útil de pães sem glúten (DEMIRKESEN; SUMNU; SAHIN, 2013; GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004; MAHMOUD, 2013; STORCK et al., 2009; TURABI; SUMNU; SAHIN, 2010).

Os hidrocolóides são aditivos alimentares que têm função de espessar, estabilizar, encorpar, melhorar a palatabilidade, aumentar a retenção de umidade, conferir viscosidade, elasticidade e dar a textura desejada ao alimento produzido. Vários estudos mostram que o aumento da viscosidade da massa melhora a capacidade de retenção de gás e gera produtos com maior volume e miolos com melhores características estruturais e de textura (CHAISAWANG; SUPHANTHARIKA, 2005; CHAISAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006; DEL BEM; POLESİ; SARMENTO 2011; GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004; MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004; YLIMAKI et al., 1991).

Alguns exemplos de hidrocolóides que estão sendo relacionados com a melhoria das propriedades dos pães sem glúten são: hidroxipropilmetilcelulose, carboximetilcelulose, gomas: locusta, guar e xantana, pectina,  $\beta$ -glucana. No geral, os hidrocolóides são adicionados em níveis que variaram de 1 a 4% (base farinha) e os melhores resultados em termos de volume e textura foram obtidos pela incorporação de 1 a 2%. Os resultados são variáveis em função da formulação e das condições de processamento (DEMIRKESEN et al., 2010; YLIMAKI et al., 1991; GALLAGHER, GORMLEY e ARENDT, 2003; GAMBUS; SIKORA; ZIOBRO, 2007; LAZARIDOU et al., 2007; McCARTHY et al., 2005; SÁNCHEZ, OSELLA; DE LA TORRE, 2002; SCHOBER et al., 2005).

Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é reconhecido mundialmente como um alimento de baixo índice glicêmico com um índice glicêmico (GI) de <55 (BJÖRCK; LILJEBERG; OSTMAN, 2000) e vários pesquisadores têm procurado o desenvolvimento de

produtos com farinha de batata-doce (JYOTHI et al., 2011, 2012; LIMROONGREUNGRAT ; HUANG, 2007; MENON; PADMAJA; SAJEEV, 2015).

O objetivo do presente estudo foi utilizar os hidrocolóides carboximetilcelulose (CMC) e goma xantana em uma base farinácea de farinha de arroz para desenvolvimento de pão sem glúten, para verificar o melhor resultado em relação à textura, cor e volume específico, e assim realizar a substituição da farinha de arroz pela farinha de batata-doce, e analisar os seus efeitos sobre os parâmetros texturais, cor e volume específico dos mesmos, assim como verificar a qualidade microbiológica no período de armazenamento e a aceitabilidade do uso da farinha de batata-doce em formulação de pão sem glúten.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Para as formulações dos pães, a farinha de arroz foi adquirida no mercado local e caracterizada (umidade 13,31%, proteína 10,34%, lipídio 1,41%, cinzas 0,31%, fibras alimentares 0,76%, carboidratos 75,03%). Os demais ingredientes da formulação foram adquiridos no mercado local, e foram os seguintes: albumina de ovo pasteurizada desidratada (Luz Alimentos®), margarina 80% de lipídios (Qualy®), açúcar cristal (Cristal alimentos®), fermento biológico seco (Fleischmann®) e sal (Cisne®). Os hidrocolóides goma xantana e carboximetilcelulose foram doados pelas empresas Premier Alimentos LTDA e Fego Alimentos LTDA, respectivamente.

A formulação utilizada está apresentada na Tabela 8. Foi realizado um ensaio com delineamento inteiramente casualizado (DIC) o qual constou na aplicação de dois tipos de hidrocolóides (carboximetilcelulose - CMC e goma xantana - GX) com nível de dosagem total de 2% em seis tratamentos, de acordo com o apresentado na Tabela 8, com 4 repetições originais, totalizando 24 unidades experimentais, conforme metodologia utilizada por Mezaize et al. (2009) e por Demirkesen, Sumnu e Sahin (2013).

**Tabela 8.** Proporção dos ingredientes nas formulações de pão de arroz.

Ingredientes	Sem goma (controle)	FORMULAÇÕES				
		FB	FC	FD	FE	FF
Farinha de arroz (%)	100	100	100	100	100	100
Açúcar cristal (%)	12	12	12	12	12	12
Água (%)	150	150	150	150	150	150
Albumina (%)	10	10	10	10	10	10
Margarina (%)	10	10	10	10	10	10
Fermento biológico seco (%)	6	6	6	6	6	6
Sal (%)	2	2	2	2	2	2
CMC* (%)	-	-	2	1	1,5	0,5
Goma Xantana (%)	-	2	-	1	0,5	1,5

FB = 100% GX; FC = 100% CMC; FD = 50% CMC / 50% GX; FE = 75% CMC / 25% GX; FF = 25% CMC / 75% GX.

GX = Goma xantana; CMC = Carboximetilcelulose

Para a avaliação da substituição da farinha de arroz pela farinha de batata-doce (umidade 9,18%, proteína 9,92%, lipídio 1,72%, cinzas 1,51%, fibras alimentares 3,77% e carboidratos 77,81%), a mesma foi elaborada e caracterizada na planta piloto de panificação da Escola SENAI Vila Canaã. Sendo utilizada a mesma base do experimento com farinha de arroz (Tabela 8) para a elaboração do pão sem glúten com farinha de arroz e farinha de batata-doce, onde, após a produção e avaliação dos resultados do pão com farinha de arroz escolheu-se a melhor formulação.

Para obtenção dos pães com farinha de batata-doce será utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos de acordo com o apresentado na Tabela 9, com 4 repetições originais, totalizando 20 unidades experimentais.

**Tabela 9.** Proporção de farinha de arroz (FA) e farinha de batata-doce (FBD) nas formulações de pão sem glúten.

EXPERIMENTOS	Farinha de Arroz (%)	Farinha de Batata-doce (%)
Controle	100	-
F2	75	25
F3	50	50
F4	25	75
F5	-	100

## 2.2 Processamento dos pães

O processamento dos pães seguiu a metodologia de Sciarini et al. (2012) com adaptações, onde: albumina, margarina, açúcar, água e goma foram homogeneizados em batedeira planetária (Arno) por 4 minutos na velocidade 1, em seguida adicionou-se farinha de arroz, fermento biológico seco e sal, homogeneizando por mais 5 minutos na velocidade 3. A massa foi fracionada em porções de 60 g, sendo submetidas à fermentação em câmara a  $25 \pm 2$  °C e 85% umidade relativa por 30 minutos, em formas previamente untadas com margarina e polvilhadas com farinha de arroz. Após a fermentação, a massa foi submetida à operação de forneamento em forno elétrico (Layr) à 180 °C por 30 minutos.

Para o processamento dos pães com substituição da farinha de arroz, antes de adicionar a farinha, misturou-se a mescla de farinha (arroz e batata-doce), conforme apresentado na Tabela 9.

Nos dois experimentos os pães foram desenhados e colocados para resfriar até atingirem a temperatura ambiente  $25 \pm 2$  °C, em seguida foram armazenados em embalagens

de polietileno de baixa densidade e armazenados em temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C) para posterior realização das análises. Todas as análises ocorreram em no máximo 48 horas, ou seja, dois dias após a fabricação. Com exceção das amostras de pão com farinha de batata-doce e de arroz para análise microbiológica que ficaram até três semanas armazenadas em temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C).

## 2.3 Análises realizadas nos pães

### 2.3.1 Volume específico

Para a determinação do volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) deixaram-se os pães em temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C} \pm 2$ ) durante uma hora após o forneamento. Pesou-se em balança analítica (Gehaka) quatro pães para cada formulação sendo realizadas 10 replicatas. Em seguida, determinou-se o volume de cada pão pelo deslocamento de sementes de painço, conforme o método descrito por Leonel et al. (2006) e por Silva, Silva e Chang (1998). Calculou-se o volume específico pela razão entre o volume médio e a massa dos pães conforme a equação 1.

$$VE = \frac{v}{p} \quad (1)$$

Onde: VE – volume específico ( $\text{mL g}^{-1}$ ); p – peso (g); v – volume (mL).

### 2.3.2 Textura

Para a análise de textura utilizou-se o texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, Inglaterra), conforme metodologia proposta pelo *American Institute of Baking*. As amostras utilizadas para a análise encontravam-se no 2º dia após a data de fabricação. Foram avaliadas 4 amostras de cada formulação tomando-se os valores médios para cada parâmetro. Utilizou-se os seguintes parâmetros, conforme Esteller e Lannes (2005): probe cilíndrico 20 mm *perspex* P/20P, força de dupla compressão *test speed* 2,0 mm/s, *trigger force* 10 g, *type* auto, *post-test speed* 10 mm/s, *distance* 6,2 mm, *force* 10 g, *acquisition* 200 pps.

As amostras foram mantidas na embalagem plástica de polietileno de baixa densidade para evitar ressecamento quando expostas ao ambiente. No momento da análise, foram

fatiadas com espessura média de 25 mm, resultando em 4 leituras para cada amostra, totalizando 16 leituras para cada repetição.

### 2.3.3 Cor

As análises de cor do miolo e da crosta dos pães foram realizadas em colorímetro (Hunter-Lab, Color Quest II, Reston, EUA), com os valores de L\* variando entre o zero (preto) e cem (branco), a\* do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*) e b\* do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*). As determinações foram realizadas com dez leituras para cada repetição, totalizando três repetições, avaliados pelo teste de médias.

### 2.3.4 Análises microbiológicas

As análises de contagem de Coliformes a 45°C, presença de *Salmonella* sp em 25 g e contagem de bolores e leveduras seguiram os procedimentos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001). Para o experimento com substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce foi realizado uma análise de vida útil em relação à qualidade microbiológica.

### 2.3.5 Análise sensorial

O teste selecionado para os pães de farinha de arroz e avaliação dos hidrocolóides foi o afetivo de ordenação – preferência sendo realizado na Escola SENAI Vila Canaã. Os participantes do teste foram 50 voluntários não portadores de doença celíaca e consumidores de pães, estudantes e funcionários da escola, sendo 33 mulheres e 17 homens, na faixa etária entre 18 e 49 anos.

Os pães foram avaliados em seu dia 02 de validade. As amostras foram servidas em fatias com espessura de 1,5 cm, à temperatura ambiente ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), codificadas com três dígitos aleatórios, sob luz branca, juntamente com a ficha de avaliação (Apêndice A) e um copo com água filtrada para cada voluntário.

O atributo sensorial textura foi avaliado utilizando-se ordem crescente de preferência. Ou seja, a mais preferida foi atribuído o número 1 e, a menos preferida, o número 6, estabelecendo que a menor pontuação corresponda à melhor classificação da ordem de preferência (IAL, 2005).

Já a avaliação sensorial dos pães com substituição de farinha de arroz por farinha de batata-doce foi realizada utilizando o teste afetivo – aceitação, sendo realizada na Escola

SENAI Vila Canaã. Os participantes do teste foram 128 voluntários não portadores de doença celíaca e consumidores de pães, estudantes e funcionários da escola, sendo 84 mulheres e 44 homens, na faixa etária entre 18 e 59 anos.

A apresentação da amostra de pão com substituição de farinha de arroz por farinha de batata-doce foi avaliado em seu segundo dia de armazenamento. A amostra foi servida em fatia com espessura de 1,5 cm, à temperatura ambiente ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), codificadas com três dígitos aleatórios, sob luz branca, juntamente com a ficha de avaliação e um copo com água filtrada para cada voluntário.

A aceitação da amostra foi avaliada utilizando-se escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente; 5 = nem gostei, nem desgostei; 1 = desgostei extremamente) avaliando os seguintes atributos sensoriais: estrutura do miolo, cor, aroma, sabor, textura e aceitação global, conforme Apêndice B.

Também avaliou-se a intenção de compra da amostra utilizando escala de atitude de 5 pontos (5 = certamente compraria; 3 = talvez compraria / talvez não compraria; 1 = certamente não compraria), conforme Apêndice B.

#### **a) Índice de aceitabilidade para o pão com farinha de batata-doce**

Os atributos estrutura do miolo, cor, aroma, sabor, textura e aceitação global foram calculados quanto ao índice de aceitabilidade (IA), tendo como base notas médias obtidas no teste de aceitação (DAMÁSIO; SILVA, 1996; DUTCOSKY, 1996). Para o cálculo foi adotada a seguinte expressão matemática (2):

$$IA = (A/B) \times 100 \quad (2)$$

Em que,

A = nota média obtida para o produto;

B = nota máxima dada ao produto.

Este trabalho previamente foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFG, conforme a Resolução CNS 466/2012 e somente foi executado mediante a aprovação, com registro número CAAE: 30890214.0.0000.5083.

## 2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Foram utilizados procedimentos do ambiente SAS (*Statistical Analysis System*).

A análise dos resultados do teste de ordenação - preferência foi realizada pelo teste de Friedmann, utilizando-se a tabela Newell e Mac Farlane que indica a diferença crítica entre as somas totais de ordenação de acordo com o número de amostras e o número de julgamentos obtidos, ao nível de 5% de significância (ABNT, 1994).

No teste de aceitação e intenção de compra, os resultados foram analisados por médias e desvio padrão utilizando o programa Excel®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Pão com farinha de arroz e hidrocolóides

##### 3.1.1 Volume específico

Volume específico é uma das características visuais mais importante nos pães, a qual influencia fortemente a escolha do consumidor (ARENDRT et al., 2008). Hager e Arendt (2013) infere em seu estudo sobre a utilização de hidrocolóides em pão sem glúten que os mesmos constituem uma película interfacial nas fronteiras das células de gás, o que possivelmente, fornece estabilidade para as células durante a expansão nas etapas de fermentação e forneamento.

De acordo com a análise de variância (ANOVA) o volume específico entre as formulações apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) como descrito na Tabela 10.

**Tabela 10.** Média dos dados da análise de volume específico.

EXPERIMENTOS	VOLUME ESPECÍFICO ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ )
Sem goma (Controle)	$0,61^d \pm 0,08$
FB	$2,60^{ab} \pm 0,15$
FC	$2,76^a \pm 0,05$
FD	$2,43^b \pm 0,13$
FE	$2,48^{bc} \pm 0,07$
FF	$2,64^{ab} \pm 0,10$

FB = 100% GX; FC = 100% CMC; FD = 50% CMC / 50% GX; FE = 75% CMC / 25% GX; FF = 25% CMC / 75% GX.

GX = Goma xantana; CMC = Carboximetilcelulose

Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Conforme apresentado na Tabela 10 a amostra sem hidrocolóide (FA) foi a que apresentou o menor volume específico, FC e FF,  $2,76 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  e  $2,64 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  respectivamente, foram as formulações que obtiveram os melhores resultados, não diferindo significativamente entre si.

Mezaize et al. (2009) em seu estudo obtiveram um volume específico para utilização de goma xantana (0,6%) e CMC (1%) próximos de  $2,50 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ , não obtendo diferença significativa entre ambos e nem ao controle. Logo, levando-se em consideração o percentual atingido em relação ao controle, neste trabalho a formulação testada obteve um acréscimo do volume específico superior ao encontrado por Mezaize et al. (2009).

Demirkesen, Sumnu e Sahin (2013) em uma formulação com 100% farinha de arroz e com uma mistura de goma xantana e goma guar encontraram um volume específico inferior a  $1,00 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Enquanto Sciarini et al. (2010) em seu estudo com uma mescla de farinhas de arroz, milho e soja e com utilização de 158% de água na formulação, encontraram para a aplicação de CMC (0,5%) e Goma Xantana (0,5%) valores próximos de 2,6 e  $2,8 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ , respectivamente. Onde a goma xantana obteve um melhor resultado em relação à CMC.

Sabanis e Tzia (2011) em suas formulações de pão de forma quando utilizaram amido de milho e farinha de arroz com adição de 2% de goma xantana obtiveram volume específico de  $2,65 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ .

Sciarini et al. (2012) utilizaram formulação com farinha de arroz, amido de mandioca e farinha de soja ativa com alto teor de gordura, onde o percentual de água utilizado foi de 75% e 0,5% de hidrocolóide, obteve valores baixos para o volume específico, goma xantana  $1,86 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  não diferindo significativamente do controle sem goma e CMC  $2,14 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  sendo superior ao controle. Visto que o controle obteve um volume específico de  $1,98 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ , mostra-se que neste trabalho as gomas utilizadas na formulação com 100% farinha de arroz obtiveram um percentual de aumento no volume específico mais expressivo.

Comparando-se o percentual de aumento do trabalho realizado por Sciarini et al. (2010) que utilizaram quantidade de água semelhante a este estudo, este percentual de aumento do volume específico para CMC ficou semelhante ao deste estudo. Podendo-se afirmar que o conteúdo de água da formulação interfere no acréscimo do volume específico, bem como o tipo de farinha/amido utilizado.

Conforme relatado por Sciarini et al. (2010) o efeito do hidrocolóide no volume específico de pão é altamente dependente da formulação utilizada, do nível de incorporação de hidrocolóide e da origem e fonte do mesmo, em sistemas com elevado teor de água tem sido demonstrado que os hidrocolóides aumentam o volume do pão através de um aumento na consistência massa, o que facilita a retenção de gás durante mistura e impermeabilização.

### 3.1.2 Textura

A textura é outra característica importante de qualidade no pão, onde um miolo flexível e macio é mais desejável. Os hidrocolóides são amplamente utilizados na indústria de panificação para conferir melhores propriedades de textura e aparência para alimentos à base de farinhas. Gallagher, Gormley e Arendt (2004) e Barcenas e Rosell (2005) estudaram o efeito de diversos hidrocolóides em formulações de pães sem glúten.

Neste estudo, de acordo com o apresentado na Tabela 11, todas as formulações contendo hidrocolóide obtiveram um pão mais macio ( $p < 0,05$ ) em comparação com o controle sem hidrocolóide. Uma tendência semelhante foi encontrada para os demais parâmetros avaliados. Pode se observar que com baixa concentração de CMC (FE) e alta concentração de goma xantana (FF) ocorreu aumento significativo da dureza e da mastigabilidade nos pães. Bortolotto (2009) em seu estudo identificou que ao aumentar ou diminuir a concentração de CMC em relação à concentração de goma xantana, o gel formado apresentou-se mais forte que o gel com concentrações iguais dos dois hidrocolóides, isso pode explicar o aumento da dureza e da mastigabilidade nas formulações FE e FF, pois segundo Katzbauer (1998) a força do gel está correlacionada com o fenômeno de retrogradação, isto é, quanto maior a força, maior a retrogradação, logo, maior o valor de dureza e mastigabilidade.

Na formulação controle, 100% de farinha de arroz sem hidrocolóides, obteve-se uma dureza de 13,9 N. Demirkesen et al. (2010) em seu estudo sobre utilização de farinha de castanha em formulações de pão sem glúten, ao avaliar a formulação controle com 100% de farinha de arroz e sem hidrocolóides encontraram valores de dureza próximos a 3 N. Este valor 4 vezes menor ao encontrado neste trabalho justifica-se pela composição do grão de arroz utilizado pelo autor em questão, com teor protéico menor e teor de lipídios e fibras maiores. Já Hager e Arendt (2013) encontraram valor para o seu controle sem utilização de hidrocolóide de 18,8 N, sendo este valor pouco acima ao encontrado neste trabalho devido à menor quantidade de água utilizada na formulação desses autores.

De acordo com a Tabela 11, verificou-se que a dureza variou 791,5% (diferença entre as formulações), sendo o maior valor pertencente à formulação com porcentagem maior de goma xantana e menor de CMC, na proporção de 0,75:0,25. Em contrapartida, o menor valor de dureza corresponde à formulação com porcentagens iguais das 2 gomas, na proporção de 0,5:0,5, mostrando que a interação das duas gomas em percentuais iguais possui um resultado positivo, em acordo com o encontrado por Bortolotto (2009).

Alvarez-Jubet et al. (2010) com uma formulação de pão sem glúten de farinha de arroz e amido de batata utilizando 0,5% de goma xantana conseguiram uma dureza do miolo de aproximadamente 4 N. Enquanto que neste estudo com a utilização de 2% de goma xantana conseguiu-se um valor de aproximadamente 1 N. Isso mostra que o tipo de amido utilizado influencia diretamente na textura do pão sem glúten.

Para uma avaliação de eficiência do hidrocolóide utilizado pode-se afirmar que com relação à textura a CMC e a goma xantana utilizadas separadamente ou a sua mescla de 50% não diferiram significativamente ao nível de 5%.

### 3.1.3 Cor

Analisando a cor da crosta apresentado na Tabela 12 observa-se que para o parâmetro de luminosidade ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o controle e todas as formulações, porém FB e FC não diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ). Ao aplicar a (s) goma (s) pode-se observar que as crostas dos pães tornaram-se mais escuras que o controle.

Verifica-se que em relação ao parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ), todas as formulações com adição de gomas foram significativamente diferentes da formulação controle. A formulação com igual proporção das duas gomas (FD) apresentou um valor  $L^*$  significativamente maior que as demais formulações. Em geral, os valores de  $L^*$  mais elevados, indicando uma crosta com uma coloração mais clara.

Em relação aos parâmetros de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) da crosta, verifica-se que todas as formulações se apresentaram nas regiões do vermelho e do amarelo, que em termos instrumentais da cor são característicos de valores positivos para ambas as coordenadas. Resultando em uma crosta mais dourada que o controle.

Com relação à análise da cor do miolo, verifica-se, uma uniformidade maior em todos os parâmetros de cor. Para o parâmetro de luminosidade  $L^*$  os resultados apresentam um miolo mais claro que a crosta, e a FB foi a formulação que apresentou estatisticamente o miolo mais escuro. No que refere-se aos parâmetros de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) do miolo não foi verificada diferença significativa entre as formulações. Sendo pães com o miolo mais claro, mais apreciados pelos consumidores de um modo geral.

**Tabela 11.** Perfil textural dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz com diferentes hidrocolóides (goma xantana e carboximetilcelulose) e suas interações.

Parâmetros	Formulações					
	Sem goma (controle)	FB	FC	FD	FE	FF
Dur. <sup>2</sup>	1392,78 <sup>a</sup> ± 258,85	110,72 <sup>c</sup> ± 17,84	142,73 <sup>c</sup> ± 79,24	106,54 <sup>c</sup> ± 52,24	417,00 <sup>c</sup> ± 19,51	949,76 <sup>b</sup> ± 248,59
Elast. <sup>3</sup>	0,47 <sup>a</sup> ± 0,01	0,43 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,44 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,40 <sup>b</sup> ± 0,18	0,40 <sup>b</sup> ± 0,03	0,35 <sup>c</sup> ± 0,02
Coef. <sup>4</sup>	0,80 <sup>a</sup> ± 0,01	0,75 <sup>bcd</sup> ± 0,02	0,77 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,72 <sup>cd</sup> ± 0,02	0,75 <sup>bc</sup> ± 0,02	0,71 <sup>d</sup> ± 0,00
Mastig. <sup>5</sup>	1080,93 <sup>a</sup> ± 223,42	66,07 <sup>c</sup> ± 19,17	104,76 <sup>c</sup> ± 68,33	48,11 <sup>c</sup> ± 20,12	262,51 <sup>c</sup> ± 31,58	600,70 <sup>b</sup> ± 178,90

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. <sup>2</sup>dureza (gf), <sup>3</sup>elasticidade, <sup>4</sup>coesividade, <sup>5</sup>mastigabilidade (gf. mm)

FB = 100% GX; FC = 100% CMC; FD = 50% CMC / 50% GX; FE = 75% CMC / 25% GX; FF = 25% CMC / 75% GX.

GX = Goma xantana; CMC = Carboximetilcelulose

**Tabela 12.** Cor dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz com diferentes hidrocolóides (goma xantana e carboximetilcelulose) e suas interações.

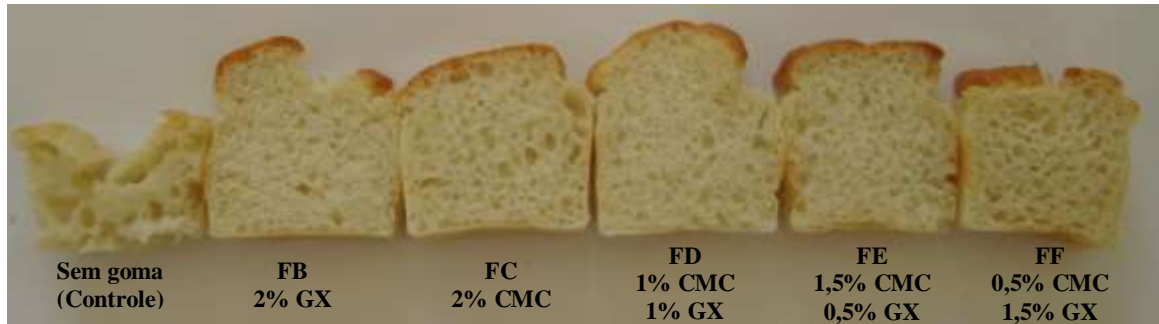
Formulações	Crosta			Miolo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Sem goma (controle)	60,77 <sup>a</sup> ± 6,79	5,42 <sup>c</sup> ± 2,65	21,40 <sup>bc</sup> ± 6,22	65,69 <sup>ab</sup> ± 3,42	0,45 <sup>b</sup> ± 1,43	9,34 <sup>a</sup> ± 3,28
FB	37,26 <sup>e</sup> ± 3,72	17,08 <sup>b</sup> ± 2,10	17,24 <sup>d</sup> ± 2,22	61,75 <sup>c</sup> ± 4,68	1,92 <sup>ab</sup> ± 3,48	7,67 <sup>a</sup> ± 2,53
FC	36,15 <sup>e</sup> ± 2,12	18,46 <sup>a</sup> ± 0,90	14,10 <sup>e</sup> ± 1,63	63,57 <sup>bc</sup> ± 4,24	1,20 <sup>ab</sup> ± 1,01	7,84 <sup>a</sup> ± 1,86
FD	51,30 <sup>b</sup> ± 3,15	19,28 <sup>a</sup> ± 1,76	26,62 <sup>a</sup> ± 2,01	67,76 <sup>a</sup> ± 3,38	0,91 <sup>ab</sup> ± 2,36	7,83 <sup>a</sup> ± 5,52
FE	47,20 <sup>c</sup> ± 8,01	18,76 <sup>a</sup> ± 1,74	23,35 <sup>b</sup> ± 4,30	67,81 <sup>a</sup> ± 2,27	0,95 <sup>ab</sup> ± 0,27	7,61 <sup>a</sup> ± 0,69
FF	43,15 <sup>d</sup> ± 2,75	18,48 <sup>a</sup> ± 0,49	19,05 <sup>cd</sup> ± 1,02	65,68 <sup>ab</sup> ± 7,46	2,53 <sup>a</sup> ± 3,32	9,24 <sup>a</sup> ± 2,22

\*Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

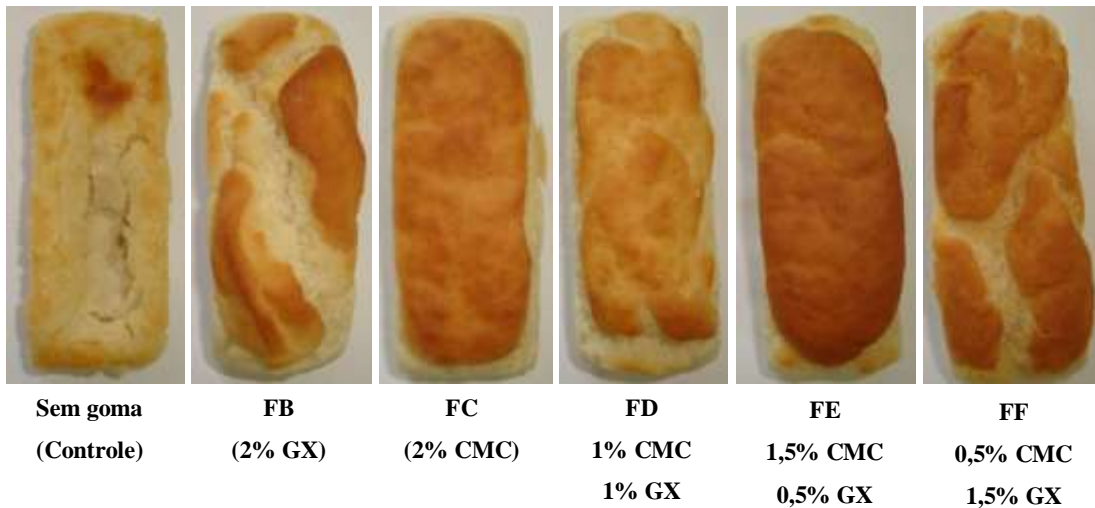
FB = 100% GX; FC = 100% CMC; FD = 50% CMC / 50% GX; FE = 75% CMC / 25% GX; FF = 25% CMC / 75% GX.

GX = Goma xantana; CMC = Carboximetilcelulose

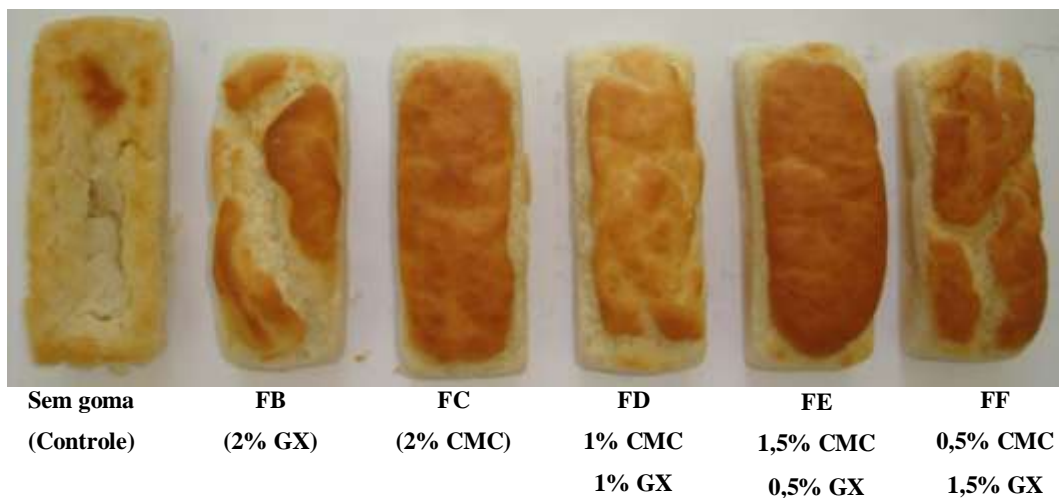
As Figuras 4, 5 e 6 mostram os resultados da aplicação dos hidrocolóides no pão sem glúten com farinha de arroz.



**Figura 4.** Efeito da aplicação de hidrocolóides no miolo dos pães elaborados com farinha de arroz.



**Figura 5.** Efeito da aplicação de hidrocolóides na crosta dos pães elaborados com farinha de arroz



**Figura 6.** Comparativo no desenvolvimento geral dos pães entre as formulações de pão sem glúten com farinha de arroz e hidrocolóides

Observando-se as figuras dos pães, a formulação sem goma foi a que manteve mais próxima das medidas da forma utilizada, no entanto, não conseguiu reter o gás formado na fermentação, ocorrendo uma depressão na parte superior e miolo com presença de bolhas grandes e característica de pão “borrachento”. As formulações com maior proporção de CMC foram as que obtiveram a melhor formação de crosta, ou seja, menos deformada, isso pode ser explicado pela capacidade da CMC em formar uma rede juntamente com o amido para uma melhor e mais uniforme retenção de gás.

Conforme os resultados encontrados nas análises de volume específico, cor da crosta e do miolo e textura do miolo, as amostras com a utilização de hidrocolóides apresentaram uma melhora significativa em relação ao controle. E com relação à aplicação dos hidrocolóides, estes resultados apontam para a utilização da amostra com 100% CMC. Sendo necessária a avaliação sensorial para verificar a preferência dos julgadores.

#### 3.1.4 Análise microbiológica

Os pães foram analisados microbiologicamente um dia após a sua fabricação. Os resultados da análise microbiológica estão dispostos na Tabela 13. Estes apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2001), confirmando que o processamento do pão foi satisfatório do ponto de vista de segurança microbiológica.

**Tabela 13.** Análise microbiológica dos pães elaborados com farinha de arroz.

Microrganismos	<i>Salmonella</i> sp 25 g <sup>-1</sup>	Coliformes 45°C NMP.g <sup>-1</sup>	Bolores e leveduras UFC.g <sup>-1</sup>
LIMITES PERMITIDOS (VMP*) (MS – ANVISA – RDC 12 <sup>a</sup> )	Ausência em 25 g	Máximo 10 <sup>2</sup>	-
Sem goma (controle)	Ausência em 25 g	<10	1
FB – 100% GX	Ausência em 25 g	<10	3
FC – 100% CMC	Ausência em 25 g	<10	1
FD – 50% CMC / 50% GX	Ausência em 25 g	<10	1
FE – 75% CMC / 25% GX	Ausência em 25 g	<10	2
FF – 25% CMC / 75% GX	Ausência em 25 g	<10	2

VMP: Valor Máximo Permitido

NMP: Número Mais Provável

Estes resultados são importantes porque demonstram que os pães foram processados com matérias primas e práticas de higiene atendendo aos requisitos necessários para consumo humano.

### 3.1.5 Análise sensorial dos pães elaborados com farinha de arroz

O teste foi aplicado para a escolha da formulação com melhor preferência para a aplicação dos hidrocolóides. O resultado deste teste, realizado para as 6 amostras de pão sem glúten, onde consta uma variação dos dois hidrocolóides e a formulação controle sem os hidrocolóides, apresenta-se na Tabela 14.

**Tabela 14.** Avaliação sensorial de preferência de pão sem glúten por ordenação para as amostras Sem goma (controle), FB, FC, FD, FE e FF.

Diferença da soma de ordens	Módulos da diferença
Controle - FB	143 (s)
Controle - FC	149 (s)
Controle - FD	133 (s)
Controle - FE	132(s)
Controle - FF	121(s)
FB - FC	6 (ns)
FB - FD	10 (ns)
FB - FE	11(ns)
FB - FF	22 (ns)
FC – FD	16 (ns)
FC – FE	17 (ns)
FC – FF	28 (ns)
FD – FE	1 (ns)
FD – FF	12 (ns)
FE – FF	11(ns)

(s) = significativo; (ns) = não significativo; dms (diferença mínima significativa) = 54

Teste de soma de ordens de Friedman, a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 14, a amostra controle (sem hidrocolóide) apresenta diferença significativa entre as demais formulações para o atributo textura. Sensorialmente não foi detectada preferência estatisticamente significativa ao nível de 5% de significância entre as aplicações de hidrocolóides.

Logo, conforme os resultados encontrados nas análises laboratoriais realizadas pode-se inferir que a amostra de pão sem glúten com 100% de CMC foi a que mostrou o melhor comportamento perante os hidrocolóides testados. E sensorialmente não foi detectada diferença entre as mesmas, apenas na comparação com a amostra controle (sem goma). Este

resultado mostra a importância da utilização do hidrocolóide em formulações sem glúten, onde a diferença para a amostra sem o seu uso é perceptível inclusive sensorialmente.

### **3.2 Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce**

Com o intuito de melhorar o valor nutritivo, vários estudos descrevem aspectos da substituição total ou parcial de farinha de trigo por polpa, farinha ou amido de batata-doce para produção de produtos panificados e massas alimentícias (ABDEL-BAKI et al., 1980; BAUCHAMP DE CALONI, 1989; CHANDRA-SHEKARA; SHURPALEKAR, 1983; CHEN et al., 2002; COLLADO E CORKE, 1996; DANSBY E BOVELLBENJAMIN, 2003; GREENE E BOVELL-BENJAMIN, 2004; HATHORN et al., 2008; OLUWALANA; MALOMO; OGBODOGBO, 2012; PALOMAR et al., 1981; WANJEKECHE E KEYA, 1995).

A partir da definição da melhor formulação teste do uso dos hidrocolóides elaboraram-se os pães conforme metodologia descrita nos itens 2.1 e 2.2, realizando a substituição de farinha de arroz por farinha de batata-doce.

#### **3.2.1 Volume específico**

Observa-se pela Tabela 15 que ao nível de 5% de significância ocorreu diferença significativa entre as amostras Controle, F2 e F5 para o volume específico. Enquanto que as amostras F3 e F4 não diferiram significativamente. A amostra Controle (100% FA) foi a que apresentou o maior volume específico ( $2,65 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ), e amostra F2 (com substituição de 25% de farinha de arroz por farinha de batata-doce) foi a que apresentou o melhor resultado dentre as substituições ( $2,29 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ).

De acordo com a análise de variância (ANOVA) o volume específico entre as formulações apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) como descrito na Tabela 15.

Os resultados encontrados neste trabalho sugerem uma interação das fibras da farinha de batata-doce com os componentes das formulações, resultando em diminuição dos volumes específicos à medida que se aumentava a quantidade desta farinha.

**Tabela 15.** Média dos dados da análise de volume específico dos com farinha de arroz e farinha de batata-doce.

EXPERIMENTOS	VOLUME ESPECÍFICO (cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup> )
Controle	2,65 <sup>a</sup> ± 0,17
F2	2,29 <sup>b</sup> ± 0,11
F3	1,82 <sup>c</sup> ± 0,09
F4	1,63 <sup>c</sup> ± 0,11
F5	1,21 <sup>d</sup> ± 0,18

Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Trejo-González, Loyo-González e Munguía-Mazariegos (2014) em seu estudo sobre a avaliação do efeito de substituição de farinha de trigo por farinha de batata-doce em pães, fez uma adição de até 20% de farinha de batata-doce e observou que quanto maior o percentual adicionado menor o volume específico ocasionando uma redução 12%. Essa redução do volume específico neste estudo foi principalmente pela redução da quantidade de glúten na formulação. Segundo Bojňanská et al. (2012) ao diminuir a quantidade de glúten, a capacidade de manter o gás durante a fermentação crescente da massa também é reduzida, e consequentemente influencia no volume mais baixo.

Comparando os valores encontrados neste estudo para a substituição de até 100% de substituição de farinha de batata-doce ocorreu uma redução de 54% do volume específico, e para a substituição de 25% o valor da redução foi 13,5%, considerado compatível com o valor encontrado por Trejo-González, Loyo-González e Munguía-Mazariegos (2014).

### 3.2.2 Textura

De acordo com o apresentado na Tabela 16, as formulações Controle (0% FBD) e F2 (25% FBD) não diferiram significativamente ao nível de 5% com relação a todos os parâmetros de textura. A substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce acarretou em um aumento progressivo no perfil textural das formulações estudadas.

Trejo-González, Loyo-González e Munguía-Mazariegos (2014) também encontraram um aumento na dureza das amostras, resultando em um aumento de 117% para uma substituição de 20% de farinha de batata-doce em pães com farinha de trigo, encontrando a dureza para a amostra com esse percentual de farinha de batata-doce com 3,20 N. Neste estudo para F2 (25% FBD) o aumento na dureza foi de 150%, e o valor encontrado foi de 3,28 N. Isso mostra que com a mescla de farinha de arroz e batata-doce, consegue-se adicionar um

percentual maior de farinha de batata-doce do que quando comparado com as formulações com farinha de trigo.

Oluwalana, Malomo e Ogbodogbo (2012) em seu estudo encontraram que a melhor proporção de farinha de batata-doce para farinha de trigo foi de 15:85, não apresentando diferença significativa para todos os parâmetros estudados, os autores não apresentaram resultados para a formulação com 100% de farinha de batata-doce. Noorfarahzilah et al. (2014) estudaram os pontos fortes, pontos fracos e aplicações das misturas de farinhas para melhorar as suas propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais.

Evangelho et al. (2012) em seu estudo sobre propriedades tecnológicas e nutricionais de pães com diferentes proporções de farinha de arroz e farinha arroz extrusada, encontraram em seu padrão com apenas farinha de arroz e polvilho azedo, uma dureza de 2 N, e com a adição de 10 e 25% valores superiores a 10 N, no entanto, quando aumentou-se o percentual de farinha de arroz extrusada (até 75%), a dureza caiu para 2 N, porém com comprometimento da estrutura do miolo, formando bolhas grandes e deformando o pão.

Estes mesmos autores ao avaliarem a textura dos pães elaborados em seu tempo de armazenamento observaram que a sua formulação padrão com 120 h de estocagem chegou a uma textura de 28 N. Esteller et al. (2004) ressaltam que o aumento da dureza nos pães, durante a estocagem, é justificado pela retrogradação do amido e pela redução da água na massa após a cocção.

Neste trabalho a textura foi avaliada no segundo dia após a fabricação (48 h), e foi encontrado valores bem menores do que os valores mostrados por Evangelho et al. (2012) em seu armazenamento de 24 h, mostrando que a mescla de farinhas estudadas é interessante no quesito textura.

A farinha de arroz inicialmente produz um pão com uma textura inferior à farinha de batata-doce, isso pode ser comprovado pelos dados da análise de RVA das duas farinhas, onde a farinha de arroz obteve uma maior tendência à retrogradação que a farinha de batata-doce, porém com o tempo de armazenamento, a farinha de arroz possui capacidade de enrijecimento do miolo do pão, enquanto que a farinha de batata-doce o deixa mais macio, porém com característica de esfarelamento. O que pode ser observado pelos resultados de mastigabilidade, quanto mais se aumenta a concentração de farinha de batata-doce maior é este número.

**Tabela 16.** Perfil textural dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz e farinha de batata-doce e bem como suas mesclas.

Parâmetros	Formulações				
	F1	F2	F3	F4	F5
Dur. <sup>2</sup>	131,39 <sup>c</sup> ± 31,19	328,47 <sup>c</sup> ± 82,89	822,26 <sup>b</sup> ± 154,45	1007,40 <sup>b</sup> ± 121,79	1835,99 <sup>a</sup> ± 356,82
Elast. <sup>3</sup>	0,436 <sup>a</sup> ± 0,04	0,393 <sup>ab</sup> ± 0,04	0,397 <sup>ab</sup> ± 0,05	0,368 <sup>b</sup> ± 0,04	0,401 <sup>ab</sup> ± 0,07
Coes. <sup>4</sup>	0,76 <sup>a</sup> ± 0,04	0,687 <sup>ab</sup> ± 0,05	0,672 <sup>b</sup> ± 0,06	0,626 <sup>b</sup> ± 0,06	0,647 <sup>b</sup> ± 0,09
Mastig. <sup>5</sup>	97,78 <sup>c</sup> ± 19,94	225,84 <sup>c</sup> ± 64,85	538,05 <sup>b</sup> ± 145,62	599,57 <sup>b</sup> ± 66,11	1141,80 <sup>a</sup> ± 309,37

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. <sup>2</sup>dureza (gf), <sup>3</sup>elasticidade, <sup>4</sup>coesividade, <sup>5</sup>mastigabilidade (gf. mm)

**Tabela 17.** Cor dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz e farinha de batata-doce e bem como suas mesclas.

Formulações	Crosta			Miolo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Controle	42,18 <sup>c</sup> ± 2,30	17,43 <sup>a</sup> ± 1,23	18,01 <sup>b</sup> ± 1,55	62,64 <sup>a</sup> ± 2,4	0,69 <sup>c</sup> ± 1,36	8,18 <sup>d</sup> ± 2,48
F2	46,89 <sup>ba</sup> ± 2,86	16,49 <sup>ba</sup> ± 1,27	22,94 <sup>a</sup> ± 1,45	54,75 <sup>b</sup> ± 3,79	3,14 <sup>c</sup> ± 2,84	12,90 <sup>c</sup> ± 3,23
F3	43,84 <sup>bc</sup> ± 3,70	13,64 <sup>bc</sup> ± 5,03	17,65 <sup>b</sup> ± 1,64	51,13 <sup>b</sup> ± 5,68	7,22 <sup>b</sup> ± 6,75	16,21 <sup>ba</sup> ± 3,98
F4	49,44 <sup>a</sup> ± 1,52	13,64 <sup>c</sup> ± 5,03	22,68 <sup>a</sup> ± 1,22	55,26 <sup>b</sup> ± 1,38	3,55 <sup>cb</sup> ± 0,50	15,14 <sup>bc</sup> ± 0,86
F5	42,12 <sup>c</sup> ± 4,65	12,33 <sup>c</sup> ± 3,68	17,69 <sup>b</sup> ± 2,27	45,93 <sup>c</sup> ± 7,04	11,84 <sup>a</sup> ± 4,25	18,40 <sup>a</sup> ± 3,66

\*Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey

### 3.2.3 Cor

A cor é uma importante característica em produtos de panificação, pois, aliada a textura e ao aroma, contribui para a preferência dos consumidores (EVANGELHO et al., 2012).

A obtenção de determinada cor é um parâmetro crítico em produtos forneados, sendo que pães com crosta muito clara ou muito escura estão associados a falhas no processamento. A temperatura de forneamento, aliada à presença de açúcares fermentescíveis, acelera as reações de Maillard e de caramelização, levando ao escurecimento progressivo da crosta e do miolo, que pode ou não ser desejável (ESTELLER; AMARAL; LANNES, 2004; ESTELLER; LANNES, 2005).

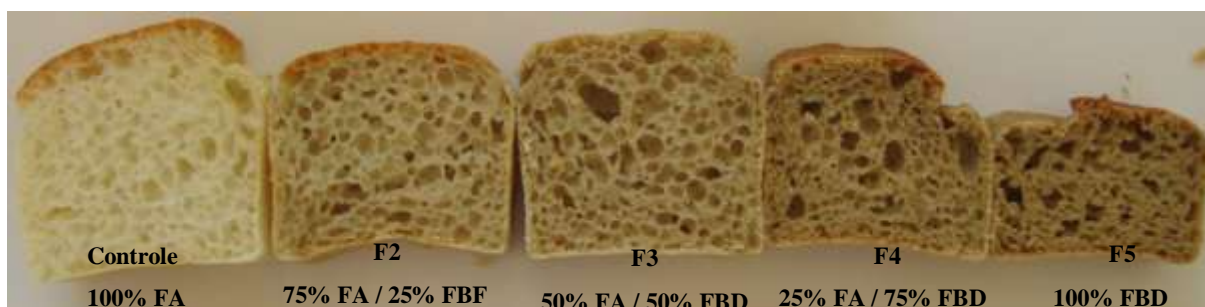
Na Tabela 17, estão apresentados os parâmetros de cor avaliados no pão controle e nos pães adicionados de farinha de batata-doce. É possível observar que para a crosta o parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) não ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações Controle, F3 e F5. Estas formulações foram as que encontraram uma luminosidade mais próxima do zero, ou seja, mais claras. Isso demonstra que a amostra com 100% de farinha de batata-doce não resultou em escurecimento da crosta em relação à formulação controle (100% de farinha de arroz). No entanto, F2 (25% FBD) e F4 (75% FBD) foram as formulações que apresentaram estatisticamente a crosta mais escura em relação ao Controle.

Em relação aos parâmetros de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) da crosta, verifica-se que todas as formulações se apresentaram nas regiões do vermelho e do amarelo, que em termos instrumentais da cor são característicos de valores positivos para ambas as coordenadas. Para o parâmetro  $a^*$  quanto maior a proporção de FBD mais avermelhada ficou a amostra, e para  $b^*$  não ocorreu diferença significativa das amostras contendo 50% e 100% de FBD em relação à controle, porém as amostras com 25 e 75% FBD não diferiram entre si, mas diferiram das outras três, com essas duas amostras tendendo mais para o amarelo que as outras.

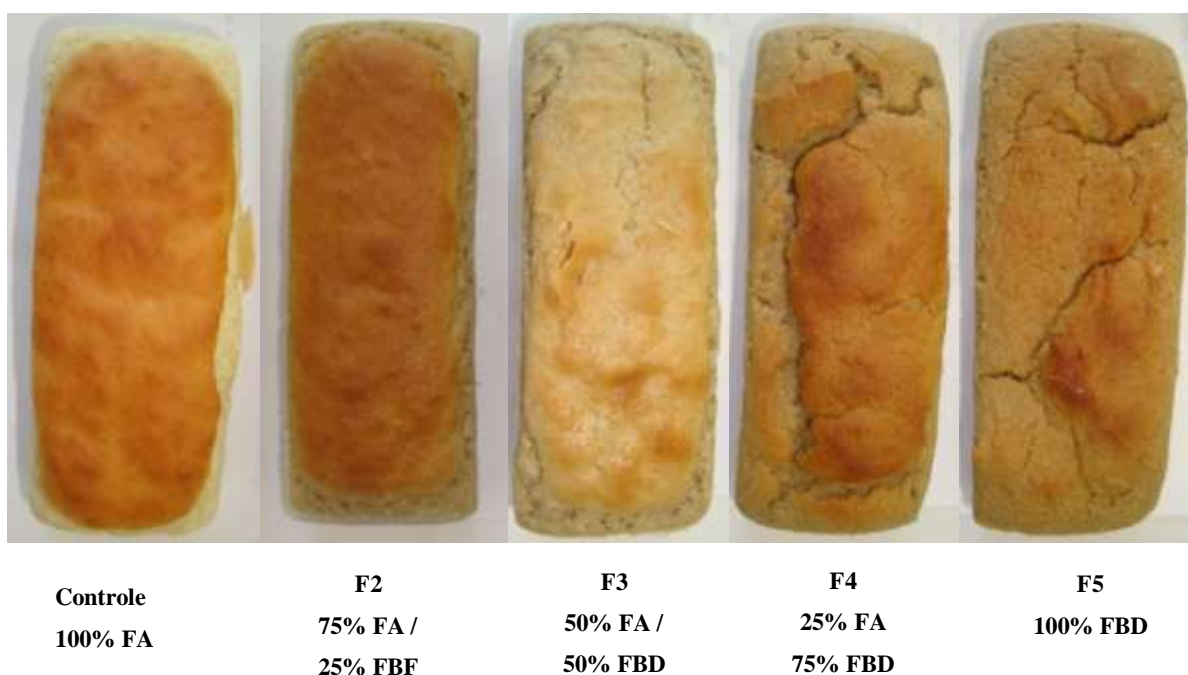
Com relação à análise da cor do miolo a Tabela 17 mostra que o aumento da proporção de farinha de batata-doce resultou em uma diminuição significativa no parâmetro de luminosidade  $L^*$ , ou seja, os resultados apresentam um miolo mais escuro para amostras com maior quantidade de farinha de batata-doce. Entre as formulações F2, F3 e F4 não ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para este parâmetro, sendo F5 (100% farinha de batata-doce) a formulação que apresentou estatisticamente o miolo mais escuro. No que refere se aos parâmetros de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ) do miolo foi verificado diferença significativa ( $< 0,05$ ) entre as formulações, apresentando miolos mais escuros com o acréscimo de farinha

de batata-doce. Para pães de farinha de trigo os miolos são mais claros e mais apreciados pelos consumidores, porém, com o aumento do consumo de pães com farinhas integrais e grãos, esta preferência está mudando, logo, estes pães podem ser bem aceitos e até serem direcionados para as linhas de pães especiais, o que para os celíacos seria uma melhoria na qualidade dos pães oferecidos no mercado.

Na Figura 7 pode-se observar que quanto maior a proporção da farinha de batata-doce mais escuro é o miolo, e em relação à retenção do gás formado, observa-se que até 50% de substituição tem-se uma formação de miolo com os alvéolos bem distribuídos, a partir de 75% de farinha de batata-doce já começa a ter uma desuniformidade nos alvéolos, indicando que quanto maior o teor de farinha de batata-doce menor foi a formação e retenção de gás, prejudicando a abertura dos alvéolos, o volume específico e a textura do miolo dos pães.



**Figura 7.** Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce no miolo dos pães.

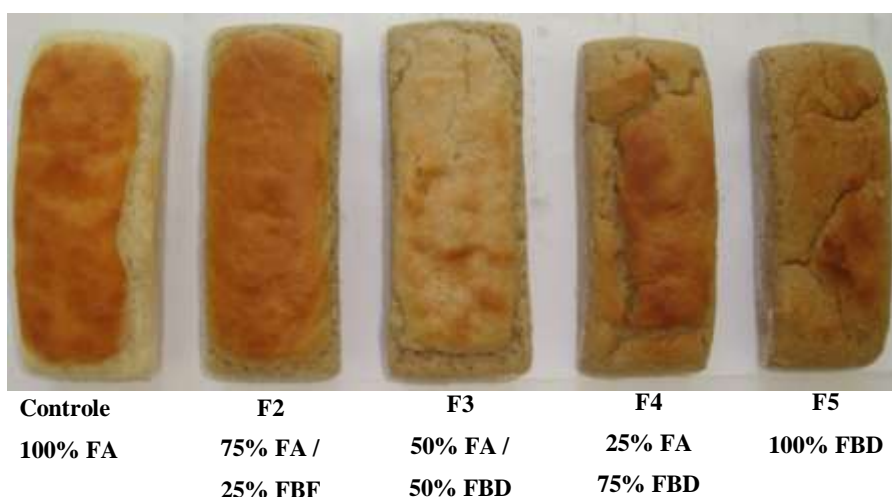


**Figura 8.** Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce na crosta dos pães.

Na Figura 8 é possível observar o efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce na crosta dos pães, e o aspecto visual remete um pão com uma característica de pão ressecado, apresentando rachaduras na parte superior.

De acordo com o teor de fibra alimentar encontrado nas formulações (controle – 0,67%, F2 – 0,94%, F3 – 1,20%, F4 – 1,47% e F5 – 1,73%) observa-se que quanto maior a quantidade de farinha de batata-doce, maior o teor de fibras. O aumento no teor de fibras, faz com que a massa necessite de uma quantidade de água maior, e como o percentual de água foi único para todas as formulações, isso pode ter acarretado em um pão com aspecto mais ressecado e com um volume específico menor à medida que aumentou o percentual de farinha de batata-doce.

A Figura 9 mostra uma comparação entre as formulações na modelagem geral dos pães, podendo-se observar que os pães com maior percentual de farinha de batata-doce apresentou uma diminuição no tamanho em relação às dimensões da forma utilizada.



**Figura 9.** Efeito da substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce na modelagem geral dos pães.

Conforme os resultados encontrados nas análises laboratoriais de volume específico, textura e cor para a substituição de farinha de arroz por farinha de batata-doce, pode-se inferir que a formulação com 25% de farinha de batata-doce e 75% de farinha de arroz foi a que demonstrou o melhor comportamento em relação à amostra padrão (100% farinha de arroz), podendo ser verificado que quanto mais se aumentava o percentual de farinha de batata-doce mais os resultados se afastavam significativamente da amostra padrão. Com isso, para as análises de vida útil e sensorial esta formulação foi a amostra teste.

### 3.2.4 Análise microbiológica

A qualidade microbiológica dos alimentos é de essencial importância para averiguar se o alimento oferece risco à saúde do consumidor e conferir se ele está próprio para o consumo.

Em função de sua composição química, os pães tornam-se um substrato perfeito para o desenvolvimento de microrganismos, a deterioração microbiológica de produtos panificados depende de fatores inter-relacionados, entre eles pode-se citar atividade de água, tipo de produto, formulação, processamento e utilização ou não de conservadores (RIBOTTA; TADINI, 2009).

Os resultados encontrados para os pães elaborados estão apresentados na Tabela 18, onde é possível verificar que ocorreu bolor e levedura visível na semana 3. A legislação brasileira por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não estabelece nenhuma norma que estipule níveis máximos de contagem de bolores e leveduras para pães, no entanto de acordo com a Associação Americana de Saúde Pública – APHA (2001) o limite aceitável para estes microrganismos é de  $10^3$  UFC.g<sup>-1</sup>, resultado este superior ao encontrado na semana 2 de estocagem dos pães. Com isso, pode-se afirmar que os pães elaborados neste estudo possuem uma vida útil no quesito microbiológico de 07 dias.

**Tabela 18.** Análise microbiológica dos pães.

Microrganismos	LIMITES PERMITIDOS (VMP*) (MS – ANVISA – RDC 12)	Semana 1	Semana 2	Semana 3
<i>Salmonella</i> sp 25 g <sup>-1</sup>	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g	-
Coliformes 45°C NMP.g <sup>-1</sup>	Máximo 10 <sup>2</sup>	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	-
Bolores e leveduras UFC.g <sup>-1</sup>	-----	3 UFC/g	7,4 x 10 <sup>4</sup> UFC/g	Bolor visível

VMP: Valor Máximo Permitido

NMP: Número Mais Provável

Freire (2011) relatou que os produtos de panificação com elevada atividade de água podem ser colonizados por fungos. A umidade média dos pães apresentou-se em 38,67% ± 1,35%, o que pode ter influenciado para o desenvolvimento de bolores e leveduras, devido aos pães isentos de glúten possuírem uma umidade maior que os pães com glúten.

Para um aumento da vida útil do produto pode-se adicionar conservadores diretamente na massa do pão e/ou borrifado nas embalagens, conforme Katsinis, Rigas e Doulia (2008) em seu estudo sobre o efeito sinérgico de conservantes químicos com etanol na vida útil

microbiana do pão por design fatorial, onde os autores conseguiram uma vida útil superior à encontrada neste estudo, 36 dias.

### 3.2.5 Teste de aceitação

Após interpretação dos resultados das análises realizadas nos pães elaborados, aplicou-se o teste de aceitação para a formulação F2 (com substituição de 25% da farinha de arroz pela farinha de batata-doce). Os valores médios e desvios padrão dessa análise podem ser observados na Tabela 19.

**Tabela 19.** Resultados médios (n = 128) e desvio padrão dos escores da avaliação da aceitabilidade sensorial do pão de mistura de farinhas (75% FA / 25% FBD).

Atributos sensoriais	Escores (Média ± desvio padrão)
Estrutura do miolo	6,95 ± 1,75
Cor	7,49 ± 1,41
Aroma	7,77 ± 1,14
Sabor	6,84 ± 1,81
Textura	7,02 ± 1,77
Avaliação Global	7,30 ± 1,60

Na Tabela 19, os escores atribuídos à formulação F2 apresentam melhores resultados em relação ao aroma, seguido pela cor, textura, estrutura do miolo e sabor. Para o atributo aroma, ficou alocado entre os escores “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

De acordo com os resultados de cor das farinhas verificados no Capítulo 2 item 3.3, a FBD possui uma tendência significativamente maior para as cores vermelha e amarela que FA. Com isso, observou-se que o pão produzido com a FBD apresentou cor mais escura em relação ao pão produzido com farinha branca. Isto pode ter interferido na avaliação dos consumidores que assimilam a cor do pão mais escura com produtos integrais.

O índice de aceitabilidade (IA) do produto foi de 80,3%, sendo considerado alto por ser um novo produto desenvolvido. De acordo com estudos de Dutcosky (1996) e Damásio e Silva (1996), o IA com boa repercussão tem sido considerado superior a 70%.

De acordo com avaliação de intenção de compra, observando-se a Tabela 20, apenas 2% dos consumidores certamente não comprariam o pão com farinha de batata-doce, sendo que 30% dos consumidores comprariam este pão sem glúten se estivesse à venda. Este baixo índice de compra pode estar relacionado com a adição da farinha de batata doce a qual os consumidores não estejam habituados com o consumo.

**Tabela 20.** Resultados intenção de compra para o pão avaliado.

	Percentuais atingidos (%)
Certamente compraria	30
Provavelmente compraria	33
Talvez compraria / Talvez não compraria	26
Provavelmente não compraria	9
Certamente não compraria	2

## 4 CONCLUSÃO

Ao término do trabalho pode-se concluir que:

- Dos hidrocolóides testados a carboximetilcelulose (CMC) obteve melhores resultados no conjunto das análises realizadas;
- Foi possível produzir pães com miolo uniforme e claro, e com dureza e mastigabilidade aceitável ao se adicionar até 25% de farinha de batata-doce;
- Na avaliação microbiológica dos pães com substituição de farinha de arroz por farinha de batata-doce conseguiu-se 7 dias de armazenamento;
- No melhor resultado da substituição (25% de farinha de batata-doce) o índice de aceitabilidade foi de 80,3%.

As melhoras atingidas nas substituições são apenas o início de um estudo, possuindo ainda uma oportunidade de avanços tecnológicos para a utilização e valorização desta matéria prima com uma característica nutricional expressiva como é a batata-doce.

## 5 REFERÊNCIAS

ABDEL-BAKI, M. M.; EL-SAMAHY, S. K.; SELEHA, H.; MORAD, M. M. Cake-mix supplementation with soybean, sweet potato or peanut flours. I Chemical, microbiological and rheological studies. *Baker's Digest*. v. 54, n. 10, p. 28-36, 1980.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13170**. Teste de ordenação em análise sensorial. Rio de Janeiro, 1994.

ACELBRA - Associação Brasileira de Celíacos. Disponível em: <<http://www.ancelbra.com.br>>. Acesso em: 29 nov. 2014.

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal Xours in gluten-free bread formulations. **Eur Food Res Technol**, New York, v. 230, p. 437–445, 2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: 2001. 676 p.

ARENDT, E. K.; MORRISEY, A.; MOORE, M. M.; BELLO, F. D. Gluten-free Breads. In: ARENDT, E. K.; BELLO, F. D. **Gluten-free Cereal Products and Beverages**. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2008, p. 289 -311.

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

BEM, M. S. D.; POLESI, L. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades funcionais de amido de leguminosas em associação à hidrocoloides. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 103-116, 2011.

BJÖRCK, I.; LILJEBERG, H.; OSTMAN, E. Low glycaemic-index foods. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 83, p. 149-155, 2000.

BOJŇANSKÁ, T.; FRANČÁKOVÁ, H.; LÍŠKOVÁ, M.; TOKÁR, M. Legumes – the alternative raw materials for bread production. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, Seoul, v. 1, p. 876-886, 2012.

BORTOLOTTO, D. F. J. **Estudo do comportamento da viscosidade de sistemas de carboximetilcelulose de sódio e diferentes componentes nos produtos para indústria alimentícia**. 2009. 42 f. Monografia (conclusão do Curso de Licenciatura Plena em Química) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2001. Resolução **RDC n.º 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. 2001. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 23 mai. 2014.

CALONI, I. B. DE. Elaboration, shelf life and quality of dishes prepared with new sweet potato selections. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Puerto, v. 73, n. 2, p. 127-131, 1989.

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

CHAISAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 61, n. 3, p. 288-295, 2005.

CHAISAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 641-649, 2006.

CHANDRA-SHEKARA, S.; SHURPALEKAR, S. R. Optimum formulations and processing conditions for wheat-tuber breads. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Amsterdam, v. 16, n. 6, p. 332-337, 1983.

CHEN, Z.; SAGIS, L.; LEGGER, A.; LINSSSEN, J.P.H.; SCHOLS, H.A.; VORAGEN, A.G.J. Evaluation of starch noodles made from typical Chinese sweet-potato starches. **Journal of Food Science**, Malden, v. 67, n. 9, p. 3342-3347, 2002.

COLLADO, L. S.; CORKE, H. Use of wheat-sweet potato composite flours in yellow-alkaline and white salted noodles. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 73, n. 4, p. 439-444, 1996.

CROCKETT, R.; IE, P.; VODOVOTZ, Y. How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical Properties in a Model Gluten-Free Dough? **Journal of Food Science**, Malden, v. 76, n. 3, 2011.

DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. **Curso de treinamento em análise sensorial**. Apostila. Campinas: Fundação Tropical de Tecnologia "André Tosello", 1996. 57 p.

DANSBY, M. A; BOVELL-BENJAMIN, A. C. Sensory characterization of a ready-to-eat sweet potato breakfast cereal by descriptive analyses. **Journal of Food Science**, Malden, v. 68, n. 2, p. 706-709, 2003.

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

DEMIRKESEN, I., SUMNU, G., SAHIN, S. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. **Food Bioprocess Technol**, New York, v. 6, p.746–753, 2013.

DUTCOSKY SD. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Ed. DA Champagnat, 1996. 123 p.

ESTELLER, M. S.; AMARAL, R., LANNES, S. C. S. Effect of Sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal Texture Studies**, Malden, v. 35, p. 383-393, 2004.

ESTELLER, M. S., LANNES, S. C. S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

ESTELLER, M. S.; YOSHIMOTO, R. M. O.; AMARAL, R. L.; LANNES, S. C. S. Usos de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 4, n. 24, p. 602- 607, 2004.

EVANGELHO, J. A.; PINTO, V. Z.; ZAVAREZE, E. DA R.; VANIER, N. L.; DIAS, A. R. G.; BARBOSA, L. M. P. Propriedades tecnológicas e nutricionais de pães preparados com diferentes proporções de farinha de arroz extrusada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 18, n. 4, p. 264-282, 2012.

FREIRE, F. das C. O. **A deterioração fúngica de produtos de panificação no Brasil**. Comunicado técnico Embrapa. 2011. Disponível em <[www.cnpat.embrapa.br/download\\_publicacao.php?id=319](http://www.cnpat.embrapa.br/download_publicacao.php?id=319)>. Acesso em: 29 ago. 2015.

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**, London, v. 15, p. 143–152, 2004.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 56, p. 153-161, 2003.

GAMBUS, H.; SIKORA, M.; ZIOBRO, R. The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. **Acta Scientiarum Polonorum**, Lublin, v. 6, n. 3, p. 61-74, 2007.

GREENE, J. L.; BOVELL-BENJAMIN, A.C. Sensory and Nutritive Qualities of Food, Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet-potato Flour. **Journal of Food Science**, Malden, v. 69, n. 4, p. 167-173, 2004.

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**, Oxford, v. 32, p. 195-203, 2013.

HATHORN, C. S.; BISWAS, M. A.; GICHUHI, P. N.; BOVELL-BENJAMIN, A. C. Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high gluten dough enhancers. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Amsterdam, v. 41, n. 5, p. 803-815, 2008.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. In: **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. cap.6 Análise sensorial**. 4. ed. Brasília, 2005.

JONGH, G. Formation of dough and bread structures. 1. Ability of starch to form structures, and improving effect of glyceryl monostearate. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 38, p. 140-152, 1961.

JYOTHI, G. K; RENJUSHA, M.; PADMAJA, G.; SAJEEV, M. S.; MOORTHY, S. N. Evaluation of nutritional and physico-mechanical characteristics of dietary fiber enriched sweet potato pasta. **European Food Research and Technology**, New York, v. 234, p. 467-476, 2012.

JYOTHI, G. K; RENJUSHA, M.; PADMAJA, G.; SAJEEV, M. S.; MOORTHY, S. N. Nutritional and functional characteristics of protein fortified pasta from sweet potato. **Food and Nutrition Sciences**, Boston, v. 2, p. 944-955, 2011.

KATSINIS, G.; RIGAS F.; DOULIA, D. Synergistic effect of chemical preservatives with ethanol on the microbial shelf life of bread by factorial design. **International Journal of Food Science and Technology**, Malden, v. 43, p. 208-215, 2008.

KATZBAUER, B. Properties applications of xanthan gum. **Polymer Degradation and Stability**, Oxford, v. 59, p. 81-84, 1998.

KLOEK, W.; van VLIET, T., MEINDERS, M. Effect of Bulk and Interfacial Rheological Properties on Bubble Dissolution. **J Colloid Interface Sci**, San Diego, v. 237, n. 2, p.158-166, 2001.

LAZARIDOU, A.; DUTA, D.; PAPAGEORGIOU, M.; BELC, N.; BILIADERIS, C. G. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, p. 1033-1047, 2007.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATAURO R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.

LIMROONGREUNGRAT, K.; HUANG, Y. W. Pasta products made from sweet potato fortified with soy protein. **LWT- Food Science and Technology**, Basel, v. 40, p. 200-206, 2007.

MAHMOUD, R. M.; YOUSIF, E.I.; GADALLAH, M.G.E.; ALAWNEH, A. R. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat Bread. **Annals of Agricultural Science**, Cairo, v. 58, n. 1, p. 19-25, 2013.

Mc CARTHY, D. F.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; SCHOBER, T. J.; ARENDT, E. K. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 82, p. 609-615, 2005.

MENON, R.; PADMAJA, G.; S. SAJEEV, M. Cooking behavior and starch digestibility of NUTRIOSE® (resistant starch) enriched noodles from sweet potato flour and starch. **Food Chemistry**, Kidlington, v. 182, p. 217-223, 2015.

MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. **Journal of Food Science**, Malden, v. 74, n. 3, p. 140-146, 2009.

MILLS, E. N. C.; WILDE, P. J.; SALT, L. J.; SKEGGS, P. Bubble formation and stabilization in bread dough. **Food and Bioproducts Processing**, Rugby, v. 81, p. 189-193, 2003.

MOORE, M. M.; SCHOBBER, T. J.; DOCKERY, P.; ARENDT, E. K. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 81, n. 5, p. 567-575, 2004.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 403-406, 2004.

NOORFARAHZILAH, M.; LEE, J. S.; SHARIFUDIN, M. S.; MOHD FADZELLY, A. B.; HASMADI, M. Applications of composite flour in development of food products. **International Food Research Journal**, Amsterdam, v. 21, n. 6, p. 2061-2074, 2014.

OLUWALANA, I. B.; MALOMO, S. A.; OGBODOGBO, E. O. Quality assessment of flour and bread from sweet potato wheat composite flour blends. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, Lake Haven, v. 6, n. 1, p. 65- 76, 2012.

PALOMAR, L. S.; PÉREZ, J. A.; PASCUAL, G. L. Wheat flour substitution using sweet potato or cassava in some bread and snack items. **Annals Tropical Research**, v. 3, n. 1, p. 8-17, 1981.

RIBOTTA, P. D., TADINI, C. C. **Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados**. 1. ed. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2009. 327p. Disponível em < <http://pt.scribd.com/doc/95626742/2009-Alternativas-Tecnologicas-Para-La-Elaboracion-y-La-Conservacion-de-Productos-Panificados#scribd>> Acesso em: 15 jul. 2015.

RIEMSDIJK, L. E. van; GOOT, A. J. van der. Colloidal Protein Particles Can Be Used to Develop a Gluten-free Bread. **Cereal Foods World**, St Paul, v. 56, n. 5, p. 201-204, 2011.

SABANIS, D.; TZIA, C. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten free dough and bread. **Food Science and Technology International**, London, v. 17, n. 4, p. 279-291, 2011.

SÁNCHEZ, H. D., OSELLA, C. A., DE LA TORRE, M. A. Optimization of Gluten-Free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch. **Journal of Food Science**, Malden, v. 67, n 1, p. 416–419, 2002.

SCHOBBER, T. J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S. R.; PARK, S. H.; ARENDT, E. K. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 82, p. 394-404, 2005.

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

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**, Malden, v. 45, p. 2306–2312, 2010.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n.1, p. 25-34, 1998.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, n. 62, p. 37–45, 2004.

STORCK, C. R.; PEREIRA, J. M; PEREIRA, G. W.; RODRIGUES, A. O.; GULARTE, M. A; DIAS, A. R. G. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. II, 2009.

TREJO-GONZÁLEZ, A. S.; LOYO-GONZÁLEZ, A. G.; MUNGUÍA-MAZARIEGOS, M. R. Evaluation of bread made from composite wheat-sweet potato flours. **International Food Research Journal**, cidade, v. 21, n. 4, p. 1683-1688, 2014.

TURABI, E.; SUMNU,G.; SAHIN,S. Quantitative analysis of macro and micro- structure of gluten – free rice cakes containing diferente types of gums baked in diferente oven. **Food hydrocolloids**, Oxford, v. 24, p. 755-762, 2010.

WANJEKECHE, E. W.; KEYA, E. L. Utilization of fresh cassava and sweet potato pulps in baking. **Ecology of Food and Nutrition**, Philadelphia, v. 33, n. 4, p. 237-248, 1995.

YLIMAKI, G.; HAWRYSH, Z. J.; HARDIN, R. T.; THOMSON, A. B. R. Response surface methodology in the development of rice flour yeast breads: sensory evaluation. **Journal of Food Science**, Malden, v. 56, n. 3, p. 751-755, 1991.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de pesquisa permitiu o desenvolvimento de um pão sem glúten a base de farinha de arroz, bem como pão sem glúten com acréscimo de farinha de batata-doce.

Com o processamento da batata-doce obteve-se a farinha. Após esse processamento foi possível a realização da avaliação das farinhas de batata-doce e de arroz para composição centesimal, teor de amilose, pH, perfil viscoamilográfico e cor. Assim como a padronização da granulometria das duas farinhas. A qualidade microbiológica destas farinhas foi avaliada e atestou-se o atendimento em relação à legislação vigente.

Os resultados obtidos na caracterização físico-química das farinhas de arroz e de batata-doce apresentaram padrões desejáveis de seus componentes. Ocorrendo similaridade entre as características de teor de proteínas, lipídeos, carboidratos e amilose. A farinha de batata-doce apresentou maior teor de fibras, menor granulometria e cor mais escura em relação à farinha de arroz. Quanto à propriedade da pasta, quanto maior a proporção de farinha de arroz, maiores foram os valores de viscosidade final e tendência à retrogradação, e menores os valores de quebra. A farinha de batata-doce apresentou baixo valor de tendência a retrogradação e de viscosidade final. A mescla das farinhas de arroz e de batata-doce permite a utilização em produtos de panificação isentos de glúten para o público celíaco, podendo ser também usada em outros estudos para aplicação em diversos produtos, ampliando assim o mercado de consumo.

Neste estudo foi desenvolvida uma formulação padrão com farinha de arroz com a aplicação de dois tipos de hidrocolóides (CMC e Goma xantana) e avaliou-se que todas as formulações apresentaram melhores resultados em relação à amostra controle (sem goma). Em uma avaliação geral dos resultados evidenciou que a aplicação de CMC obteve o melhor resultado. A comprovação da qualidade microbiológica foi evidenciada e avaliação sensorial permitiu verificar que a aplicação de CMC foi o melhor resultado, pois não ocorreu diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre as amostras com hidrocolóides.

Na substituição da farinha de arroz por farinha de batata-doce foi possível observar de acordo com os resultados encontrados que quanto maior a proporção de farinha de batata-doce menor a qualidade tecnológica do pão. E o percentual de 25% de substituição foi o que obteve melhor resultado.

A qualidade microbiológica dos pães foi avaliada e determinou-se uma vida útil de 07 dias para esta formulação sem utilização de conservadores. A avaliação sensorial dos pães

mostrou que a inserção de farinha de batata-doce obteve um índice de aceitabilidade bom e que os consumidores comprariam este produto no mercado.

Considerando o potencial desta pesquisa, geraram-se sugestões para trabalhos futuros:

- Avaliar a interferência do percentual de água utilizado nas formulações com farinha de batata-doce;
- Aplicar a farinha de batata-doce em outros produtos isentos de glúten;
- Avaliar nutricionalmente as vantagens em desenvolver produtos com farinha de batata-doce, por se tratar de uma fonte de carboidrato de baixo índice glicêmico.

**APÊNDICE A** – Ficha de avaliação dos pães sem glúten com farinha de arroz e hidrocolóides –  
Teste Ordenação - Preferência.

FICHA TESTE DE ODENAÇÃO PREFERÊNCIA – PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN  
COM FARINHA DE ARROZ

Nome: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) M( )F Idade: \_\_\_\_

Você está recebendo seis amostras codificadas de Pão de forma sem glúten com farinha de arroz, em seis formulações diferentes. Favor **ordenar de forma crescente** as amostras de acordo com a sua preferência em relação ao atributo textura, colocando o número correspondente para cada amostra:

\_\_\_\_\_ - preferida + preferida

Comentário: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Muito obrigada!

**APÊNDICE B** – Ficha de avaliação dos pães sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce –  
 Teste Aceitação utilizando escala hedônica e intenção de compra utilizando escala de atitude.

**FICHA TESTE DE ACEITAÇÃO – PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN COM  
 FARINHA DE ARROZ E BATATA DOCE**

Nome: \_\_\_\_\_ Sexo: ( )M ( )F Idade: \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra codificada de Pão de forma sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce. Prove e avalie na escala correspondente os atributos listados abaixo:

Amostra: \_\_\_\_\_

Estrutura do miolo: _____	( 1 ) Desgostei extremamente
Cor: _____	( 2 ) Desgostei muito
Aroma: _____	( 3 ) Desgostei moderadamente
Sabor: _____	( 4 ) Desgostei ligeiramente
Textura: _____	( 5 ) Nem desgostei, nem gostei
	( 6 ) Gostei ligeiramente
	( 7 ) Gostei moderadamente
	( 8 ) Gostei muito
	( 9 ) Gostei extremamente

**INTENÇÃO DE COMPRA**

Se você encontrasse esse produto disponível no mercado você:

- ( ) Certamente compraria
- ( ) Provavelmente compraria
- ( ) Talvez comprasse / Talvez não comprasse
- ( ) Possivelmente não compraria
- ( ) Certamente não compraria

Comentário:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muito obrigada!!

**APÊNDICE C – Dados análise de variância ANOVA FARINHAS DE ARROZ E DE BATATA-DOCE**

**Análise de variância (ANOVA) para luminosidade (L) das farinhas.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Tipos de farinhas	1	331.4608200	331.4608200	1991.95	<.0001
Erro	18	2.9952000	0.1664000		
Total	19	334.4560200			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada a\* das farinhas.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Tipos de farinhas	1	19.70112500	19.70112500	909.91	<.0001
Erro	18	0.38973000	0.02165167		
Total	19	20.09085500			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada b\* das farinhas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Tipos de farinhas	1	214.9712450	214.9712450	3701.40	<.0001
Erro	18	1.0454100	0.0580783		
Total	19	216.0166550			

**APÊNDICE D – Dados análise de variância ANOVA pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

**Análise de variância (ANOVA) para volume específico dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Formulações	5	13.27613750	2.65522750	238.70	<.0001
Erro	18	0.20022500	0.01112361		
Total	23	13.47636250			

**Análise de variância (ANOVA) de dureza dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	6057363.940	1211472.788	45.72	<.0001
Erro	18	476951.339	26497.297		
Total	23	6534315.280			

**Análise de variância (ANOVA) de coesividade dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	0.02004233	0.00400847	11.98	<.0001
Erro	18	0.00602100	0.00033450		
Total	23	0.02606333			

**Análise de variância (ANOVA) de mastigabilidade dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	3519697.365	703939.473	42.49	<.0001
Erro	18	298180.197	16565.567		
Total	23	3817877.562			

**Análise de variância (ANOVA) de elasticidade dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	0.03193833	0.00638767	15.59	<.0001
Erro	18	0.00737350	0.00040964		
Total	23	0.03931183			

**Análise de variância (ANOVA) para luminosidade (L) do miolo dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	845.178444	69.035689	8.19	<.0001
Erro	174	3591.140887	20.638741		
Total	179	4436.319331			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada a\* do miolo dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	87.704429	17.540886	3.30	0.0071
Erro	174	923.887843	5.309700		
Total	179	1011.592273			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada b\* do miolo dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	98.237689	19.647538	2.09	0.0690
Erro	174	1636.819343	9.407008		
Total	179	1735.057033			

**Análise de variância (ANOVA) para luminosidade (L) da crosta dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	12878.53352	2575.70670	105.61	<.0001
Erro	174	4243.70734	24.38912		
Total	179	17122.24085			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada a\* da crosta dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	4302.266792	860.453358	275.95	<.0001
Erro	174	542.555503	3.118135		
Total	179	4844.822295			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada b\* da crosta dos pães elaborados com farinha de arroz e diferentes concentrações de gomas.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	5	2994.479971	598.895994	51.27	<.0001
Erro	174	2032.391073	1.680408		
Total	179	5026.871044			

**APÊNDICE E – Dados análise de variância ANOVA pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce e com CMC**

**Análise de variância (ANOVA) para volume específico dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	5.06622000	1.26655500	68.44	<.0001
Erro	15	0.27760000	0.01850667		
Total	19	5.34382000			

**Análise de variância (ANOVA) para dureza para pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Formulações	5	5751381.223	1150276.245	49.83	<.0001
Erro	18	415532.122	23085.118		
Total	23	6166913.345			

**Análise de variância (ANOVA) para coesividade para pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Formulações	5	0.02004233	0.00400847	11.98	<.0001
Erro	18	0.00602100	0.00033450		
Total	23	0.02606333			

**Análise de variância (ANOVA) para mastigabilidade para pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC.**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Formulações	5	3343995.196	668799.039	45.41	<.0001
Erro	18	265084.590	14726.922		
Total	23	3609079.786			

**Análise de variância (ANOVA) para elasticidade para pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

Fator de variação	GL	SQ	QM	F	P
Formulações	5	0.03193833	0.00638767	15,59	<.0001
Erro	18	0.00737350	0.00040964		
Total	23	0.03931183			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada a\* da crosta dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	287.3585520	71.8396380	7.73	<.0001
Erro	15	650.6133867	9.2944770		
Total	19	937.9719387			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada b\* da crosta dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	455.9526747	113.9881687	41.06	<.0001
Erro	15	194.3349600	2.7762137		
Total	19	650.2876347			

**Análise de variância (ANOVA) para luminosidade (L) da crosta dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	612.112533	153.028133	14.97	<.0001
Erro	70	715.739667	10.224852		
Total	74	1327.852200			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada a\* do miolo dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	1131.503875	282.875969	19.17	<.0001
Erro	70	1032.944840	14.756355		
Total	74	2164.448715			

**Análise de variância (ANOVA) para coordenada b\* do miolo dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	907.815208	226.953802	24.36	<.0001
Erro	70	652.268240	9.318118		
Total	74	1560.083448			

**Análise de variância (ANOVA) para luminosidade (L) do miolo dos pães elaborados com farinhas de arroz e de batata-doce com CMC**

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo	4	2252.190555	563.047639	27.05	<.0001
Erro	70	1457.201160	20.817159		
Total	74	3709.391715			

**ANEXO A** – Tabela fornece valores absolutos críticos de diferença (“diferença mínima significativa – dms) de soma de ordens entre dos tratamentos, para comparação a 5% de probabilidade.

72

**TABELA 7** – Valores Absolutos Críticos de Diferenças (dms) de Soma de Ordens para Comparação de Tratamentos entre Si, a 5% de Probabilidade ( $P < 0,05$ ), Baseados no Teste de Soma de Ordens de Friedman<sup>a,b</sup>

Número de Julgamentos	Número de Amostras ou de Tratamentos Ordenados									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

<sup>a</sup> Valores exatos adaptados de HOLLANDER e WOLFE (1973) foram utilizados para até 15 julgamentos.

<sup>b</sup> Para número de julgamentos acima de 50 e não incluídos na Tabela, pode-se utilizar uma interpolação.

Fonte: NEWELL e MACFARLANE (1987).