

## PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE PÃES PREPARADOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE FARINHA DE ARROZ E FARINHA DE ARROZ EXTRUSADA

### *TECHNOLOGICAL AND NUTRITIONAL PROPERTIES OF BREAD PREPARED WITH DIFFERENT PROPORTIONS OF RICE FLOUR AND EXTRUDED RICE FLOUR*

Jarine Amaral do Evangelho<sup>1\*</sup>, Vânia Zanella Pinto<sup>2</sup>, Elessandra da Rosa Zavareze<sup>3</sup>, Nathan Levien Vanier<sup>2</sup>, Alvaro Renato Guerra Dias<sup>2</sup>, Letícia Mascarenhas Pereira Barbosa<sup>1</sup>

#### RESUMO

No intuito de elaborar pães isentos de glúten para portadores de doença celíaca, objetivou-se, com o trabalho, verificar a influência da adição de farinha de arroz extrusada (FAE) nas características tecnológicas e nutricionais de pães. As misturas foram pré-elaboradas com substituição da farinha de arroz branco polido por 10, 25, 50 e 75% de FAE. Os pães foram avaliados segundo a perda de peso ao assar, o volume específico, a cor do miolo e da crosta, a textura do miolo durante o armazenamento, a composição centesimal e o valor energético total dos pães (VET). A adição de FAE aumentou a perda de peso ao assar e o volume dos pães. Com relação à cor, os pães apresentaram redução da luminosidade L\* da crosta com o aumento da adição de FAE, enquanto a L\* do miolo foi maior nos pães com 10% e 25% de FAE comparados ao controle. A adição de FAE aumentou a cromaticidade a\* em ambos, miolo e crosta, enquanto a cromaticidade b\* diminuiu em comparação à amostra sem adição de FAE. Quanto ao perfil de textura, a inclusão de até 25% de FAE na elaboração dos pães promoveu a diminuição na dureza durante o armazenamento por 120 h, quando

comparado ao pão controle. O pão controle apresentou maior VET em comparação aos demais tratamentos. O conteúdo de carboidratos e proteínas não diferiu entre os tratamentos.

No entanto, o incremento de FAE nas formulações promoveu uma redução gradativa nos teores de gorduras totais.

**PALAVRAS-CHAVE:** arroz, pão, farinha extrusada, volume específico, textura

#### ABSTRACT

In order to prepare gluten-free bread for celiac disease patients, the objective of this study was to verify the influence of extruded rice flour (FAE) on technological and nutritional characteristics of gluten-free breads. The mixtures were prepared substituting the polished rice flour by 10, 25, 50 and 75% of FAE. The breads were evaluated according to weight loss when baking, specific volume, density, crust and crumb color, crumb texture during storage, chemical composition, and total caloric value of the bread. The addition of FAE increased both weight loss and bread volume, thus reducing its density.

<sup>1</sup>Faculdade de Nutrição – Departamento de Nutrição – Universidade Federal de Pelotas, Campus Anglo - CEP: 96010-610– Pelotas – RS – Brasil. (jarineamaral@hotmail.com; leticiampb@yahoo.com.br), Fone: 053 3275-7258, Fax: 053 3275-7258.

<sup>2</sup> Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, CEP: 96010-900 - Caixa Postal 354, Pelotas – RS – Brasil. vânia\_vzp@hotmail.com; nathanvanier@hotmail.com; argd@zipmail.com.br.

<sup>3</sup> Curso de Engenharia de Alimentos – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, CEP: 96413-170 – Bagé – RS – Brasil. (elessandrad@yahoo.com.br)

Regarding color, the bread presented a reduction of brightness  $L^*$  of the crust while FAE levels increased, and the  $L^*$  value of the crumb was higher in the bread with 10% of FAE as compared to control. Addition of FAE increased the chromaticity  $a^*$  of the crumb and the crust, while the  $b^*$  chromaticity decreased as compared to control. The addition of a level up to 25% of FAE in the bread formulation caused a reduction in hardness during 120 hours of storage as compared to the control treatment (without FAE). Control bread presented higher total caloric value as compared to the other treatments. Carbohydrate and protein content did not differ statistically among the treatments; however the increase of FAE in the formulations promoted a gradual reduction in the fat content.

**KEY WORDS:** rice, bread, extruded flour, specific volume, texture.

## INTRODUÇÃO

A doença celíaca (DC) é uma enteropatia auto-imune desencadeada pela ingestão de cereais que contêm glúten, acometendo indivíduos geneticamente suscetíveis (BETHUME & KHOSLA, 2008, BUTTERWORTH et al., 2004, KENNEDY & FEIGHERY, 2000). A patologia caracteriza-se por atrofiamento das vilosidades intestinais acarretando déficits de absorção de nutrientes, tais como ferro, vitamina B12 e folatos (BUTTERWORTH et al., 2004), tendo como sintomas: dor e distensão abdominal, flatulência, diarreia, perda de peso em decorrência da desnutrição e o retardo de crescimento em crianças (CÉSAR et al., 2006). O tratamento baseia-se em uma dieta isenta de glúten, o que faz com que a mucosa intestinal recupere as suas características e restabeleça as funções fisiológicas do organismo do paciente (ARAÚJO et al., 2010). No entanto, a dieta deve ser feita durante todo o tempo de vida do celíaco (SDEPANIAN et al., 1999).

O glúten é encontrado no trigo, no centeio e na cevada, sendo estes cereais

amplamente utilizados na composição de alimentos, medicamentos, bebidas e na indústria de cosméticos (QUAGLIA, 1991). A aveia poderia ser uma alternativa para produtos sem glúten, no entanto, estudos afirmam que algumas cultivares podem apresentar uma toxicidade para as células epiteliais, devido à analogia de algumas frações de olipeptídeos (33-mer), da aveia e do trigo (COMINO et al., 2011). Além disto, há dificuldade em garantir que esta esteja livre da contaminação cruzada com outros grãos, pois se considera que mesmo em quantidades pequenas o glúten pode ser prejudicial aos celíacos. O arroz (*Oryza sativa* L.) possui a fração prolamina com composição amino-acídica diferente do trigo e do centeio. Logo, os celíacos não possuem a mesma sensibilidade a esse cereal (CÉSAR et al., 2006). Durante o processamento dos grãos de arroz são gerados subprodutos passíveis de agregar valor tecnológico e nutricional. Entre estes subprodutos estão o farelo, a casca e os grãos quebrados (ELIAS et al., 2010).

De acordo com os dados da CONAB (2012), a produção nacional de arroz na safra 2011/2012 foi de 11,599 milhões de toneladas. Durante o processamento, os grãos quebrados representam em torno de 14% e podem ser destinados para a produção de farinha de arroz, pois além de possuir baixo custo, a sua farinha apresenta características desejáveis para panificação, tais como cor branca, sabor suave, baixa alergenicidade de suas proteínas e carboidratos de fácil digestão (SIVARAMAKRISHNAN et al., 2004).

Devido à exclusão de alimentos originários de trigo, a dieta dos portadores de DC é habitualmente composta, em sua maior parte, de gorduras, proteínas e baixo consumo de carboidratos, fazendo com que estes pacientes apresentem tendência ao aumento do peso corporal (MACHADO et al., 2006). Segundo a Associação Brasileira dos Celíacos, ACELBRA, (2005), os celíacos têm dificuldade para encontrar produtos de panificação isentos de glúten, sendo que o

pão é o mais procurado por este grupo de consumidores. O glúten é responsável por formar uma rede viscoelástica com capacidade de reter o CO<sub>2</sub> formado durante a fermentação e o forneamento (GUTKOSKI, et al., 2003). Assim, pães sem glúten apresentam baixo volume específico e características diferentes das encontrada em pães elaborados a partir de farinha de trigo (STORCK et al., 2009).

Neste contexto, para a obtenção de melhores produtos panificáveis isentos de glúten aposta-se na utilização de farinhas de cereais pré-gelatinizadas por extrusão termoplástica (CLERICI & EL-DASH, 2006). Este processo contínuo, que envolve temperatura e pressão, é capaz de modificar características físicas e químicas, produzindo farinhas com propriedades viscoelásticas diferenciadas e capazes de reter gases. Desta forma, durante a fermentação de pães ocorre a formação de uma rede semelhante à do glúten capaz de reter gases (CLERICI & EL-DASH, 2006).

Sendo assim, o uso de farinha de arroz extrusada pode ser uma forma de agregar valor aos grãos quebrados, ampliando as possibilidades de uso em produtos para os celíacos. Dessa maneira, objetivou-se com o trabalho avaliar características tecnológicas e nutricionais de pães preparados com cinco concentrações diferentes de farinha de arroz extrusada (0, 10, 25, 50 e 75%).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Matéria-prima, aditivos e ingredientes**

A farinha de arroz utilizada para a produção dos pães foi preparada com grãos de arroz com alto teor de amilose (29%), variedade IRGA-424, cultivados na região Sul do País e cedidos pelo Instituto Rio-grandense do Arroz. Os grãos foram descascados, polidos em engenho de provas (PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil) e moídos em moinho de facas (Perten 3100, Perten Instruments, Suécia), até um tamanho de partícula pequeno o suficiente para passar

por uma peneira de 70 *mesh*. A farinha foi acondicionada em embalagens plásticas e armazenada em ambiente com temperatura controlada a 16°C. A farinha de arroz extrusada, processada em rosca simples, foi cedida pela indústria CEREALE Ind. e Com. de Cereais LTDA. O fermento biológico utilizado foi a levedura *Sacharomyces cerevisiae* seca (Fleischmann). O ácido (L+) ascórbico P.A. utilizado para formulação dos pães foi da marca Vetec. O óleo de soja, o sal, o açúcar, os ovos, o polvilho azedo, o leite integral (mínimo 3% de gordura) e o hidrocolóide hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) foram adquiridos no comércio local. As formulações e suas avaliações foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

### **Preparo das misturas**

As misturas foram elaboradas com a substituição da farinha de arroz branco polido pela farinha de arroz extrusada (FAE) na proporção de 10, 25, 50 e 75%. O controle corresponde à formulação que contém o máximo de farinha de arroz branco polido (75%), pois nas cinco formulações adicionou-se 25% de polvilho azedo para melhorar a expansão dos produtos de panificação. As misturas foram homogeneizadas e armazenadas em recipientes herméticos para posterior utilização.

### **Caracterizações das misturas**

#### **Propriedades de pasta**

As propriedades de pasta das misturas elaboradas com farinha de arroz de alta amilose, farinha de arroz extrusada e polvilho azedo foram avaliadas através do equipamento RVA, *Rapid Visco Analyser* (modelo RVA-4, Newport Scientific, Austrália), pelo método Newport Scientific Stand 1

Profile, utilizando o software Thermocline for Windows, versão 2.0. Foi utilizada uma amostra de 3,0 gramas e corrigida para 14% de umidade. Os parâmetros avaliados foram: temperatura e tempo de início de formação de pasta, viscosidade máxima, quebra da viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação.

#### Poder de inchamento e solubilidade

O poder de inchamento e a solubilidade das misturas foram determinados à temperatura de 90°C, conforme método descrito por Leach et al. (1959). A determinação envolveu a suspensão de 1,0 grama de amostra em 50 mL de água destilada. Após 30 min de aquecimento em banho-maria (90°C), os tubos foram resfriados à temperatura ambiente e centrifugados a 4000 rpm por 30 min. O sobrenadante foi coletado e seco em estufa (105°C) até peso constante para a

quantificação da fração solúvel. Os tubos, previamente tarados, contendo amostra intumescida, foram pesados para determinar o poder de inchamento. A solubilidade foi calculada pela relação da massa solúvel e a massa inicial da mistura, expressa em porcentagem, enquanto o poder de inchamento foi obtido pela relação da massa final intumescida pela massa inicial de mistura, sendo descontada a fração solúvel.

#### Elaboração dos pães

Os pães foram elaborados de acordo com as especificações da Tabela 1. A formulação básica seguiu a sugerida por Figueira et al., (2011), com modificações. Para o preparo dos pães, elaboraram-se cinco tipos de formulações: controle (sem adição de FAE) e outras contendo 10, 25, 50 e 75% de farinha de arroz extrusada (Tabela 1).

**Tabela 1.** Relação de ingredientes utilizados nas formulações com base em 100 gramas de farinha para elaboração dos pães

Ingredientes	FAE (%)				
	0	10	25	50	75
Farinha de arroz (FA) (g)	75,0	65,0	50,0	25,0	0,0
Farinha de arroz extrusada (FAE) (g)	0,0	10,0	25,0	50,0	75,0
Polvilho Azedo (PA) (g)	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Hidroximetilcelulose (HMPC) (g)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Açúcar (g)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Sal (g)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Fermento biológico (g)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Óleo (g)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Ácido ascórbico (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Leite integral (mL)	60,0	62,5	67,5	105,0	115,0
Ovos (g)	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0

FAE = Farinha de arroz extrusada.

Outros ingredientes, como leite e ovos, foram adicionados a fim de proporcionar características sensoriais, de acordo com as propriedades funcionais de cada ingrediente, ou seja, um pão com sabor e aparência global característico. As quantidades de e de leite adicionados foram determinadas através

de testes preliminares, onde se analisou o volume dos pães.

Os pães foram preparados misturando-se primeiramente os ingredientes secos, os quais foram adicionados aos líquidos e homogeneizados em batedeira planetária (Stand Mixer KitchenAid -K5SSWH2, KitchenAid, Michigan, EUA) durante 10

minutos em velocidade média. A quantidade de leite adicionada foi variável, de acordo com a necessidade. A massa foi colocada em fôrmas de 7 x 14 x 4,3 cm, que foram mantidas em estufa a 38°C por 90 minutos para fermentação e assadas em forno a 200°C por 40 minutos. Em seguida, foram desenformadas e mantidas à temperatura ambiente durante 1 hora antes das avaliações.

### **Perfil de textura da massa crua**

A textura da massa crua dos pães foi avaliada em um analisador de textura TA.XTplus através do teste de perfil de textura (TPA), utilizando um probe cilíndrico de 45 mm de diâmetro. A massa crua foi colocada em placas de petri de 50 mm de diâmetro e mantida em descanso por 10 minutos. A amostra foi comprimida até atingir 60% do volume original em uma velocidade de 2 mm.s<sup>-1</sup> com o tempo de 75 segundos entre compressões. A primeira avaliação foi feita utilizando-se um filme plástico sobre a amostra para evitar a distorção causada pelo pico negativo da adesividade. A segunda avaliação foi realizada sem o filme, para obter a adesividade.

### **Caracterização tecnológica dos pães**

Perda de peso ao assar, volume específico

Após a retirada das fôrmas, os pães foram resfriados à temperatura ambiente por uma hora. A análise de perda de peso ao assar foi realizada mediante comparação de peso do produto antes e após o forneamento e depois de uma hora de resfriamento. O volume foi obtido pelo método de deslocamento de sementes de painço, sendo o volume de sementes deslocadas medidas em uma proveta (PIZZINATTO, CAMPAGNOLLI, 1993). O volume específico foi calculado pela razão entre o volume e o peso assado (cm.g<sup>-1</sup>).

Perfil de textura do miolo

A textura do miolo foi determinada através de um analisador de textura TA.XTplus, utilizando o método padrão da AACC 74-09 (1995), com adaptações, no qual um probe cilíndrico de 20 mm de diâmetro comprimiu a amostra em 40% do tamanho original a uma velocidade de 1,7 mm.s<sup>-1</sup>, obtendo-se, assim, os parâmetros dureza (g) mastigabilidade e gomosidade. Para a análise, foram utilizadas três fatias de 15 mm de espessura. Avaliou-se o perfil de textura após 2, 24 e 120 horas de forneamento. Os pães foram embalados em sacos plásticos de polietileno de 0,5 mm de espessura e dispostos ao acaso em prateleiras a 23 ± 2°C.

### **Cor da crosta e do miolo**

A cor da crosta e do miolo dos pães foi determinada pelo uso do espectrofotômetro de reflectância difusa, modelo Minolta-CR-300, com sensor ótico geométrico de esfera. No sistema Hunter de cor, corrigido pela CIELab, os valores L (luminosidade) flutuam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores de a e b (coordenadas de cromaticidade) variam de -a (verde) até +a (vermelho), e -b (azul) até +b (amarelo). As amostras foram colocadas sobre o sensor ótico, realizando-se três leituras em posições diferentes.

### **Determinação da composição centesimal**

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: umidade, pelo método nº 44-15A (AACC, 2000); cinzas, de acordo com o método nº 08-01 (AACC, 2000), sendo empregado o tempo de quatro horas a 600 °C em mufla; proteína, de acordo com o método de Kjeldahl, nº 46-13 (N x 5,95) (AACC, 2000); lipídios, pelo método de Soxhlet, nº 30-20 (AACC, 2000); e carboidratos totais, que foram estimados por diferença dos demais constituintes.

## Valor energético total

O valor energético total dos alimentos processados foi estimado considerando-se os fatores de conversão de Atwater, de 4 kcal.g<sup>-1</sup> de proteína, 4 kcal.g<sup>-1</sup> de carboidrato e 9 kcal.g<sup>-1</sup> de lipídio (WILSON et al., 1982).

## Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação das misturas

**Tabela 2.** Propriedades de pasta das misturas elaboradas com farinha de arroz de alta amilose, da farinha de arroz extrusada e do polvilho azedo

Parâmetros	0% FAE	10% FAE	25% FAE	50% FAE	75% FAE	FAE	FA	PA
Temperatura de pasta (°C)	64,16 <sup>b</sup>	63,33 <sup>b</sup>	61,1 <sup>c</sup>	61,16 <sup>c</sup>	64,47 <sup>b</sup>	75,05 <sup>a</sup>	63,33 <sup>b</sup>	64,15 <sup>b</sup>
Pico de viscosidade (RVU)	109,64 <sup>b</sup>	94,94 <sup>b</sup>	75,16 <sup>c</sup>	76,02 <sup>c</sup>	57,00 <sup>d</sup>	46,97 <sup>d</sup>	275,44 <sup>a</sup>	270,14 <sup>a</sup>
Quebra (RVU <sup>**</sup> )	34,25 <sup>c</sup>	39,61 <sup>bc</sup>	37,66 <sup>c</sup>	54,64 <sup>b</sup>	47,37 <sup>bc</sup>	28,75 <sup>c</sup>	40,61 <sup>bc</sup>	255,5 <sup>a</sup>
Viscosidade final (RVU)	111,07 <sup>b</sup>	85,08 <sup>c</sup>	57,07 <sup>d</sup>	34,86 <sup>e</sup>	16,95 <sup>e</sup>	27,58 <sup>e</sup>	467,41 <sup>a</sup>	19,03 <sup>e</sup>
Retrogradação (RVU)	36,58 <sup>b</sup>	28,08 <sup>bc</sup>	20,47 <sup>cd</sup>	12,47 <sup>de</sup>	7,21 <sup>de</sup>	10,03 <sup>de</sup>	232,58 <sup>a</sup>	3,91 <sup>e</sup>

\*Os resultados são as médias de três determinações. Letras diferentes, na mesma linha, diferem estatisticamente (p<0,05).

\*\* RVU: Unidade viscoamilográfica

FAE: Farinha de arroz extrusada; FA: Farinha de arroz; PA: Polvilho azedo

Durante o ciclo de aquecimento até 95°C, no RVA, ocorre o intumescimento e a gelatinização dos grânulos de amido, atingindo o pico máximo de viscosidade nessa etapa. De acordo com Carvalho et al. (2002), no processo de extrusão, o tratamento térmico pode destruir a estrutura

## Propriedades de pasta

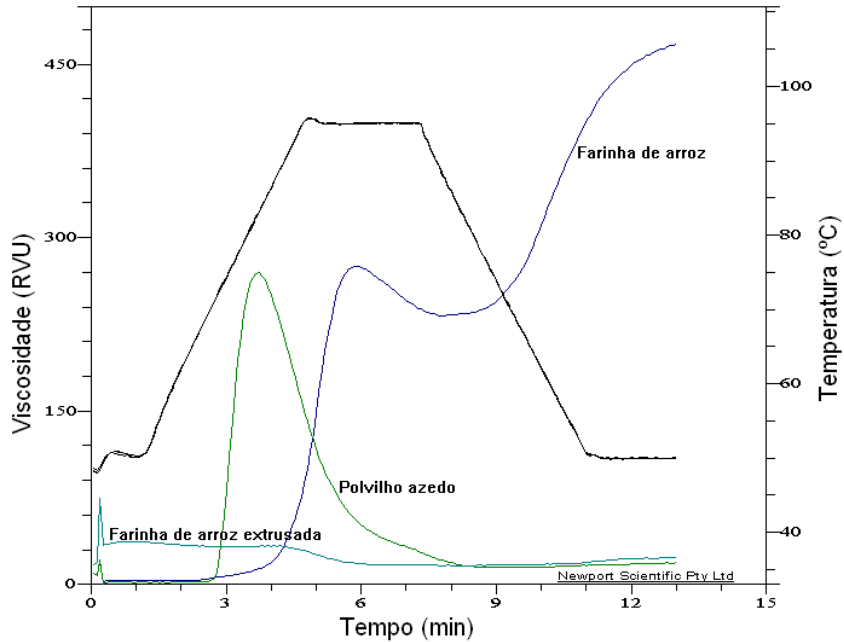
Os resultados obtidos na análise viscoamilográfica da farinha de arroz de alta amilose (FA), da farinha de arroz extrusada (FAE), do polvilho azedo (PA) e de suas misturas estão apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 1 e 2.

A farinha de arroz extrusada apresentou menores valores de pico de viscosidade, quebra de viscosidade e viscosidade final quando comparada à farinha de arroz. Este fenômeno ocorre porque farinhas extrusadas sofrem uma força de cisalhamento intensa durante o processo de extrusão, associadas à umidade intermediária (30-40%) e a elevadas temperaturas, promovendo a gelatinização parcial ou total do amido presente na farinha (CLERICI & EL-DASH, 2006).

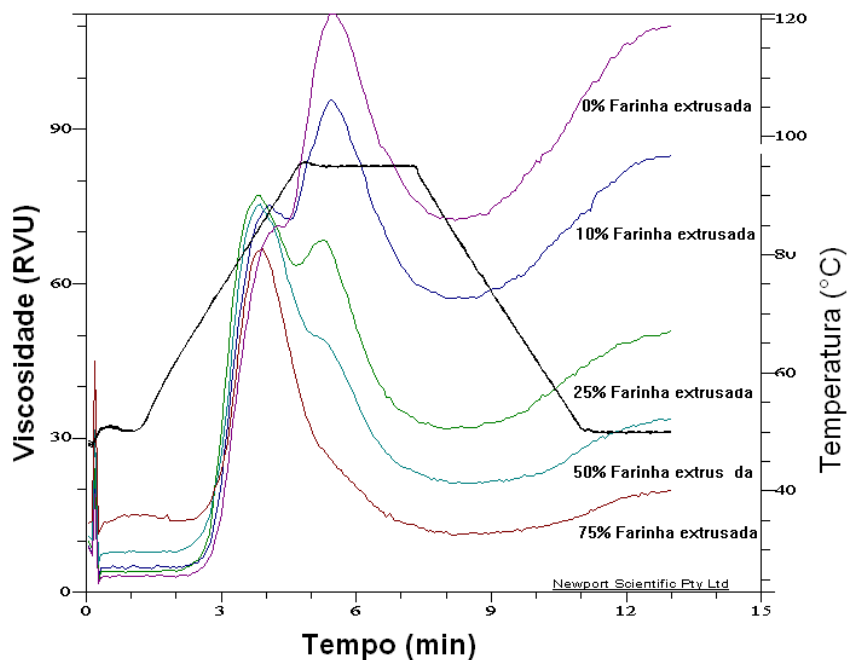
cristalina do amido, de tal forma que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresente ausência de pico e valores muito baixos de viscosidade. O polvilho azedo apresentou baixa tendência à retrogradação quando comparado à farinha de arroz. Este comportamento é verificado em amidos

oxidados (CEREDA, 2003). A farinha de arroz da cultivar IRGA 424 apresenta cerca de 23,40% de amilose (PASCUAL, 2010). Este elevado conteúdo de amilose proporciona

pico de viscosidade e tendência à retrogradação elevados, quando comparados a amidos com menores teores de amilose ou modificados (CEREDA, 2003).



**Figura 1.** Perfil viscoamilográfico da farinha de arroz, da farinha de arroz extrusada e do polvilho azedo.



**Figura 2.** Perfil viscoamilográfico das misturas de farinha de arroz, farinha de arroz extrusada e polvilho azedo.

A farinha de arroz extrusada (FAE) apresentou pico de viscosidade semelhante à

mistura com 75% de farinha de arroz extrusada. As misturas com 25 e 50% de farinha extrusada apresentaram comportamento semelhante entre si. A alteração das propriedades de pasta ocorre devido à inclusão de farinha de arroz extrusada, a qual favorece a redução da viscosidade devido à baixa capacidade de formação de pasta de farinhas e amidos extrusados (CLERICI & EL-DASH, 2006).

O polvilho azedo é produzido pela fermentação dos grânulos de amido de mandioca com posterior secagem ao sol. O amido de mandioca, em presença de ácidos orgânicos expostos aos raios ultravioleta do sol, se oxida e adquire propriedades de expansão. Além disso, a oxidação do amido promove alterações nas propriedades de pasta, tais como a diminuição na quebra e na tendência à retrogradação (DIAS et al., 2011), com isso a viscosidade do polvilho azedo (viscosidade final) e das misturas que contém polvilho azedo são menores, quando comparadas com a farinha de arroz (Figura 1).

À medida que aumenta a concentração de FAE na mistura há tendência na redução do pico de viscosidade, da viscosidade final e da retrogradação (Figura 2). As misturas com 25 e 50% de farinha extrusada apresentaram pico de viscosidade e tendência a retrogradação idênticos entre si. A adição de farinha de arroz extrusada favorece a formação de pastas menos viscosas pois o processo de extrusão promove a gelatinização do amido, assim a sua viscosidade não aumenta durante o aquecimento (Jeong, Kang, & Shin, 2013).

#### Poder de inchamento e solubilidade

O poder de inchamento aumentou com o aumento das frações de farinha extrusada nas misturas. Os tratamentos com 10, 25 e 50 % de FAE não apresentaram diferença entre si (Figura 3). Com 75% de FAE na mistura observou-se o maior poder de inchamento. A solubilidade também aumentou com o aumento das frações de

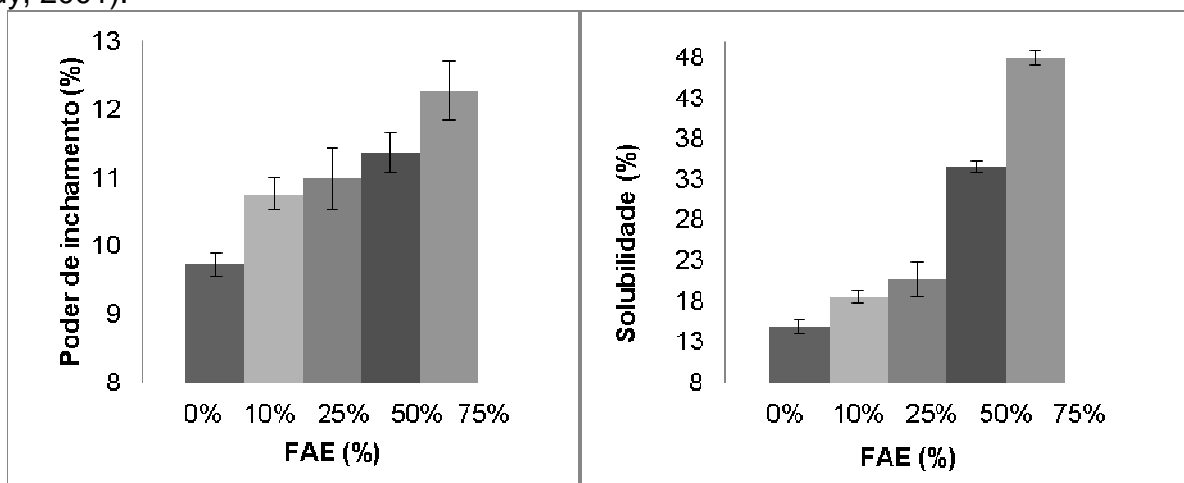
FAE, sendo que não houve diferença entre as concentrações com 10 e 25% de FAE.

O aumento do poder de inchamento e da solubilidade com a adição de farinha de arroz extrusada era esperado, pois as farinhas extrusadas sofrem um processo de gelatinização durante o processo, fato que pode ser comprovado verificando os gráficos de RVA (Figura 1). Durante o processo de extrusão ocorrem alterações na matéria-prima, como a gelatinização do amido, a desnaturação de proteínas, a ativação e/ou inativação enzimática, além de reações de Maillard (CHUANG & YEH, 2004), formação de complexo entre amilose e lipídios e reações de degradação de vitaminas e pigmentos (ILO et al., 1999). Com a gelatinização, o amido perde características como a birrefringência dos grânulos, resultando na liberação da amilose e amilopectina de seus grânulos. Com esse processo ocorre também a dextrinização dos componentes do amido e outras reações que conduzem à formação de compostos de baixo peso molecular que irão influenciar no aumento da solubilidade em água (NASCIMENTO et al., 2007, WHALEN et al., 1977). O poder de inchamento é dependente da capacidade de retenção de água através de ligações ponte de hidrogênio na fração semi-cristalina do grânulo de amido, composta principalmente pela amilopectina. Uma vez extrusada, a farinha de arroz sofre alterações na capacidade de absorção de água a frio, no poder de inchamento e na solubilidade, devido ao rompimento destas pontes de hidrogênio (Limberguer et al., 2008).

De um modo geral, constituintes químicos de materiais crus, principalmente amidos e proteínas, liberam grupos hidrofílicos (sítios de adsorção de água) durante o processo de extrusão. Amidos liberam radicais -OH e proteínas -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> e/ou C=O- e ficam disponíveis para formar pontes de hidrogênio com a água. Se a disponibilidade de grupos hidrofílicos for grande, materiais amiláceos como milho, trigo, arroz e outros cereais transformam-se



em produtos solúveis (Aschieri et al., 2006; Guy, 2001).



**Figura 3.** Efeito da concentração de farinha de arroz extrusada sobre o poder de inchamento e a solubilidade das misturas

### Características da massa e dos pães

Análise do perfil de textura da massa crua

As variáveis dureza, adesividade e gomosidade da massa crua variaram com a adição de FAE. A elasticidade e a coesividade das massas não foram modificadas com a adição de farinha extrusada nas formulações (Tabela 3).

**Tabela 3.** Perfil textuométrico da massa crua dos pães elaborados com diferentes concentrações de farinha de arroz extrusada

FAE (%)	Dureza (g)*	Adesividade (g.s)	Gomosidade (g)	Coesividade	Elasticidade (mm)
0	2017,34 <sup>e</sup>	-3546,41 <sup>d</sup>	9,11 <sup>d</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>
10	2583,61 <sup>d</sup>	-3610,54 <sup>d</sup>	15,37 <sup>c</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>
25	2915,57 <sup>c</sup>	-4785,51 <sup>c</sup>	19,22 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>
50	4247,11 <sup>b</sup>	-8794,09 <sup>b</sup>	22,65 <sup>b</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>
75	6286,17 <sup>a</sup>	-11833,73 <sup>a</sup>	30,17 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>

\*Os resultados são as médias de três determinações. Letras diferentes, na mesma coluna, diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ). FAE: farinha de arroz extrusada.

Pode-se verificar na Tabela 3 que a massa dos pães obtida do tratamento com 75% de FAE apresentou valor mais elevado de dureza diminuindo até o nível zero. A análise estatística provou haver diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todos os tratamentos. A gomosidade e a coesividade

não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

### Composição centesimal e nutricional

Os valores referentes à composição centesimal dos pães estão apresentados na Tabela 4. Em relação à umidade dos pães,

todos os valores diferiram entre si, sendo que o maior valor foi verificado no tratamento com 75% de FAE. Este comportamento possivelmente ocorreu em função do aumento do volume de líquido adicionado durante a elaboração da massa dos pães, pois nestas formulações, mesmo o volume de líquido sendo superior (controle 60 mL 75% FAE 115 mL), a massa crua apresentou maior dureza, gomosidade e adesividade (Tabela 3). O conteúdo de proteínas, cinzas e fibra bruta não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4).

A adição de FAE reduziu o teor de gordura dos pães (Tabela 4), sendo que este comportamento pode ser consequência do processo de extrusão. Durante a extrusão pode haver a formação de um complexo amilose-lipídeo dificultando a extração de

gorduras por éter (BHATNAGAR & HANNA, 1994). Os complexos de amilose com gorduras e emulsificantes de alimentos, como mono e diglicerídeos, podem alterar a temperatura de gelatinização do amido, a textura e o perfil de viscosidade da pasta resultante, limitando a retrogradação (MATSUGAMA, 2006). Os lipídeos presentes no amido podem ser responsáveis pela baixa retrogradação, isso porque os lipídeos, por impedimento estérico, dificultam a reassociação das cadeias poliméricas se complexando com amilose durante o resfriamento (WANG & WHITE, 1994). Como consequência, o aumento da quantidade de FAE com lipídeos complexados promove uma diminuição no conteúdo do extrato etéreo e um aumento no conteúdo de carboidratos totais.

**Tabela 4.** Composição centesimal dos pães elaborados com diferentes teores de farinha de arroz extrusada

FAE (%)	Umidade (%)	Proteína bruta (%)	Cinzas (%)	Fibra bruta (%)	Extrato etéreo (%)	Carboidratos (%)
0	35,26±0,07 <sup>e</sup>	12,06±0,12 <sup>a</sup>	4,17±0,63 <sup>a</sup>	0,24±0,05 <sup>a</sup>	7,28±0,11 <sup>a</sup>	76,35 <sup>d</sup>
10	32,75±0,06 <sup>d</sup>	11,31±0,11 <sup>a</sup>	3,25±0,27 <sup>a</sup>	0,29±0,03 <sup>a</sup>	6,46±0,06 <sup>b</sup>	78,69 <sup>c</sup>
25	33,73±0,04 <sup>c</sup>	11,15±0,55 <sup>a</sup>	2,82±0,65 <sup>a</sup>	0,23±0,10 <sup>a</sup>	6,25±0,21 <sup>b</sup>	79,55 <sup>b</sup>
50	39,14±0,14 <sup>b</sup>	11,88±0,09 <sup>a</sup>	4,06±0,77 <sup>a</sup>	0,27±0,12 <sup>a</sup>	4,02±0,10 <sup>c</sup>	79,77 <sup>b</sup>
75	41,23±0,11 <sup>a</sup>	11,21±0,78 <sup>a</sup>	3,45±0,46 <sup>a</sup>	0,29±0,19 <sup>a</sup>	1,11±0,11 <sup>d</sup>	83,64 <sup>a</sup>

\*Os resultados são as médias de três determinações, todas em base seca. Letras diferentes, na mesma coluna, diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ). FAE: farinha de arroz extrusada.

O teor de umidade dos pães controle e com adição de FAE manteve-se entre 32,75% e 41,23%. Tais resultados são menores que os verificados por Figueira et al. (2011), que elaboraram pães com farinha de arroz convencional adicionados com *Spirulina platensis*, e no tratamento com apenas farinha de arroz, apresentaram 52,38% de umidade. No entanto, o conteúdo de proteínas (7,12%), de lipídeos (2,08%), de cinzas (1,92%) e de carboidratos (88,16 %) observados por Figueira et al. (2011) foram menores quando comparados aos tratamentos controle e com FAE. Essas divergências ocorreram devido à composição

das formulações conterem leite e ovos, que são fontes de proteínas e lipídios. O conteúdo de carboidrato diferiu entre os tratamentos, exceto nos tratamentos com 25 e 50 %, pois o cálculo de carboidratos totais é realizado por diferença dos demais componentes da composição química.

As formulações de pães de arroz não apresentaram diferenças estatísticas significantes em relação ao conteúdo de proteínas (Tabela 4). No entanto, o incremento de FAE nas formulações promoveu aumento dos carboidratos e uma redução gradativa nos teores de gorduras totais. A redução de lipídios livres no

extrusado pode ser explicada pela interação lipídio-amido. A molécula de amido possui uma estrutura tridimensional formada por ligações repetidas de glicose, sendo que na parte interna da molécula de amilose estão as ligações de caráter apolar. Os lipídios se complexam na parte interna das hélices e são difíceis de serem removidos com solventes (ARÉAS, 1996). Dessa maneira o menor valor energético foi observado com 75% de FAE, seguido da amostra com 50% de FAE, pois os lipídios ao serem oxidados nas células, geram 9 kcal.g<sup>-1</sup>, sendo maior que a quantidade de calorias liberadas na oxidação de igual quantidade de carboidratos e proteínas (4 kcal.g<sup>-1</sup>).

Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) não se encontram valores referentes a pães elaborados com farinha de arroz. Então foi feita uma comparação com o pão de trigo devido à exclusão desse alimento por portadores de DC. Quando comparados os valores da informação nutricional dos pães de arroz com o pão de trigo encontrado na TACO, observa-se maior teor de carboidratos (22,0%) e lipídeos (1,35%). Quanto às proteínas os valores encontrados são semelhantes (6%). Assim ao serem metabolizados no organismo humano liberam mais energia em relação ao pão de trigo (126,5 kcal).

**Tabela 5.** Informação nutricional e valor energético da porção de 50 gramas (2 fatias) dos pães preparados com diferentes teores de FAE

FAE (%)	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Gorduras Totais (g)	Energia (Kcal)
0	38,17±0,2 <sup>c</sup>	6,03±0,11 <sup>a</sup>	3,64±0,24 <sup>a</sup>	209,56±0,34 <sup>a</sup>
10	39,34±0,1 <sup>b</sup>	5,65±0,12 <sup>a</sup>	3,23±0,15 <sup>b</sup>	208,51±0,12 <sup>a</sup>
25	39,77±0,15 <sup>b</sup>	5,57±0,55 <sup>a</sup>	3,12±0,47 <sup>b</sup>	209,46±0,23 <sup>a</sup>
50	39,88±0,20 <sup>b</sup>	5,94 ±01 <sup>a</sup>	2,01±0,48 <sup>c</sup>	201,39±0,15 <sup>b</sup>
75	41,82±0,16 <sup>a</sup>	5,60±0,80 <sup>a</sup>	0,55±0,25 <sup>d</sup>	194,63±0,50 <sup>c</sup>

\*Os resultados representam as médias de três determinações, em base seca. Letras diferentes, na mesma coluna, diferem estatisticamente (p<0,05). FAE: farinha de arroz extrusada.

#### Características físicas dos pães

Os pães sem glúten geralmente têm um baixo volume, estrutura densa e miolo que não forma migalhas (NOVOTNI et al., 2012). A cor é uma importante característica em produtos de panificação, pois, aliada a textura e ao aroma, contribui para a preferência dos consumidores. Os resultados de cor da crosta e do miolo estão apresentados na Tabela 6. A cor é dependente das características físico-químicas da massa (conteúdo de água, aminoácidos, pH, açúcares redutores) e das condições operacionais durante a fabricação (temperatura de forno e umidade relativa).

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 et al., 2004a; ESTELLER & LANNES, 2005).

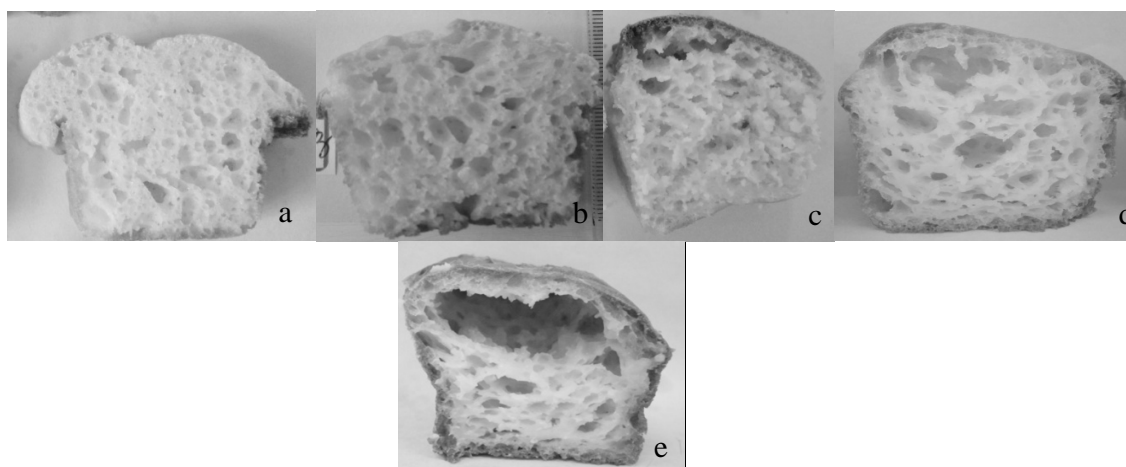
A luminância, L\*, é expressa em porcentagem (de 0 para o preto a 100 para o branco). Os pães com adição igual ou superior a 25% de FAE apresentaram uma redução na luminosidade L\* da crosta em relação à amostra controle (Tabela 5). Este comportamento ocorreu porque a FAE já está

gelatinizada e, conseqüentemente, é mais suscetível à ação do fermento, formando, assim, uma elevada quantidade de maltose e açúcares fermentescíveis (GUTKOSKI et al., 2009). No cozimento da massa as enzimas amilases são inativadas e as dextrinas disponíveis são utilizadas nas reações de escurecimento não-enzimático, produzindo sabor desejável ao pão (SHELTON & D'APPOLONIA, 1985).

A cromaticidade de  $a^*$  indica a intensidade das cores vermelho e verde, sendo que o verde é próximo de zero ou valores negativos e o vermelho se afasta do zero positivamente, variando de -120 a +120. A cromaticidade de  $b^*$  indica a variação entre as cores amarelo e azul, com a mesma variação de  $a^*$ . O amarelo é verificado quando os valores se afastam do zero positivamente. Quanto maior a quantidade de FAE, menor foi a cromaticidade  $b^*$ , indicando que os pães ficaram com tonalidade menos amarelada. A crosta dos pães apresentou

característica avermelhada, aumentando conforme se eleva o percentual de farinha extrusada (Tabela 5). Esta tendência sugere uma interação de grupos hidrofílicos de proteínas e carboidratos conhecida como reação de Maillard (EL-SAMAHY et al., 2007).

O miolo dos pães com substituições de até 25% apresentaram um aumento no valor  $L^*$  em relação ao controle, indicando coloração mais clara. No entanto, houve decréscimo com o aumento das substituições (50 e 75%) em comparação ao miolo dos pães com adição de 25% de FAE (Tabela 6). A cromaticidade  $a^*$  do miolo dos pães aumentou em todos os tratamentos quando comparados com o controle, mas não diferiram em função da proporção de FAE utilizada na mistura. A cromaticidade  $b^*$  do miolo dos pães com adição de FAE diminuiu em todos os tratamentos comparados com o controle, sendo que os menores valores foram verificados nas concentrações de 50 e 75% de FAE (Tabela 6).



**Figura 4.** Pães elaborados com FA, FAE e PA, (a) controle, 0% de FAE, (b) 10% de FAE, (c) 25% de FAE, (d) 50% de FAE, (e) 75% de FAE.

O aumento do volume do pão é influenciado pela capacidade de absorção de água dos constituintes da farinha de trigo e pela capacidade de retenção do gás formado pela massa (CURIC et al., 2002). Tem sido demonstrado que a extrusão de materiais amiláceos resulta em mudanças nas propriedades funcionais destes produtos, tais

como índice de absorção de água, solubilidade em água, resistência à ruptura e reologia das pastas de farinha. Jeong, Kang, Shin (2011) verificaram maior capacidade de ligação com água e solubilidade da farinha de arroz extrusada comparada a farinha não extrusada. Conforme observado na Tabela 7, houve um efeito positivo da adição de FAE no

volume específico dos pães somente no tratamento com 75% de FAE, pois o volume específico do pão com 75% de FAE

aumentou 27,65%, em relação ao pão controle.

**Tabela 6.** Características de cor de crosta e miolo dos pães elaborados com diferentes misturas de farinha de arroz extrusada

FAE (%)	Crosta			Miolo		
	L	a*	b*	L	a*	b*
0	57,87±2,26 <sup>a</sup>	3,76±0,31 <sup>e</sup>	37,58±0,44 <sup>a</sup>	69,68±0,21 <sup>b</sup>	-6,64±0,09 <sup>b</sup>	20,45±0,27 <sup>a</sup>
10	57,90±1,18 <sup>a</sup>	5,49±0,81 <sup>d</sup>	36,27±0,10 <sup>b</sup>	70,37±0,42 <sup>a</sup>	-2,49±0,08 <sup>a</sup>	18,58±0,1 <sup>b</sup>
25	51,52±1,67 <sup>b</sup>	7,83±0,73 <sup>c</sup>	36,51±0,21 <sup>b</sup>	71,26±0,35 <sup>a</sup>	-2,79±0,13 <sup>a</sup>	18,55±0,09 <sup>b</sup>
50	50,49±1,09 <sup>b</sup>	10,85±0,43 <sup>b</sup>	28,76±0,31 <sup>c</sup>	68,2±2,66 <sup>b</sup>	-2,66±0,30 <sup>a</sup>	14,54±0,50 <sup>c</sup>
75	43,46±0,33 <sup>c</sup>	12,73±0,46 <sup>a</sup>	22,61±0,46 <sup>d</sup>	69,09±0,61 <sup>b</sup>	-2,90±0,05 <sup>a</sup>	15,55±0,56 <sup>c</sup>

\*Os resultados são as médias de três determinações. Letras diferentes, na mesma coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ). FAE: farinha de arroz extrusada.

A melhoria da qualidade de pão sem glúten com adição de FAE foi estudada por Clerici & El-Dash (2006) na proporção de 10 g/100 g como substituto do glúten. Estes autores estudaram diferentes condições de extrusão da farinha de arroz e os melhores resultados de volume neste estudo foram observados quando utilizado 20% de umidade no processo de extrusão e temperatura de 180°C, sendo que, nestas condições ocorre a gelatinização do amido pela extrusão. Segundo os mesmos autores, o amido pré-gelatinizado tem capacidade de

formar instantaneamente inúmeras pontes de hidrogênio com a água.

O volume específico é a medida mais importante para verificar a capacidade da farinha de expandir e reter o gás no interior da massa durante o forneamento. O tratamento com 75% de FAE, foi verificado o maior volume específico dos pães (Tabela 7). No entanto, neste tratamento os pães apresentaram grandes bolhas de ar (Figura 4), alvéolos desuniformes e miolo úmido. Já os pães com 10% e com 25% de FAE apresentaram miolo uniforme, mas volume semelhante ao do pão controle.

**Tabela 7.** Características tecnológicas dos pães elaborados com diferentes teores de farinha de arroz extrusada

FAE (%)	Volume específico (cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup> )	Perda de peso (g)
0	2,35±0,08 <sup>b</sup>	20,86±0,15 <sup>b</sup>
10	2,00±0,10 <sup>c</sup>	22,72±0,82 <sup>b</sup>
25	2,32±0,08 <sup>b</sup>	21,63±0,54 <sup>b</sup>
50	2,21±0,65 <sup>bc</sup>	30,59±1,95 <sup>a</sup>
75	3,00±0,08 <sup>a</sup>	33,85±1,89 <sup>a</sup>

\*Os resultados são as médias de três determinações. Letras diferentes, na mesma coluna diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ). FAE: farinha de arroz extrusada.

O volume dos pães depende da formulação e da qualidade da matéria-prima. Os pães de pouco volume não são desejados pela maioria dos consumidores, podendo ser associados a falhas no processamento e na

cocção, o que torna o produto menos atrativo para o consumo (ESTELLER & LANNES, 2005).

A perda de peso ao assar é uma medida que demonstra a capacidade da massa em

reter água. Houve uma perda de umidade de 20,86 – 22,72 g entre os tratamentos com 0, 10 e 25% de FAE. Nos tratamentos com 50 e 75% de FAE a perda de umidade durante o processo de forneamento foi de 30-33,85 g, indicando uma menor capacidade de retenção de água dos pães quando adicionados de 50% ou mais de FAE.

#### Propriedades de textura dos pães assados

A textura pode ser definida como um conjunto de características físicas que provém dos elementos estruturais dos alimentos (SZCZESNIAK, 2002). Estas características, ou parâmetros de textura, são quantificadas por meio das análises de textura, que podem ser sensoriais ou instrumentais (ROSENTHAL, 1999). No caso de pães, a textura está diretamente relacionada com a umidade e a maciez do miolo.

Em pães de forma, a textura apresenta-se como um importante indicador de frescor e qualidade para o consumidor, sendo um fator imprescindível para a aceitabilidade do produto no mercado (LASSOUED et al., 2008).

Na Tabela 8 pode-se observar que a farinha de arroz extrusada promoveu um aumento na dureza dos pães, até 25% de substituição, sendo que com 75% de substituição a dureza foi menor em relação ao controle. As misturas com maiores quantidades de FAE apresentaram maior solubilidade em relação ao controle (Figura 3). É possível verificar que pães elaborados com até 25% de FAE apresentaram maior dureza logo após assados e com 24h de armazenamento, comparados ao controle. Após 120h de armazenamento, os pães elaborados com 50% de FAE também apresentaram maior dureza do que o controle (Tabela 8).

Os pães controle apresentaram um acréscimo de 7 vezes na dureza (120h), em relação à medição com 2h. A utilização de 10% de farinha de arroz extrusada na mistura

promoveu um acréscimo de 3,7 vezes na dureza do miolo dos pães, em relação à dureza inicial (2h). A inclusão de até 25% de FAE na elaboração de pães de arroz aumentou a dureza durante o armazenamento de 120h, 3,5 vezes de acréscimo, enquanto que com uma proporção maior de FAE (50%) o aumento da dureza ao longo do armazenamento foi de 9,78 vezes.

Durante a extrusão ocorre um alto grau de ruptura dos grânulos de amido e a perda quase completa sua estrutura cristalina. Esses efeitos refletem na alta solubilidade, na baixa absorção de água, na ausência de um picoamilográfico e na baixa retrogradação dos granulos de amido (GONZÁLEZ e col., 2005). Sendo assim, o ingrediente responsável pela manutenção das características iniciais dos pães após 120h de armazenamento é a farinha de arroz extrusada. Esta farinha já passou pelo processo de extrusão, que consiste na gelatinização total ou parcial do amido presente na farinha. Uma vez que a FAE já é retrogradada (Figura 1), este fenômeno não ocorre durante o resfriamento dos pães após o forneamento e, logo, a dureza destes pães será naturalmente mais baixa.

Não houve diferença estatística na elasticidade dos pães em função do teor de FAE utilizado na mistura e em função do tempo de armazenamento (Tabela 8). A mastigabilidade aumentou com a adição de até 25% de FAE, comparando-se com o controle. Entre todos os tratamentos, a menor mastigabilidade foi observada no pão preparado com 75% de FAE. Houve aumento na variável mastigabilidade para todos os pães armazenados por 120h. No tratamento controle a mastigabilidade aumentou 3,57 vezes durante 120h de armazenamento, enquanto nos pães elaborados com 10%, 25%, 50% e 75% de FAE aumentou 2,53, 3,39, 6,39 e 4,43 vezes, respectivamente.

Pereira (1998) afirmou que o envelhecimento do pão de queijo é ocasionado pelo rearranjo das moléculas de amido devido à formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias adjacentes dos

grupos hidroxilas. Essa reação afeta a textura dos alimentos e a vida de prateleira dos produtos constituídos de amido, provocando endurecimento e ressecamento dos mesmos. Este fenômeno pode explicar o endurecimento verificado 24h após o forneamento.

Gutkoski et al. (1997) apresentaram os seguintes valores para pães produzidos com farinha de trigo: dureza =230.8 g; elasticidade =1.304 e mastigabilidade =116.78, valores estes inferiores quanto a dureza e mastigabilidade e superiores em relação a elasticidade.

Segundo Esteller et al. (2004b), o aumento da percentagem de farinha de *okara* (resíduo sólido resultante do processo de obtenção do extrato solúvel de soja) na formulação de pão de forma e o aumento do tempo de estocagem promovem o aumento na dureza, que é a força necessária para produzir certa deformação, e na mastigabilidade, que é a energia requerida para mastigar um alimento até a deglutição. De acordo com esses autores, 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.

**Tabela 8.** Perfil de textura do miolo dos pães elaborados com diferentes teores de farinha de arroz extrusada e armazenados por 2, 24 e 120 horas

Armazenamento	FAE (%)				
	0	10	25	50	75
DUREZA (g)					
2h	404,08 <sup>cC</sup>	1714,37 <sup>aC</sup>	1054,23 <sup>bC</sup>	433,39 <sup>cC</sup>	211,15 <sup>dC</sup>
24h	1392,46 <sup>cB</sup>	4165,88 <sup>aB</sup>	1958,00 <sup>bB</sup>	1117,34 <sup>dB</sup>	293,04 <sup>eB</sup>
120h	2869,37 <sup>cA</sup>	6497,58 <sup>aA</sup>	3776,23 <sup>bA</sup>	4243,71 <sup>bA</sup>	681,15 <sup>dA</sup>
ELASTICIDADE (mm)					
2h	0,96 <sup>aA</sup>	0,93 <sup>aA</sup>	0,95 <sup>aA</sup>	0,93 <sup>aA</sup>	0,89 <sup>aA</sup>
24h	0,97 <sup>aA</sup>	0,94 <sup>aA</sup>	0,84 <sup>aA</sup>	0,97 <sup>aA</sup>	0,84 <sup>aA</sup>
120h	0,92 <sup>aA</sup>	0,93 <sup>aA</sup>	0,83 <sup>aA</sup>	0,95 <sup>aA</sup>	0,81 <sup>aA</sup>
MASTIGABILIDADE (g)					
2h	3,25 <sup>cC</sup>	12,18 <sup>aC</sup>	6,30 <sup>bC</sup>	3,06 <sup>cC</sup>	1,14 <sup>dB</sup>
24h	8,45 <sup>cB</sup>	23,64 <sup>aB</sup>	12,79 <sup>bB</sup>	4,93 <sup>dB</sup>	2,57 <sup>eB</sup>
120h	11,61 <sup>dA</sup>	30,86 <sup>aA</sup>	21,39 <sup>bA</sup>	19,56 <sup>cA</sup>	5,06 <sup>eA</sup>

\*Os resultados são as médias de três determinações. Letras maiúsculas diferentes, na mesma coluna para cada propriedade, e letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ), entre o conteúdo de FAE e o tempo de armazenamento, respectivamente. FAE: farinha de arroz extrusada.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento de produtos livres de glúten é importante principalmente para a dieta das pessoas com doença celíaca. No entanto, encontrar formulações e matérias-primas que permitam reunir características tecnológicas e nutricionais ótimas em um só produto são um desafio na pesquisa.

Nesse trabalho foi possível produzir pães com miolo uniforme e claro, e com manutenção da dureza ao longo de 120 h de armazenamento ao se adicionar até 25% de farinha de arroz extrusada. Além disso, os pães sem glúten elaborados nesse estudo representam uma excelente fonte de energia, podendo fazer parte do desjejum, de lanches ou acompanhando as refeições principais

tanto da dieta de pessoas saudáveis como, principalmente, daquelas portadoras de doença celíaca.

## AGRADECIMENTOS

A Ind. e Com. de Cereais LTDA (CEREAL), pelo fornecimento da farinha de arroz extrusada.

## REFERÊNCIAS

AACC.AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of AACC**. 9. ed. St. Paul: *American Association of Cereal Chemists*, 1995.

AACC.AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the AACC**. 10. ed. Sant Paul: *American Association of Cereal Chemists*, 2000.

Associação dos Celíacos do Brasil - ACELBRA . [Acesso em: 12 mar. 2012]. Disponível em: <https://www.acebra.org.br>.

ARÊAS, J.A.G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Bol SBCTA**, 30(1): 28-30, 1996.

ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba, *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 2006, 26(2): 325-335.

BHATNAGAR, S.; HANNA, M.A. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. **Cereal Chemistry**, 1994; 71(6): 582-587.

BUTTERWORTH, J.R.; BANFIELD, L. M.; IQBALA, T. H.; COOPER, B. T. Factors relating to compliance with a gluten-free diet in patients with coeliac disease: comparison

of white Caucasian and South Asian patients. **Clinical Nutrition**, 2004; 23 (5):1127-1134.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CALVIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência Agrotecnologia**, 2002; 26(5):1006-1018.

CEREDA, M.P. Caracterização dos Subprodutos da Industrialização da Mandioca. In: CEREDA, M.P. **Manejo uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**.(4) Fundação Cargill: São Paulo, 2001; 170-185.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Potencialidade de proteína de folhas de mandioca. In: CEREDA, M.P. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. v.3 São Paulo: Fundação Cargill, 2003; 246-332.

CÉSAR, A.S.; GOMES, J.C.G.; STALIANO, C.D.; FANNI, M.L.; BORGES, M.C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista CERES**, 2006; 53(306): 150-155.

CHUANG, G.C.; YEH, A.I. Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking, **Journal of Food Engineering**, 2004; 63(1): 21-31.

CLERICI, M.T.P.S.; EL-DASH, A.A. Farinha extrusada de arroz como substituto de gordura na produção de pão de arroz, **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Campinas, 2006, 56(3):288-294.

COMINO I.; REAL, A.; LORENZO, L. et al. Coeliac disease, Diversity in oat potential immunogenicity: basis for the selection of oat varieties with no toxicity in coeliac disease, **GUT**, 2011; 60(7): 915-922.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO- CONAB. [Acesso em:



08ago, 2013]. Disponível em:  
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>

CURIC, D.; DUGUM, J.; BAUMAN, I. The influence of fungal alpha-amylase supplementation on amylolytic activity and baking quality of flour. **Journal of Food Science and Technology**, 2002; 37(3): 673-680.

DIAS, A.R.G.; ZAVAREZE, E.R.; ELIAS, M.C. et al. Pasting, expansion and textural properties of fermented cassava starch oxidised with sodium hypochlorite, **Carbohydrate Polymers**, 2011, 84, 268-275.

ELIAS, M.C.; SCHIAVON, R.A.; OLIVEIRA, M. **Aspectos científicos e operacionais na industrialização de arroz. Qualidade de Arroz na Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 543, 2010.

EL-SAMAHY, S.K.; ABD EL-HADY, E.A.; HABIBA, R.A. et al. Some Functional, Chemical, and Sensory Characteristics of Cactus Pear Rice-Based Extrudates, **Journal of Professional Association for Cactus Development**, 2007, 9(1):137-147,

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2005; 4(25):802-806.

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

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**, 2004b; 4(24):602-607.

FIGUEIRA, F.S.; CRIZEL, T.M.; SILVA, C.R. et al. Pão sem glúten enriquecido com a

microalga *Spirulina platensis*. **Brazilian Journal Food Technology**, 2011; 14(4): 308-316.

GONZÁLEZ, R.; CARRARA, C.; TOSI, E. et al. Amaranth starch-rich fraction properties modified by extrusion and fluidized bed. **Swiss Society of Food Science and Technology**, 2005, 1-8.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; JACOBSEN, N. R. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2003; 23(1): 91-97.

GUTKOSKI, L.C.; PAVANELLI, A.P.; MIRANDA, M.Z. et al. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 1997; 17(1):11-16.

GUTKOSKI, L.C.; TEIXEIRA, D. M. F.; DURIGON, A. et al. Influência dos teores de aveia e de gordura nas características tecnológicas e funcionais de bolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2009; 29(2):1-8.

GUY, R., Raw materials for extrusion cooking. In: Guy, R. **Extrusion cooking**. Boca Raton: Woodhead Publishing Limited, 2001; (2), 5-28.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Lebensm-Wiss u-Technology**, 1999; 32(1):79-88.

JEONG S. H.; KANG, W. S.; SHIN M. Improvement of the Quality of Gluten-free Rice Pound Cake Using Extruded Rice Flour. **Food Science Biotechnology**, 2013, 22(1): 173-180.

JEONG S. H.; KANG, W. S.; SHIN M. Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different

moisture contents. **Korean Journal Food Cookery Science**, 2011, 27: 745-754.

KENNEDY, N.P.; FEIGHERY, C. Clinical features of coeliac disease today. **Biomedicine Pharmacotherapy**, 2000; 54(1):373-380.

LASSOUED, N.; DELARUE, J.; LAUNAY, B. et al. Baked product texture: correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. **Journal of Cereal Science**, 2008; 48(1):133-143.

LEACH, H.; MCCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, 1959, 36(6): 534-544.

LIMBERGER, V.M.; SILVA, L.P.; EMANUELLI, T. et al. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, 2008; 31(1):84-88.

MACHADO, A.S.; TEIXEIRA, A.V.; CARDOSO, H. et al. Doença celíaca no adulto: a propósito de um caso clínico. **GE – Jornal Português de Gastroenterologia**, 2006; 13 (3):139-143.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 112p. [Dissertação] Ponta Grossa, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.

NASCIMENTO, K.O. Propriedades de pasta de farinhas de trigo-soja pré-cozidas por extrusão, **Alimentos e Nutrição**, 2007; 18,(4):387-395.

PASCUAL, C.S.C.I. **Efeitos da parboilização do arroz (*Oryza sativa* L.) integral sobre os compostos bioativos e a disponibilidade do amido**. 116p, [Tese] São Paulo, (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) -

Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2010.

PEREIRA, A.J G. **Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo**. Belo Horizonte: CETEC, 52p, 1998.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza (Espanha): Acribia. 485, 1991.

ROSENTHAL, A.J. **Food Texture: Measurement and Perception**. London: Chapman ; Hall, 311, 1999.

SDEPANIAN, V.L.; MORAIS, M.B.; FAGUNDES NETO, U. Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. **Arquivos de Gastroenterologia**, 1999; 36,(1): 244-257.

SHELTON, D.R.D.; APPOLONIA, B.L. Carbohydrate functionality in the baking process. **Cereal Foods World**, 1985; 30(7): 437-442.

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

STORCK, C.R.; PEREIRA, J.M.; PEREIRA, G.W. et al. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2009; (2):71-77.

SZCZESNIAK, A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference, Barking**, 2002; 13(4):215-225.

TACO -Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. In: Universidade de São Paulo. [Acesso em 30 mar. 2012]. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>.

WANG, L.Z.; WHITE, P.J. Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. **Cereal Chemistry**, 1994; 71(3):263-268, 1994.

WHALEN, P.J.; BASON, M.L.; BOOTH, R.I. et al. Measurements of extrusion effects by viscosity profile using the rapid viscoanalyser. **Cereal Foods World**, 1977; 42(6):469-475.

WILSON, E.D.; SANTOS, A.C.; VIEIRA, E.C. Energia. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J.E., SANTOS, A.C. **Nutrição Básica**, São Paulo: Sarvier, 1982; (1):80.