

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Dissertação

**Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de pães elaborados com
farinha de arroz germinado**

Thauana Heberle
Bacharela em Química de Alimentos

Pelotas, 2021

Thauana Heberle

**Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de pães elaborados com
farinha de arroz germinado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comitê de orientação: Prof. Dra. Márcia Arocha Gularte – UFPel

Dra. Bianca Pio Ávila

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

H445p Heberle, Thauana

Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de
pães elaborados com farinha de arroz germinado /
Thauana Heberle ; Márcia Arocha Gularte, orientadora ;
Bianca Pio Ávila, coorientadora. – Pelotas, 2021.

68 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas,
2021.

1. Germinação. 2. Digestibilidade. 3. Sensorial. 4.
Consumidor. I. Gularte, Márcia Arocha, orient. II. Ávila,
Bianca Pio, coorient. III. Título.

CDD : 664

Banca examinadora:

Prof. Dra. Márcia Arocha Gularte (PPGCTA/CCQFA-UFPEL)

Prof. Dra. Bianca Pio Ávila

Prof. Dra. Rosana Colussi (CCQFA-UFPEL)

Prof. Dra. Dianini Hütner Kringel (UDESC-Pinhalzinho)

**Dedico aos meus pais, Nair e Leandro,
e amigos.**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nair e Leandro, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida e formação. Vocês são meus exemplos de pessoa e honestidade, obrigada por nunca deixarem desistir dos meus sonhos, por acreditarem em mim, desde o primeiro dia que saí de casa, e me incentivarem a ser uma pessoa melhor. Vocês são a base de tudo e tudo isso sempre vai ser por vocês e para vocês.

Aos demais familiares, avós, tios, tias, primos, primas, por compreenderem minha ausência em momentos especiais e me apoiarem todo esse tempo.

Ao meu namorado, Gabriel, por todo o companheirismo e amor ao longo desse tempo, por sempre me incentivar e acreditar em mim mais do que eu mesma, e por tornar os dias mais leves e felizes.

Aos meus cunhados e cunhadas, sogro e sogra, que se tornaram uma extensão familiar e que sempre proporcionaram momentos de descontração e felicidade.

A minha orientadora professora Dra. Márcia Arocha Gularte por acreditar em mim e no projeto, por me apoiar e transmitir seus conhecimentos ao longo desse período.

A minha coorientadora Dra. Bianca Pio Ávila por embarcar nessa “loucura” comigo, pela paciência, pelos ensinamentos e conhecimentos me passados. Muito obrigada de coração.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Pelotas (PPGCTA – UFPel).

Aos amigos Dianini, Estefania, Felipe, Juliani, Lucas e Wyller, que eu tive o prazer de conviver diariamente durante o período de mestrado, pessoas que compartilhei muitas risadas, conversas, conhecimentos e cafés, minha eterna gratidão pela amizade construída, vocês foram muito importantes e tornaram os dias bem mais leves.

Aos demais amigos de Pelotas, especialmente a Larissa, na qual nunca deixou de me apoiar, de incentivar e de servir como um ombro amigo quando precisei. Obrigada por tu e tua família me acolherem sempre tão bem. Agradeço também à Lília, por ser uma pessoa incrível, pela nossa troca de energia, amizade e apoio.

Aos amigos de Lajeado, especialmente a Ana Paula, Cláudia, Franciele, Gabriela e Milena, amigas que levo comigo por muitos anos e, mesmo com a distância, nunca deixaram de me incentivar e compreender quando não pude estar presente. Gratidão.

Aos demais colegas do Laboratório de Grãos e Laboratório de Análise Sensorial, em especial os estagiários Amanda, Brenda, Jennifer e Maicon, obrigada pelas risadas, parceria e paciência, vocês foram essenciais nessa caminhada. .

“Não importa o que aconteça, continue a nadar”

Procurando Nemo

RESUMO

HEBERLE, Thauana. **Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de pães elaborados com farinha de arroz germinado**. Orientadora: Márcia Arocha Gularte. 2021. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

Produtos de panificação sem glúten apresentam deficiências nutricionais e tecnológicas, com isso buscam-se alternativas para melhoras nessas propriedades. O uso da farinha de arroz germinado tem se tornado uma promissora alternativa devido à sua composição diferenciada. Objetivou-se elaborar pães sem glúten utilizando farinha de arroz germinado e avaliar suas propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais. Foi utilizado as cultivares de arroz IRGA 424 RI e IRGA 430. Os grãos de arroz foram germinados por 24h e 48h a 25°C. O processo de germinação foi cessado pela secagem dos grãos até a umidade de 13%. Após o processo de secagem os grãos foram submetidos ao processo de moagem para elaboração da farinha. As farinhas de arroz obtidas foram caracterizadas quanto à composição proximal, índice de absorção e solubilidade em água, perfil colorimétrico, digestibilidade proteica e do amido e amido total e resistente. Posteriormente, a farinha foi utilizada na formulação de pães, nos quais foram avaliados: composição proximal, perfil colorimétrico e textuométrico, digestibilidade proteica e do amido, amido total e resistente, volume específico, teste de imagem, características físicas e sensoriais – pesquisa com consumidor e associação de palavras. A germinação aprimorou aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais dos pães, como um maior teor de proteínas e digestibilidade de amido, por exemplo. Os pães elaborados com a cultivar IRGA 430, com 24h de germinação, resultaram em maiores volumes específicos; a cultivar IRGA 424 RI, com 48h de germinação, obteve maiores valores de mastigabilidade, dureza e gomosidade. Além disso, o presente estudo revelou que os resultados obtidos com o método de associação de palavras em conjunto com o questionário de consumo e mercado de farinha de arroz e de grãos germinados, foram consistentes em mostrar a percepção dos consumidores e potenciais compradores desse tipo de alimento.

Palavras-chave: Germinação; Digestibilidade; Sensorial; Consumidor.

ABSTRACT

HEBERLE, Thauana. **Nutritional, technological and sensory properties of breads made with germinated rice flour**. Advisor: Márcia Arocha Gularte. 2021. 68f. Dissertation (Masters in Food Science and Technology) - Graduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

Gluten-free bakery products have nutritional and technological deficiencies, so they are looking for alternatives to improve these properties. The use of germinated rice flour has become a promising alternative due to its different composition. The objective was to prepare gluten-free breads using germinated rice flour and evaluate its nutritional, technological and sensory properties. The rice cultivars IRGA 424 RI and IRGA 430 were used. The rice grains were germinated for 24h and 48h at 25 ° C. The germination process was stopped by drying the grains to 13% humidity. After the drying process, the grains were subjected to the milling process to prepare the flour. The rice flours obtained were characterized in terms of their proximal composition, absorption and water solubility index, colorimetric profile, protein and starch digestibility and total and resistant starch. Subsequently, the flour was used in the formulation of breads, in which were evaluated: proximal composition, colorimetric and texturometric profile, protein and starch digestibility, total and resistant starch, specific volume, image test, physical and sensory characteristics - consumer research and word association. Germination improved the nutritional, technological and sensory aspects of bread, such as a higher protein content and starch digestibility, for example. Breads made with the cultivar IRGA 430, with 24 hours of germination, resulted in higher specific volumes; the cultivar IRGA 424 RI, with 48 hours of germination, obtained higher values of chewability, hardness and guminess. In addition, the present study revealed that the results obtained with the word association method in conjunction with the questionnaire of consumption and trade in rice flour and sprouted grains, were consistent in showing the perception of consumers and potential buyers of this type of product food.

Keywords: Germination; Digestibility; Sensory; Consumer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura anatômica do grão de arroz	17
Figura 2. Alteração sofrida pelo grão de arroz ao longo do tempo de germinação	21
Figura 3. Associação de palavras empregada no estudo via Google forms	31
Figura 4. Digestibilidade proteica das farinhas de arroz germinado e não germinado ..	38
Figura 5. Digestibilidade do amido das farinhas de arroz germinado e não germinado	39
Figura 6. Digestibilidade proteica dos pães elaborados com farinhas de arroz germinado e não germinado.....	41
Figura 7. Digestibilidade do amido de pães elaborados com farinha de arroz germinado	43
Figura 8. Pães elaborados com farinha de arroz germinado da cultivar IRGA 424 RI, sendo a (controle), b (24h germinação) e c (48h germinação)	44
Figura 9. Volume específico dos pães elaborados com farinha de arroz germinado	45
Figura 10. Pães elaborados com farinha de arroz germinado da cultivar IRGA 424 RI, sendo controle (a), 24h (b) e 48h (c) de germinação.....	46
Figura 11. Pães elaborados com farinha de arroz germinado da cultivar IRGA 430, sendo controle (d), 24h (e) e 48h (f) de germinação.....	46
Figura 12. Mapa de calor relacionado ao perfil textuométrico das amostras de pães ..	47
Figura 13. Imagens do miolo, obtidas pelo ImageJ, das amostras de pães da cultivar IRGA 424 RI, sendo a (controle), b (24h germinação) e c (48h germinação)	49
Figura 14. Imagens do miolo, obtidas pelo ImageJ, das amostras de pães da cultivar IRGA 430, sendo d (controle), e (24h germinação) e f (48h germinação)	49
Figura 15. Frequência das palavras mais mencionadas na associação de palavras de pães elaborados com farinha de arroz germinado	52
Figura 16. Análise de componentes principais realizada na matriz de covariância dos escores das dimensões	53
Figura 17. Diagrama de caminhos gerado pela análise fatorial exploratória, indicando os fatores gerados e a relação das questões sobre o consumo e mercado de farinha de arroz e produtos.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento experimental do estudo	23
Tabela 2- Formulação dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz germinado	26
Tabela 3 - Variáveis que compuseram o questionário.....	32
Tabela 4 - Composição proximal das farinhas de arroz germinado e não germinado ...	34
Tabela 5 - Índice de absorção e solubilidade em água das farinhas de arroz germinado e não germinado.....	35
Tabela 6 – Perfil colorimétrico das farinhas de arroz germinado e controle	36
Tabela 7 - Amido total e resistente das farinhas de arroz germinado e não germinado	37
Tabela 8 – Composição proximal de pães elaborados com farinha de arroz germinado	40
Tabela 9 - Amido total e amido resistente de pães elaborados com farinha de arroz germinado.....	42
Tabela 10 – Perfil colorimétrico das amostras de pães elaborados com farinha de arroz germinado.....	44
Tabela 11 - Altura, largura e comprimentos dos pães elaborados com farinha de arroz germinado.....	45
Tabela 12 - Nº de alvéolos, área média dos alvéolos, perímetro médio dos alvéolos e circularidade do miolo dos pães elaborados com farinha de arroz germinado	48
Tabela 13 - Frequência de menções das palavras citadas e suas respectivas dimensões e categorias.....	50
Tabela 14 - Dados sociodemográficos de participantes do estudo sobre consumo e comércio de farinha de arroz e produtos com grãos germinados	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Aspectos gerais e estrutura do arroz	16
3.2 Mercado e produtos sem glúten	18
3.3 Germinação e farinha de arroz germinado	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Delineamento experimental	23
4.2 Material.....	24
4.3 Métodos.....	25
4.3.1 Germinação induzida.....	25
4.3.2 Obtenção da farinha	25
4.3.4 Composição proximal	26
4.3.5 Índice de solubilidade em água (ISA) e absorção de água (IAA).....	27
4.3.6 Perfil textuométrico.....	27
4.3.7 Perfil colorimétrico	28
4.3.8 Digestibilidade proteica.....	28
4.3.9 Digestibilidade do amido.....	29
4.3.10 Amido total e resistente	30
4.3.11 Volume específico	30
4.3.12 Estrutura dos miolos	30
4.3.13 Características físicas.....	30
4.3.14 Análise sensorial – Associação de palavras.....	31

4.3.14.1 Questionário de atitude.....	32
4.3.15 Análise estatística.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Análises das farinhas de arroz germinado.....	33
5.1.1 Composição proximal	33
5.1.2 Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)	35
5.1.3 Perfil colorimétrico	35
5.1.4 Amido total (AT) e resistente (AR)	36
5.1.5 Digestibilidade proteica.....	37
5.1.6 Digestibilidade amido.....	38
5.2 Análises dos pães elaborados com as farinhas de arroz germinado e não germinado.....	40
5.2.1 Composição proximal	40
5.2.2 Digestibilidade proteica.....	41
5.2.3 Amido total (AT) e resistente (AR)	42
5.2.4 Digestibilidade do amido.....	42
5.2.5 Perfil colorimétrico	43
5.2.6 Características físicas e volume específico	44
5.2.7 Perfil textuométrico.....	46
5.2.8 Estrutura do miolo.....	48
5.2.9 Associação de palavras	50
5.2.9.1 Questionário de atitude.....	53
6. CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos principais alimentos produzidos em larga escala no mundo, sendo a principal fonte de energia para a metade da população. É importante fonte de calorias na alimentação humana e, além disso, contribui significativamente no suprimento das necessidades de alguns minerais na dieta (ELIAS & FRANCO, 2006). Em produtos de panificação, tem-se um crescente de sua utilização, devido à suas propriedades nutricionais e hipoalergênicas. No entanto, o maior problema da substituição dos cereais que contêm glúten por outras matérias-primas que não o contêm são as propriedades tecnológicas que conferem qualidade aos produtos, como elasticidade, coesividade e hidratação, além de contribuir para o 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 reduzida e são considerados menos saborosos, quando comparados com pães contendo glúten. Em geral, os pães sem glúten são elaborados principalmente com farinha de arroz, porém as propriedades de pasta, o tipo e a cultivar do arroz para produção de farinha deve ser selecionado cuidadosamente, pois podem interferir diretamente na qualidade dos produtos de panificação. Por isso, há ainda uma necessidade de encontrar alternativas que melhorem as formulações e conseqüentemente a qualidade de pães sem glúten (GALLAGHER, GORMLEY & ARENDT, 2003).

O uso de farinha de arroz germinado tem se mostrado promissor para melhorar às propriedades tecnológicas e nutricionais de produtos sem glúten, como, por exemplo, aumento da solubilidade e tendência à retrogradação, bem como aumento da turbidez e poder de inchamento (DIAS et al., 2019). Além disso, a germinação reduz o comprimento das cadeias de amilose e amilopectina devido à ação enzimática, o que reflete nas diferenças de suas propriedades.

Alguns estudos (CHAROENTHAIKIJ et al., 2012; CORNEJO & ROSSEL, 2015; CORNEJO et al., 2015; LUO et al., 2021; MATOS & ROSSELL, 2011; MATOS & ROSSELL, 2012; ROSALES-JUÁREZ et al., 2008) sobre o efeito da germinação na composição nutricional de farinhas de arroz já foram conduzidos, mas ainda são limitadas algumas informações, principalmente em relação às características sensoriais dos produtos formulados e a efetiva aplicabilidade industrial entre as cultivares mais produzidas. Nesse contexto, este estudo visou analisar pães sem glúten elaborados

com farinha de arroz germinado de duas cultivares de arroz, a fim de desenvolver uma formulação com características tecnológicas, nutricionais e sensoriais aprimoradas

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver formulações de pão sem glúten utilizando farinha de arroz germinado e avaliar as propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais do produto.

2.2 Objetivos específicos

Germinar duas cultivares de arroz (IRGA 424 RI e IRGA 430);

Produzir as farinhas a partir das cultivares de arroz germinado e caracterizá-las quanto aos parâmetros nutricionais e tecnológicos;

Formular pães sem glúten a partir das farinhas obtidas e avaliar frente aos parâmetros nutricionais e tecnológicos;

Avaliar sensorialmente o produto a fim de conhecer o perfil de consumidor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais e estrutura do arroz

O arroz é o alimento básico mais importante para a nutrição humana, amplamente consumido e capaz de fornecer energia e nutrientes para mais da metade da população mundial (PANG et al., 2018). A produção de arroz no Brasil na safra 2020/2021 está estimada em 10,9 milhões de toneladas, sendo semeados 1.705,7 hectares, com uma produtividade média de 6.430 kg/há (CONAB, 2021). Se tratando de produção a nível continental, o Brasil continua se destacando como principal produtor, sendo responsável por mais de 75% da quantidade produzida no Mercosul, à frente do Uruguai, Argentina e Paraguai, respectivamente. No ranking mundial, o Brasil ocupa a nona colocação de maior produtor, sendo este liderado pela China, Índia, Indonésia e outros cinco países do continente asiático (CONAB, 2016).

Os grãos de arroz, também denominados cariopse, são constituídos pelo pericarpo, endosperma e embrião ou gérmen, os quais são envoltos por glumas que compõe a casca do arroz (pálea e lema) (Figura 1). As camadas externas (aleurona) apresentam as maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é composto basicamente por amido (SINGH et al., 2011).

Sendo assim, a operação de polimento, na qual ocorre a remoção do gérmen e das camadas externas ao endosperma, implica na redução do teor de proteínas, lipídeos e minerais, resultando em diferenças na composição dos grãos (BIENVENIDO, 1993; WALTER, MARCHEZAN & AVILA 2008). Em relação à composição química dos grãos de arroz, vários estudos têm sido realizados para melhorar a sua composição, através do melhoramento genético, fatores climatológicos e agrônômicos.

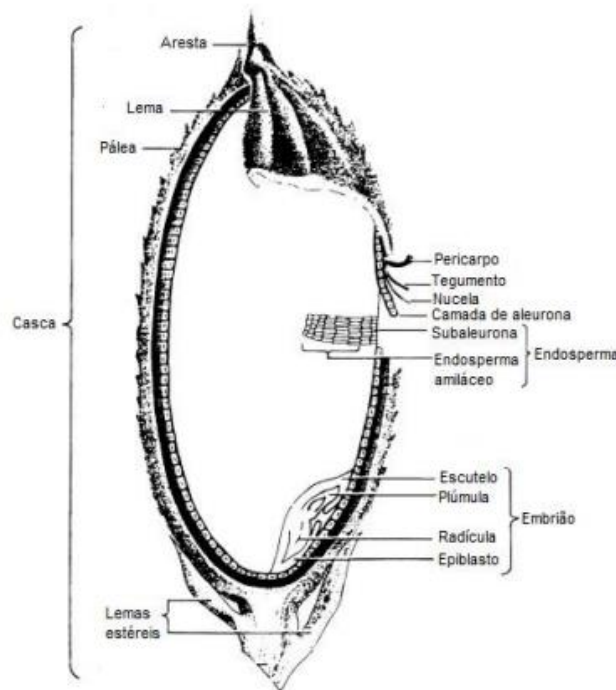


Figura 1. Estrutura anatômica do grão de arroz
 Fonte: BIENVENIDO (1993).

Entre os diferentes tipos de beneficiamento de arroz, Heinemann et al. (2005) comparou a composição proximal do arroz beneficiado, polido, integral, parboilizado polido e parboilizado integral, não observando diferenças entre os grãos de arroz parboilizado e não parboilizado. O polimento é a remoção do embrião, juntamente com o pericarpo e da camada de aleurona, assim formando o farelo de arroz, sendo o processo de polimento realizado no arroz integral para obtenção do arroz polido (MOONGNGARM, DAOMUKDA & KHUMPIKA, 2012). Nos grãos de arroz, há uma pequena predominância dos minerais, que estão presentes nas camadas mais periféricas do grão. O processo de polimento reduz a concentração desses importantes componentes (SINGH et al., 2000).

Os teores de lipídios decrescem com o aumento do grau de polimento, pois esses constituintes estão concentrados em maior proporção nas camadas externas do

grão, resultando em um teor de menos de 1%. Os conteúdos de proteínas também diminuem, sendo que estes componentes se concentram principalmente nas camadas periféricas (ZHOU et al., 2002).

3.2 Mercado e produtos sem glúten

O setor de panificação é considerado um dos maiores segmentos industriais do Brasil e é um dos que mais cresce na economia brasileira, gerando inúmeros empregos. Este segmento encontra-se em um estado de grandes mudanças, em que as empresas estão mudando a maneira de ver o mercado e passando a atuar em outros segmentos no ramo alimentício pensando no consumidor e em seus problemas e/ou restrições, buscando alternativas para alcançar maiores números de consumo (DIAS et al., 2019).

Segundo a Associação Brasileira de Indústria de Panificação e Confeitaria o consumo *per capita* de pães é de 33,5kg de pães ao ano (ABIP, 2020). O pão é considerado um alimento básico para a população mundial, fornecendo a maioria das calorias na dieta. Normalmente é preparado com farinha de trigo, o que o torna impróprio para pessoas que sofrem de doença celíaca, que é um distúrbio vitalício com prevalência de 1 em cada 300 pessoas no mundo (HAIDEN et al., 2021). Pessoas celíacas consomem uma variedade de alimentos sem glúten, mas o pão é o mais difícil de substituir.

Pessoas celíacas consomem uma variedade de alimentos sem glúten, mas o pão é o mais difícil de substituir uma vez que pães sem glúten tendem a apresentar diversos problemas tecnológicos. Algumas variedades deste produto foram desenvolvidas para trazer aos celíacos alternativas à dieta; sendo geralmente formulados com farinha de milho ou arroz, mas também combinadas com amidos de outras fontes (batata, mandioca) (MATOS & ROSELL, 2011). A eliminação do glúten de produtos de panificação se traduz nos defeitos que em termos de atributos de qualidade, características nutricionais e aceitação pelo consumidor.

Os principais desafios em pães sem glúten são em relação às características do miolo e da crosta, do volume específico, bem como dos parâmetros de qualidade relacionados à textura e sabor. Pães sem glúten tendem a apresentar a viscosidade de sua massa muito semelhante à da massa de bolo (MOHAMMADI et al., 2014). A falta de glúten também leva a uma massa líquida, o que por sua vez resulta em um pão assado com textura esfarelada, cor pálida e defeitos de qualidade pós-cozimento

(HAGER & ARENDT, 2013; MATTOS & ROSELL, 2012). Produtos sem glúten comercialmente disponíveis, como aqueles à base de arroz, têm menor teor de proteína e são deficientes em lisina, insuficientes de fibras, minerais, vitaminas e calorias na dieta, além de propriedades sensoriais não atrativas ao consumidor.

Para melhorar a qualidade tecnológica, ingredientes como hidrocolóides, enzimas e proteínas de diferentes fontes têm sido propostos como alternativas para aumentar a retenção de gás na massa e desenvolver uma estrutura semelhante à rede de glúten, o que conseqüentemente acarreta em pães com maior volume específico (PHONGTHAI et al., 2017; FERNANDES, 2019). Além disso, pesquisas apontam o uso de amidos de várias fontes, que concomitante com outros ingredientes buscam melhorar a aceitabilidade e aumentar a vida de prateleira dos pães sem glúten. A quantidade e o tipo de hidrocolóide utilizado promovem interações com o amido, podendo alterar significativamente parâmetros de qualidade do produto final (DEMIRKESEN et al., 2013; MATOS & ROSELL, 2012).

A utilização da farinha de arroz é uma alternativa para a produção desses produtos, devido ao seu sabor suave, cor branca, carboidratos de fácil digestão e propriedades hipoalergênicas. É obtida pela moagem de grãos inteiros ou quebrados e classificada de acordo com seu tamanho de partícula (DIAS et al., 2019). Os grãos ou suas frações são moídos para reduzir a granulometria a um tamanho menor do que 250 μ m, após são peneirados para remoção de partículas com granulometrias maiores, garantindo, assim, um produto dentro dos padrões tecnológicos, com redução e/ou eliminações de sujidades ou focos de contaminação microscópica (CARDOSO, 2003; ELIAS & FRANCO, 2006).

A farinha de arroz tem a mesma composição química que os grãos dos quais procedem, portanto, as propriedades funcionais das farinhas dependem da variedade, condições ambientais e métodos de beneficiamento (ROSELL et al., 2007). As farinhas se distinguem pelo conteúdo de amilose, a qual determina a temperatura de gelatinização e as características viscoelásticas, uma vez que as características de gelatinização têm grande influência nos processos de panificação, desta forma, é necessária uma seleção adequada da variedade de arroz que vai ser utilizada para obtenção da farinha (JUNIOR et al., 2009).

Outros atributos da farinha de arroz, como o baixo teor de proteínas e sódio e a presença de carboidratos digeríveis, são atributos adicionais. Apesar das inúmeras vantagens, as proteínas do arroz não apresentam propriedades positivas, pois são

extremamente insolúveis (hidrofóbicas) e incapazes de formar uma massa viscoelástica necessária para manter o CO₂ produzido durante a etapa de fermentação. O baixo teor de prolaminas reduz a formação de uma rede de proteínas em contato com a água, como consequência, o gás produzido durante a fermentação resulta em um produto com baixo volume específico (ROSSEL & GOMEZ, 2014; COLLAR, 2014).

O principal constituinte da farinha de arroz é o amido, que é formado por cadeias de amilose e amilopectina, responsáveis por muitas propriedades do produto final. Dentre as funções do amido, a manutenção da estrutura do pão durante o forneamento é uma das mais importantes, pois auxilia na retenção de gases produzidos durante a fermentação e produz açúcares através das enzimas amilases que estão presentes, as quais servem como substrato para as leveduras durante a fermentação (DIAS et al., 2019).

Em geral, a pesquisa voltadas ao desenvolvimento de produtos sem glúten não se aprofunda nas características das farinhas ou amidos destinadas à produtos específicos de panificação. No entanto, é demonstrado que essas características têm uma forte influência na qualidade do produto final. Assim, além de algumas características que podem ser influenciadas pelas condições genéticas ou de cultivo, como o teor de proteína ou a relação amilose/amilopectina do amido, outras características podem ser modificadas em função dos métodos de produção de farinha, como amido ou tamanho de partícula. Essas características serão determinantes na homogeneidade e na qualidade final dos produtos obtidos.

Além disso, existem fatores limitantes para a vida de prateleira de produtos de panificação, que contribui para aumentar a firmeza do miolo, principalmente relacionado com a retrogradação do amido e a modificação da estrutura do pão (CURTI et al., 2014) resultando na redistribuição parcial da umidade (RONDA & ROSS, 2011). O resultado deste processo é a migração de umidade do centro do pão para regiões externas, o que conseqüentemente acarreta em pães com crosta borrachenta e miolo seco (BESBES et al., 2013).

3.3 Germinação e farinha de arroz germinado

A germinação é um processo que resulta na melhoria da digestibilidade e função fisiológica do cereal (KARLADEE & SURİYONG, 2012). Os grãos germinados, também chamados de grãos brotados, são produzidos embebendo-os em água, sendo este processo chamado de pré-germinação (KIM et al., 2007). A água irá penetrar pelos

poros e micrópilo, e será armazenada em seu interior, devido às interações com proteínas e fibras, resultando no rompimento do pericarpo (Figura 2) (RATHJEN, STROUNINA & MARES, 2009).

Durante o processo de germinação, as enzimas endógenas dos grãos de arroz são ativadas (SRISANG et al., 2011), como amilases e proteases, as quais irão degradar os nutrientes de reserva e gerar energia para o completo funcionamento do organismo vegetal, incluindo respiração e síntese de novos compostos (MCKIE & MCCLEARY, 2015). Estas enzimas decompõem grandes compostos moleculares, como proteínas, amido e polissacarídeos não amiláceos, em compostos moleculares menores, levando ao aumento de oligossacarídeos e aminoácidos. Também há aumento da síntese de componentes celulares, que irão suportar a futura planta (CHAROENTHAIKIJ et al., 2012) Este processo provoca alterações nas propriedades nutricionais e funcionais, bem como nas características texturais, promovendo o aumento da qualidade sensorial e levando a uma maior biodisponibilidade dos nutrientes presentes no arroz (CHAROENTHAIKIJ et al., 2010).



Figura 2. Alteração sofrida pelo grão de arroz ao longo do tempo de germinação
Fonte: NASCIMENTO et al. (2020).

Durante os processos bioquímicos há o rompimento das interações entre amido e proteínas, o que facilita a digestão destes nutrientes. A composição química do arroz germinado também é afetada por enzimas hidrolíticas. Após a germinação, os teores de proteína bruta e de aminoácidos livres aumentam devido à produção de ácido nucleico e à degradação da proteína por protease, respectivamente (CHINMA et al., 2015; MOONGNGARM, 2011). Em contraste, os conteúdos de amido e amilose diminuem após a germinação devido à degradação do amido por enzimas amilolíticas (CHINMA et al., 2015; WU et al., 2013), amilases por exemplo, sendo a alfa-amilase e a beta-amilase as enzimas com um papel preponderante na digestão do amido.

A germinação reduz o tamanho das cadeias de amilose e amilopectina, interferindo nas propriedades funcionais. Além disso, pode estimular a formação de GABA (ácido gama-aminobutírico), um dos principais aminoácidos livres, que é composto por quatro carbonos, e considerado um calmante natural por inibir a estimulação cerebral excessiva e auxiliar no relaxamento das tensões musculares (DIAS et al., 2019; BARANZELLI et al., 2018).

No Japão, o uso de arroz germinado foi lançado no mercado em 1995. Desde então, a sua popularidade está aumentando dentro da população japonesa e, conseqüentemente, surgiu vários derivados de produtos alimentícios. O uso de arroz germinado como ingrediente funcional tem chamado a atenção de pesquisadores que estudam mudanças na composição nutricional e na bioatividade deste cereal. Assim, há uma tendência crescente de pesquisar sobre o uso de arroz germinado na formulação de produtos. Nesse contexto, o arroz germinado pode ser utilizado como matéria-prima para a obtenção de diversos produtos alimentícios, como bolos, sopas, pães, *donuts*, biscoitos e hambúrgueres (ITO & ISHIKAWA, 2004).

Estudos já realizados com produtos de panificação que utilizaram arroz germinado (CORNEJO & ROSSEL, 2015; CORNEJO et al., 2015; CHUNG, CHU & LIM, 2014) mostraram que as propriedades de textura e conteúdo nutricional foram aprimoradas com maiores tempos de germinação. A incorporação de grãos germinados em pães com o intuito de aprimorar os aspectos nutricionais foi recentemente proposta; isso parece ser facilmente aplicável devido ao aumento das propriedades sensoriais dos grãos, uma vez que confere sabor e odor típicos geralmente percebidos como agradáveis (MÄKINEN & ARENDT, 2015).

Além disso, as propriedades da farinha de arroz mudam após a germinação, como capacidade de formação de espuma, absorção de água e óleo, e propriedades de pasta. A absorção de água e óleo e a capacidade de formação de espuma aumentam porque mais locais hidrofílicos e hidrofóbicos de proteína são expostos após serem hidrolisados pela protease e, portanto, mais água, óleo e ar podem ser retidos. As viscosidades de pasta diminuem com a ativação da alfa-amilase que hidrolisa o amido, apoiada por um aumento na viscosidade com a adição de nitrato de prata que inativa a alfa-amilase (HAN et al. 2016). A α -amilase desempenha um papel significativo na germinação das sementes e é necessária para a digestão do amido (MURALIKRISHNA & NIRMALA, 2005), a qual é aumentada conforme o processo de

germinação ocorre (CHAROENTHAIKIJ et al., 2009), principalmente no segundo dia de germinação (MOONGNGARM, 2011).

Cornejo & Rossel (2015) avaliaram o efeito do tempo de germinação na qualidade de pães utilizando farinha integral de arroz germinado e concluíram que o tempo de 24 horas ocasionou melhorias nas propriedades de textura. Apesar disso, ainda faltam dados mais claros sobre quais aspectos são levados em consideração na alteração dessa propriedade, visto que a germinação pode produzir uma liquefação excessiva e dextrinização do grânulo de amido, produzindo uma “migalha pegajosa ou úmida” (HALLEN, IBANOGLU & AINSWORTH, 2004), por isso, é necessário definir o tempo de germinação correto para otimizar as características de panificação da farinha.

A disponibilidade de produtos sem glúten contendo grãos germinados palatáveis representaria um avanço significativo no sentido de garantir uma ingestão adequada de nutrientes e compostos bioativos, principalmente para indivíduos com doença celíaca, mas também para consumidores em geral. O uso da farinha de arroz germinado possui diferenças na sua composição e propriedades funcionais. Apesar disso, os estudos sobre as propriedades sensoriais e a efetiva aplicabilidade industrial destes produtos ainda são limitados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental

Na Tabela 1 está apresentado o delineamento experimental utilizado no estudo.

Tabela 1 - Delineamento experimental do estudo

Variáveis independentes			Variáveis dependentes
Trat.	Cultivar	Tempo de germinação (hs)	
1	IRGA 424 RI	Sem germinação	Composição proximal**
2	IRGA 430	24	Índice de absorção de água*
3		48	Índice de solubilidade em água*
...			Perfil texturométrico***
...			Perfil colorimétrico**
...			Digestibilidade proteica**
...			Digestibilidade do amido**
...			Amido total e resistente*
...			Volume específico***
...			Teste de imagem***
...			Características físicas***
6			Análise sensorial – pesquisa com consumidor e associação de palavras***

* Análise realizada somente nas farinhas

** Análise realizada nas farinhas e nos pães

*** Análise realizada somente nos pães

4.2 Material

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, da Universidade Federal de Pelotas, situado no Campus Capão do Leão/RS. Para o processo de produção dos pães e realização de análises físico-químicas foram utilizadas as dependências e estrutura do prédio 4 do curso de Química de Alimentos e o laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA), da Universidade Federal de Pelotas, também localizados no Campus Capão do Leão/RS.

As cultivares utilizadas IRGA 424 RI e IRGA 430 foram gentilmente cedidas pelo IRGA-RS (Instituto Rio Grandense do Arroz). Para a elaboração dos pães, a carboximetilcelulose (CMC) foi fornecida pela G.Gotuzzo & Cia e os demais ingredientes foram adquiridos no comércio local.

4.3 Métodos

4.3.1 Germinação induzida

A germinação induzida das sementes de arroz foi realizada segundo metodologia proposta por Ng et al. (2013), com modificações. Inicialmente, os grãos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio 2,5% (v/v) durante 30 minutos, em seguida lavados com água destilada, deixados macerando em água por 6 horas ou até atingirem umidade de 32%. Após, os grãos foram espalhados em bandejas sob papel filtro e acondicionados em câmaras do tipo BOD a 25°C e 80% de umidade relativa por um período de 24 e 48 horas. Os grãos germinados foram secos à 40°C em estufa com circulação de ar forçada até 13% de umidade.

4.3.2 Obtenção da farinha

Após a etapa de germinação (4.3.1), os grãos foram descascados e polidos (1 minuto) no LABGRÃOS, em equipamento laboratorial ZACCARIA (Modelo PAZ-1-DTA). Os grãos, todos polidos, foram moídos em moinho de rolos da marca Fritsch, modelo Pulverisette 14 e peneirados em peneiras de 200 *mesh*. As amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas a 17°C para posterior uso em análises e elaboração dos pães.

4.3.3 Elaboração dos pães

Para a elaboração dos pães utilizou-se as formulações de Kringel, Filipini & Salas-Mellado (2017) e Gusmão (2017), com algumas adaptações. Foram utilizadas as mesmas proporções e ingredientes para todas as formulações de pães.

Tabela 2- Formulação dos pães sem glúten elaborados com farinha de arroz germinado

	Ingredientes	(%)	Quantidades
Farinhas	Farinha de arroz germinado	66	100 g
	Polvilho doce	33	50 g
	Total farinhas	100	150 g
% base de farinhas	Açúcar refinado	3,3	5 g
	Sal	1,3	2 g
	Fermento biológico seco	1,6	2,5 g
	Óleo de soja	1,6	2,5 g
	Carboximetilcelulose	1	1,5 g
	Água	83,3	125 mL

Após pesados os ingredientes, misturou-se a farinha, polvilho doce, açúcar refinado, sal e a carboximetilcelulose por 1 minuto em batedeira planetária (Arno Planetaria, Brasil), em velocidade média, adicionando em seguida a água, óleo de soja e fermento, sendo então misturados por 5 minutos. A massa permaneceu em descanso por 30 minutos, após foi dividida em porções de 180 g em formas previamente untadas, a qual permaneceu em fermentação por mais 30 minutos. Em seguida, as massas foram assadas em forno elétrico a 220°C 25 minutos, sendo os primeiros 120 min de forneamento com aquecimento inferior e nos 5 min restantes, aquecimento superior. Após assados, os pães foram retirados do forno, e resfriados a temperatura ambiente por aproximadamente 1 h.

4.3.4 Composição proximal

O teor de umidade foi determinado nas farinhas e nos pães de acordo com as recomendações da American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2000). As análises do teor de cinzas, proteína bruta e lipídios foram executadas nas farinhas de acordo com o método indicado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006). Os pães seguiram a mesma metodologia para teor de proteína bruta e lipídeos. O percentual de carboidrato nas amostras foi obtido pela diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, gorduras, umidade e cinzas (somente farinha), conforme descrito por BRASIL (2003).

4.3.5 Índice de solubilidade em água (ISA) e absorção de água (IAA)

O índice de solubilidade em água (ISA) foi determinado somente nas farinhas de arroz germinado, de acordo com Anderson et al. (1969), com adaptações, e calculado pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso seco da amostra, conforme a Equação 1:

$$ISA = (PRE / PA) * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

ISA = índice de solubilidade em água (%),

PA = peso da amostra (g) (base seca),

PRE = peso do resíduo da evaporação (g)

O índice de absorção de água (IAA) das farinhas de arroz germinado foi determinado segundo a metodologia de Anderson et al. (1969), com adaptações. Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados aproximadamente 2,5 g de amostra peneirada e 30 ml de água destilada. Os tubos permaneceram em agitação mecânica por 30 minutos e, em seguida, foram centrifugados a 3000 rpm por 10 min. Do líquido sobrenadante, 10 mL foram pipetados em cápsulas de alumínio previamente taradas e levadas a estufa a 105°C por 4 h. Após esse período, o material foi resfriado em dessecador e pesado em balança analítica, sendo o valor obtido o resíduo da evaporação. O líquido restante no tubo de centrífuga foi cuidadosamente descartado, o gel remanescente (resíduo de centrifugação) pesado e o IAA calculado conforme a Equação 2:

$$IAA = PRC / PA - PRE \quad (\text{Eq. 2})$$

onde:

IAA = índice de absorção de água (g gel/g de matéria seca),

PRC = peso do resíduo da centrifugação (g),

PA = peso da amostra (g) (base seca),

PRE = peso do resíduo da evaporação (g)

4.3.6 Perfil textuométrico

A análise de textura foi realizada em todas as formulações, 24 horas após seu forneamento, utilizando o Texture Analyser TAXT2 Plus (Stable Micro Systems, Inglaterra), pelo método TPA, calibrado com 5 kg de carga. Os pães foram perfurados

individualmente com o probe p/20, cilíndrico de 20mm. A velocidade adotada foi de 5mm/seg, com perfuração de 60% da amostra. Foram obtidos parâmetros de dureza, adesividade, coesividade, gomosidade, elasticidade, mastigabilidade e resiliência, conforme descrito por Bourne (1978).

4.3.7 Perfil colorimétrico

O perfil colorimétrico das farinhas e no miolo e crosta dos pães foi determinado usando colorímetro Minolta (Modelo CR-310, Osaka, Japão), que realizou leituras de cores em um sistema tridimensional, gerando os parâmetros L*, a* e b*. O parâmetro L* representa a luminosidade e pode variar de preto (L=0) a branco (L=100). Os valores das coordenadas a* e b*, variam de -a (verde) até +a (vermelho) e de -b (azul) até +b (amarelo), respectivamente.

4.3.8 Digestibilidade proteica

A digestibilidade proteica *in vitro* foi realizada nas farinhas e nos pães seguindo a metodologia descrita por Hsu (1977), com adaptações. O princípio do método é baseado na correlação entre velocidade inicial de proteólise e digestibilidade, medida através do pH, utilizando-se uma solução enzimática para digerir a amostra. Foram utilizadas para a hidrólise da solução de proteínas uma solução enzimática contendo as enzimas tripsina e pancreatina. Ajustou-se o pH de 50 mL da suspensão proteica em água destilada para pH 8,0 sob agitação, em banho-maria a 37°C. Cinco mililitros da solução enzimática foram adicionados à suspensão proteica mantida por agitação constante em banho-maria a 37°C. A queda do pH foi medida após a adição da solução enzimática, a partir de 15 segundos e posteriormente a cada minuto até o tempo de 10 minutos. A digestão enzimática foi caracterizada pela queda do pH 10 minutos após adição da solução enzimática e ajuste da equação que descreve a queda do pH versus tempo. A queda do pH após observada no período dos 10 minutos e a equação dos parâmetros foram utilizados para descrever a correlação com a digestibilidade verdadeira *in vivo*.

$$\text{Digestibilidade proteica (\%)} = 210,46 - 18,103X \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: X representa a determinação de pH.

4.3.9 Digestibilidade do amido

A digestibilidade *in vitro* do amido foi realizada conforme metodologia proposta por Dartois et al. (2010), com modificações propostas por Batista et al. (2019), simulando condições gástricas e intestinais. Para a análise das farinhas foram utilizadas 3g. Já os pães, utilizou-se 5g de amostra, as quais foram submetidas a um processo de moagem em processador de bancada com o objetivo de simular o processo de mastigação. As amostras foram acondicionadas em reator de vidro encamisado e adicionado 70 mL de água destilada, sendo a temperatura mantida a 37 ± 1 °C. Posteriormente o pH da solução foi ajustado para 1,2 com ácido clorídrico (0,5 M) e logo em seguida foi adicionado o fluido gástrico simulado (SGF), contendo pepsina. Alíquotas de 0,25 mL foram retiradas nos tempos 0, 15 e 30 min de digestão. Para simular as condições do intestino delgado, o pH foi reajustado para 6,8 com hidróxido de sódio (0,5M) e em seguida adicionado o fluido intestinal simulado (SIF) contendo pancreatina, amiloglucosidase e invertase. Alíquotas de 0,25 mL foram retiradas nos tempos 0, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 90 min de digestão e colocadas em tubos falcon contendo 1,5 mL de etanol absoluto para paralisar a reação. As amostras foram incubadas com solução contendo amiloglucosidase e invertase, conforme descrito por Dartois et al. (2010), e em seguida analisado utilizando o kit D-glucose assay (GOPOD-FORMAT, K-GLUC 05/2008, Megazyme International Ireland Ltd., Ireland). Os resultados foram calculados a partir das Equações 4 e 5, descritas abaixo e expressos em porcentagem de amido hidrolisado.

$$\%SH = Sh / Si \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

%SH = percentual de hidrólise do amido (total);

Sh = quantidade de amido hidrolisado (g);

Si = quantidade inicial de amido (g).

$$Cf . (GP / Si) \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

GP = quantidade de glicose produzida (g);

Cf = fator de conversão calculado a partir do peso molecular do monômero de amido/peso molecular da glicose ($162/180 = 0,9$).

4.3.10 Amido total e resistente

A análise foi realizada segundo método oficial da AOAC Method 2002.02 (2002) e AACC Method 32-40.01(2000) para determinação de amido resistente e total, utilizando um kit de reagentes da marca Megazyme International Ireland, especialmente desenvolvido para esta finalidade e adquirido comercialmente.

4.3.11 Volume específico

O volume específico (VE) ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) foi obtido pela razão entre o volume aparente (mL) e a massa do pão (g) após assado e resfriado. O volume aparente foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, medindo-se o volume de sementes deslocadas em uma proveta (PIZZINATTO et al., 1993).

4.3.12 Estrutura dos miolos

A estrutura dos miolos dos pães foi avaliada através de imagens digitais segundo metodologia descrita por Rosales-Juárez *et al.* (2008) e Gonzales-Barrón & Butler (2006), com adaptações. As imagens foram obtidas por digitalização em scanner de celular (Smartphone Samsung S10), na área central do miolo, com resolução de 300x200 pixels. As imagens obtidas foram analisadas com o software ImageJ® versão 1.51r (National Institutes of Health, EUA). A partir disto, foi possível obter os valores do número de alvéolos, área e perímetro médio, além da circularidade de cada amostra de pão.

4.3.13 Características físicas

A análise das características dos pães foi realizada em todas as formulações, 24 horas após seu forneamento. As medidas das principais dimensões, ou seja, largura, altura e comprimento foram feitas com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Os resultados expressos em milímetros (mm) e transformados para centímetros (cm).

4.3.14 Análise sensorial – Associação de palavras

A técnica da associação de palavras foi conduzida através da interface *web* Google docs. Os participantes foram recrutados via rede social, com objetivo de atingir todas as regiões do país e que parte desse público fosse composto de consumidores com doença celíaca. Participaram 504 consumidores brasileiros (92,1% % do gênero feminino e 38,7 % com faixa etária entre 26 e 35 anos).

Os participantes visualizavam uma imagem relacionada ao objeto de estudo (Figura 3) e convidados a escrever, espontaneamente, as primeiras três palavras, frases ou termos que viessem à mente.

Além da associação de palavras, os participantes foram convidados a responder um questionário fechado com questões relacionadas ao consumo e comércio de farinha de arroz e seus produtos e questões relativas à produção de alimentos utilizando grãos germinados, assim como questões sociodemográficas.

Análise sensorial de pão sem glúten

*Obrigatório

Analisando a imagem, descreva as TRÊS primeiras palavras que venham na sua mente. *



Fonte: Autor

Sua resposta

Figura 3. Associação de palavras empregada no estudo via Google forms
Fonte: O Autor.

4.3.14.1 Questionário de atitude

A escolha e número de participantes tinham como foco a busca por potenciais consumidores e/ou percepções destes em relação ao consumo de farinha de arroz, seus produtos e o potencial de consumo de produtos com grãos germinados. Como instrumentos de coletas de dados utilizou-se um questionário estruturado fechado com 16 questões.

A pesquisa utilizada foi qualitativa, buscando-se a aproximação de um tópico em específico caracterizando-se como uma pesquisa de conveniência. O procedimento experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Pelotas, Brasil. O questionário aplicado pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Variáveis que compuseram o questionário

- 1) Gênero
 - 2) Faixa etária
 - 3) Renda familiar
 - 4) Escolaridade
 - 5) Região do país
 - 6) Presença de doença celíaca
 - 7) Atributo que influencia no momento da compra.
 - 8) Consumo de farinha de arroz.
 - 9) Vantagens em consumir farinha de arroz.
 - 10) Consumo de produtos que contenham farinha de arroz.
 - 11) Qualidade de produtos que contêm farinha de arroz.
 - 12) Hábito de consumo de pães sem glúten.
 - 13) Frequência do consumo de pães sem glúten.
 - 14) Consumiria pães que contém grãos germinados em sua formulação.
 - 15) Consumiria produtos com grãos germinados, sabendo que trazem benefícios à saúde.
 - 16) Consumiria pães elaborados com farinha de arroz germinado.
-

4.3.15 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância (ANOVA) e à comparação de médias pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

Na associação de palavras, somente foram consideradas, para a análise dos dados, as palavras válidas que apresentavam sentido com o objeto de estudo, procedendo-se o cálculo de frequência de menção de cada palavra. As palavras citadas por pelo menos 5% dos consumidores foram agrupadas em categorias

conforme as palavras mais relevantes associadas ao produto, ou que eram recorrentes ou apresentavam semelhança. Palavras com significados semelhantes foram agrupadas em diferentes categorias por meio de codificação indutiva por triangulação (SILVA et al. 2014). Os dados e a classificação das palavras foi realizada por pesquisadores com ampla experiência no método de associação de palavras, conforme preconizado por Guerrero et al. (2010). A Análise dos Componentes Principais foi realizada na matriz de covariância das dimensões avaliadas, para obter um mapa sensorial da percepção dos consumidores frente ao consumo e comércio pães com grãos de arroz germinados.

O questionário de atitude foi analisado através da análise fatorial exploratória (AFE) a fim de determinar as variáveis observadas no conjunto de dados do instrumento (ÁVILA, 2020). Um teste preliminar de Kaizer-Meyer-Olkin (KMO) foi realizado para verificar a adequação da amostra para a realização da análise (LORENZO-SEVA & FERRANDO, 2013). A partir da decomposição da matriz de correlação pelo método de principais fatores, realizou-se a extração dos fatores. Para a retenção dos mesmos foi utilizado o método de Kaizer (autovalores >1). Para o método de rotação selecionou-se a rotação Varimax. A fim de analisar a confiabilidade interna do modelo fatorial foi determinado o coeficiente alfa de Cronbach (GEORGE & MALLERY, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises das farinhas de arroz germinado

5.1.1 Composição proximal

A composição proximal das farinhas de arroz germinado e controle estão expostos na Tabela 4. A germinação induz mudanças significativas nas composições dos cereais. A hidrólise dos compostos de armazenamento e a síntese de proteínas estruturais e outros componentes celulares ocorrem durante este processo (KUO et al., 2004).

Tabela 4 - Composição proximal das farinhas de arroz germinado e não germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
Proteína (%)	5,17±0,05 _c	8,05±0,81 _{ab}	7,94±0,88 _{ab}	4,93±0,05 _c	9,66±0,02 _a	7,23±0,76 _{bc}
Lípidios (%)	0,00±0,00 _a	0,00±0,00 _a	0,43±0,57 _a	0,00±0,00 _a	0,00±0,00 _a	0,02±0,00 _a
Cinzas (%)	0,58±0,11 _a	0,69±0,09 _a	0,65±0,07 _a	0,22±0,08 _a	0,40±0,03 _a	0,28±0,22 _a
Umidade (%)	13,04±0,01 _a	11,81±0,01 _b	11,68±0,1 _{bc}	13,03±0,18 _a	11,66±0,02 _{bc}	11,29±0,13 _c
Carboidratos (%)	81,18±0,18 _{ab}	79,43±0,92 _{bc}	79,28±0,13 _{bc}	81,80±0,21 _a	78,38±0,26 _c	81,04±0,65 _{ab}

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

As principais alterações na composição química foram na proteína bruta, umidade e carboidratos. O conteúdo de gordura e cinzas não variou estatisticamente. Os valores encontrados para proteína bruta mostram que as amostras controles (sem germinação) resultaram nos menores valores; nas amostras que passaram pelo processo de germinação os teores aumentaram conforme o tempo de germinação, ou seja, quanto maior o tempo de germinação maior o teor de proteína bruta, independente da cultivar. Isso pode ser devido ao fato de que, durante o processo de germinação, várias enzimas são ativadas e algumas substâncias nitrogenadas não proteicas, como os ácidos nucleicos, podem ocasionar o aumento dos níveis de proteínas (MOONGNGARM & SAETUNG, 2010) Resultados semelhantes foram encontrados por Chinma et al (2015) e Moongngarm & Saetung (2010), onde observaram um aumento no conteúdo de proteína quando comparadas as amostras não germinadas. Já no teor de umidade, as amostras controles apresentaram os maiores valores, independente da cultivar. Nas amostras germinadas foi observada uma diminuição do teor de umidade com o aumento do tempo de germinação. O conteúdo de carboidratos foi maior para as amostras controles (sem germinação) das duas cultivares (IRGA 424 RI e IRGA 430), sendo de 81,18% e 81,80%, respectivamente, e também para a amostra IRGA 430 (48h), com um teor de 81,04%. O menor valor foi de 78,38% da amostra IRGA 430 (24h).

Durante o processo de germinação do arroz ocorre uma série de modificações em sua estrutura através da ação enzimática, o que pode resultar em diferenças na composição nutricional (KAUKOVIRTA-NORJA, WILHELMSSON & POUTANEN, 2004). Além disso, essas variações podem ser atribuídas a outros fatores, como

cultivares, manuseio do abastecimento de água, aplicação de fertilizantes, colheita e gerenciamento de armazenamento (MOONGNGARM & SAETUNG, 2010).

5.1.2 Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)

O índice de absorção e solubilidade em água das farinhas de arroz germinado e controle (sem germinação) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Índice de absorção e solubilidade em água das farinhas de arroz germinado e não germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
IAA	2,24±0,01 _a	2,37±0,01 _{ab}	2,61±0,08 _b	2,32±0,01 _a	2,43±0,0 _{ab}	2,6±0,0 _a
ISA	2,9±0,04 _a	3,09±0,32 _a	3,42±0,13 _a	2,69±0,04 _a	3,26±0,23 _a	3,4±0,06 _a

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O índice de absorção de água (IAA) se relaciona com a disponibilidade dos grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água, promovendo a formação de gel, indicando a intensidade do tratamento térmico e consequente desramificação da estrutura amilácea. O índice de solubilidade em água (ISA) avalia o grau de degradação dos grânulos de amido através da quantidade de água absorvida pelos grânulos de amidos, podendo esta ser submetida ou não a algum tratamento térmico. (TROMBINI et al., 2013, ANDERSON et al., 1969). Ou seja, ambos são explicados pelas interações amido-água e são importantes na avaliação da adequabilidade do uso de produtos amiláceos em suspensões ou em soluções (LUSTOSA et al., 2009).

Ao observar a Tabela 5, nota-se que houve uma diferença no índice de absorção de água, entre os tempos de germinação, para cada cultivar, sendo o tempo de 48h diferente para ambas. Isso pode ser atribuído ao aumento no conteúdo de proteína causado pela germinação, a qual resulta na quebra de moléculas de polissacarídeos. Com isso, o aumento dos locais de interação faz com que o grânulo de amido aumente sua capacidade de absorver água (ELKHALIFA & BERNHARDT, 2010). Chinma et al. (2015) e Wunthunyarat, Seo e Wang (2020) também encontraram um aumento de absorção de água decorrentes dos maiores tempos de germinação.

5.1.3 Perfil colorimétrico

A cor da farinha é um fator importante, pois é um atributo sensorial relevante para o consumidor. A luminosidade (L^*) possui uma variação de 0 (preto) a 100

(branco), logo, os valores encontrados (Tabela 6) para este parâmetro mostram que a farinha da cultivar 424 é mais clara, independentemente do processo de germinação. O menor valor foi observado para a cultivar IRGA 430 (24h de germinação). Em contrapartida, a amostra citada e a IRGA 424 RI (48h) obtiveram os maiores valores tanto para o eixo a* quanto para o eixo b*.

Tabela 6 – Perfil colorimétrico das farinhas de arroz germinado e controle

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
L*	90,39±2,99 _a	91,02±0,57 _a	91,81±0,18 _a	89,34±2,33 _{ab}	82,19±7,72 _c	83,98±6,62 _{bc}
a*	-0,4±0,05 _{abc}	-0,54±0,0 _c	-0,22±0,03 _a	-0,46±0,1 _{bc}	-0,26±0,27 _a	-0,32±0,16 _{ab}
b*	4,95±0,27 _b	5,17±0,08 _b	6,83±0,13 _a	4,38±0,28 _c	6,34±0,73 _a	5,38±0,43 _b

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O eixo a* representa 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 negativo o valor (-b*), mais próximo de azul e quanto mais positivo (+b*) for o valor, mais próximo do amarelo (FRANCO et al., 2018). Essas mudanças nas colorações foram provenientes do processo de germinação, devido à reação de Maillard. Nesse caso, açúcares redutores e aminoácidos reagem entre si para formar compostos marrons insolúveis e outros compostos com peso molecular intermediário que também exibem coloração escura. Os compostos de baixo peso molecular utilizados como substratos são gerados pelas ações das enzimas amilolíticas e proteolíticas, que reduzem os carboidratos e as proteínas de reserva de grãos (FINNIE, BROVELLI & NELSON, 2019).

5.1.4 Amido total (AT) e resistente (AR)

Os resultados para amido total e resistente das farinhas de arroz germinado e não germinado, das cultivares IRGA 424 RI e IRGA 430 estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Amido total e resistente das farinhas de arroz germinado e não germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
Amido total (%)	72,60±0,49 _b	78,70±0,0 _a	64,76±0,13 _e	48,93±0,02 _f	70,42±0,08 _c	66,43±0,03 _d
Amido resistente (%)	10,67±0,0 _{ab}	9,45±0,3 _b	6,84±0,58 _c	10,42±0,49 _{ab}	9,05±0,22 _b	11,45±1,39 _a

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Os valores encontrados para amido total foram maiores para a cultivar IRGA 424 RI com 24h de germinação (78,7%) e o menor valor foi encontrado para a cultivar IRGA 430, na amostra controle. Nas amostras que passaram pelo processo de germinação, de ambas as cultivares, observa-se que os valores diminuíram conforme o aumento do tempo de germinação, o que também foi relatado por Wu et al (2013) e Chinma et al (2015). A redução no teor de amido total das farinhas de arroz germinadas está ligada à hidrólise enzimática do amido em açúcares mais simples. Além disso, a diminuição pode também ser atribuída à atividade da amilase no metabolismo da respiração durante a germinação (CHINMA et al., 2015).

O amido resistente é uma porção de amido que não pode ser digerida no intestino delgado, mas fermentada no intestino grosso, e é muito valorizada por apresentar diversos promotores de saúde, como prevenção do câncer de cólon, efeitos hipoglicêmicos, redução da formação de cálculo biliar, inibição de gordura, entre outros (CHUNG, SHIN, & LIM, 2008). Nota-se que o menor valor de amido resistente foi encontrado na cultivar IRGA 424 RI com 48h de germinação (6,84%), atribuída a mudanças estruturais induzidas durante a germinação, que aumentam sua suscetibilidade ao ataque enzimático (XIA et al., 2017).

5.1.5 Digestibilidade proteica

Para que uma proteína seja nutritiva ela não depende só do seu valor quantitativo, mas de outros fatores como a qualidade e disponibilidade dos seus aminoácidos bem como da digestibilidade dos mesmos (DANGIN et al., 2001). A digestibilidade da proteína é um indicativo da disponibilidade de seus aminoácidos, para avaliar a qualidade nutritiva de uma proteína (HSU et al., 1977). Na Figura 4 estão apresentados os resultados encontrados. Observa-se que não houve diferença

estatística, para ambas as cultivares, logo, as farinhas requerem um tempo maior para a digestão e consequente absorção de proteínas.

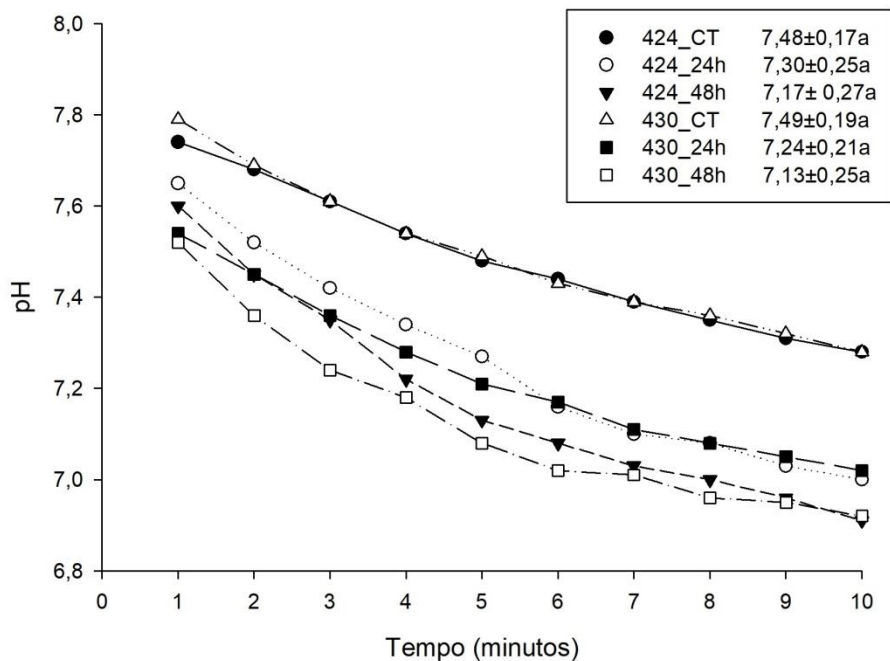


Figura 4. Digestibilidade proteica das farinhas de arroz germinado e não germinado. Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na coluna não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Cornejo et al. (2015) reporta que a digestibilidade das proteínas diminui quando o tempo de germinação excede 24 horas, devido sua utilização na síntese de novos tecidos de difícil digestão, o que justifica os resultados obtidos neste estudo, onde a amostra controle da cultivar IRGA 424 RI obteve um pH médio de 7,8, e na germinação foi obtido um pH de 7,3 e 7,1 para 24h e 48h de germinação, respectivamente. O mesmo pode ser observado na cultivar IRGA 430, com pH 7,4 (controle), 7,2 (24h germinação) e 7,1 (48h de germinação).

5.1.6 Digestibilidade amido

Durante a germinação, a produção de enzimas é estimulada para digerir as moléculas de reserva presentes nos grãos. (XIA et al., 2017). As enzimas alfa-amilase catalisam a hidrólise de ligações glicosídicas entre os monossacarídeos amilose e amilopectina e liberam açúcares simples (DING et al., 2018). A ação enzimática resulta em menor tamanho de partícula e, posteriormente, os monômeros são facilmente

acessíveis para enzimas digestivas. Além disso, os espaços criados na estrutura dos grãos após a germinação facilitam a ação das enzimas presentes no sistema digestivo humano (WU et al., 2013). Na Figura 5 encontra-se a digestibilidade do amido encontrada para as amostras de farinhas.

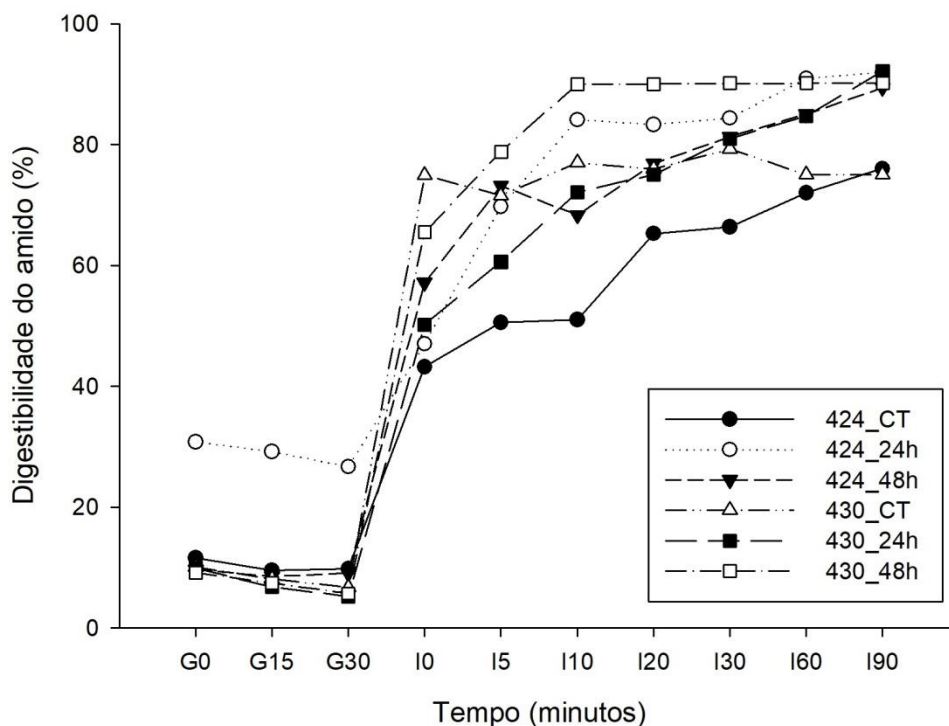


Figura 5. Digestibilidade do amido das farinhas de arroz germinado e não germinado

O maior percentual de digestão foi da amostra IRGA 430 germinada por 24h seguido da amostra IRGA 424 RI submetida ao mesmo tempo de germinação (24h), ambas com a média de 92%. A digestibilidade do amido é afetada pelo grau de gelatinização durante o cozimento, o tamanho da partícula do grânulo, a razão amilose/amilopectina, interação amido-proteína, complexos amilose/lipídio e o nível de amido resistente (SAGUM & ARCOT, 2000). Os menores valores foram atribuídos às amostras controles, que consequentemente foram as que obtiveram os maiores valores de amido resistente (Tabela 7).

Xu et al (2012) avaliaram farinha de arroz germinado e encontraram altos valores de digestibilidade, assim como Rao (1970) que avaliou amostras de arroz com diferentes teores de amilose, em que a amostra que com maior teor de amilose foi a que apresentou maiores valores de digestibilidade. Sabe-se que o tamanho de

partícula influencia na digestibilidade, visto que quanto menor o tamanho, mais exposta será a área para às enzimas digestivas, levando um aumento da taxa de digestão (PI-SUNYER, 2002). A remoção de farelo e germe do endosperma amiláceo durante a moagem resulta em menor teor de fibra dos grãos refinados (SOONG et al., 2014), o que poderia ter levado ao aumento da digestibilidade, conforme visualizado na Figura 5.

5.2 Análises dos pães elaborados com as farinhas de arroz germinado e não germinado

5.2.1 Composição proximal

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados encontrados para a composição proximal de pães elaborados com farinha de arroz germinado e controle (sem germinação). Os teores de umidade, lipídeos e carboidratos não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 8 – Composição proximal de pães elaborados com farinha de arroz germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
Proteína (%)	3,46±0,06 _d	5,35±0,21 _a	3,61±0,15 _{cd}	4,11±0,0 _{bc}	3,89±0,26 _{cd}	4,61±0,13 _b
Umidade (%)	47,86±2,87 _a	47,24±3,45 _a	47,14±2,3 _a	48,61±2,08 _a	46,06±1,43 _a	48,33±4,84 _a
Lipídeos (%)	0,03±0,0 _a	0,01±0,0 _a	0,0±0,0 _a	0,0±0,0 _a	0,0±0,0 _a	0,02±0,0 _a
Carboidratos (%)	48,64±2,81 _a	49,81±0,21 _a	47,16±0,8 _a	48,74±2,3 _a	50,01±1,74 _a	44,44±1,34 _a

Médias +- desvio padrão. Letras maiúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Nota-se que o pão elaborado com a farinha da cultivar IRGA 424 RI com 24h de germinação obteve o maior teor de proteína bruta (5,35%), o que pode ser atribuído à atividade enzimática da protease ocorrida durante a germinação. A proteína é degradada e hidrolisada em aminoácidos livres, os quais podem ser transformados em novos compostos de proteína instantaneamente, levando um aumento no teor de proteína bruta (MOONGNGARM & SAETUNG, 2010; XU et al., 2012; WICHAMANEE & TEERARAT, 2012). Além disso, o processo de moagem remove a camada externa do farelo de arroz, onde a maior parte de fibras dietéticas, óleos, proteínas e outros nutrientes estão presentes (EL-HISSEWY et al., 2002). Cornejo et al (2015) ao

avaliarem pães com farinha de arroz integral germinado encontraram 8,01% de proteína bruta em 12h de germinação. Este resultado pode ser explicado devido ao maior valor nutritivo do arroz integral quando comparado aos grãos polidos, uma vez que o polimento provoca perdas consideráveis em alguns nutrientes (PAIVA, 2011).

5.2.2 Digestibilidade proteica

Considerando que a germinação ativa enzimas como, amilases e proteases, a digestibilidade proteica foi avaliada para determinar se a germinação poderia melhorar a digestibilidade da proteína dos pães resultantes. Observou-se que não houve diferença estatística entre as amostras, mesmo comportamento observado nas farinhas. A alta temperatura durante o forneamento dos pães podem produzir ligações cruzadas entre os aminoácidos, formando estruturas mais rígidas, o que conseqüentemente pode alterar a digestibilidade da proteína (Cornejo et al., 2015). Na Figura 6 encontram-se os resultados para digestibilidade proteica dos pães.

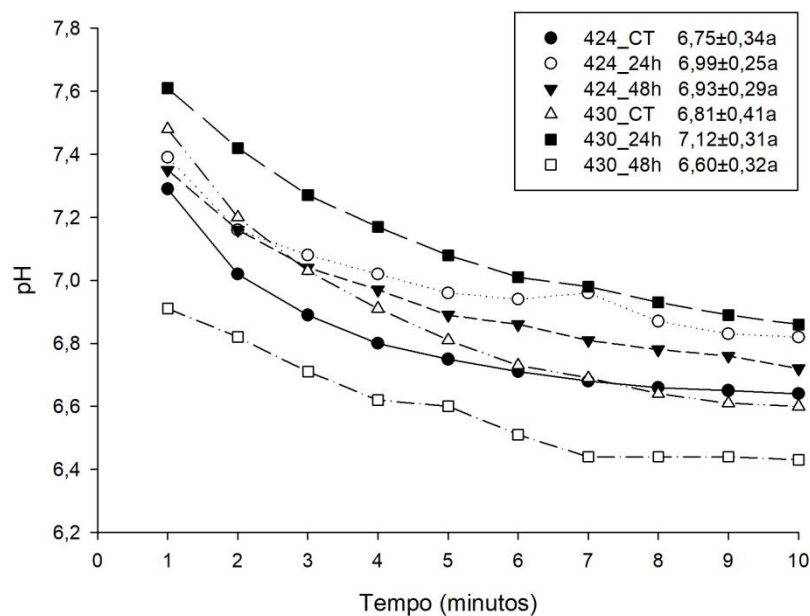


Figura 6. Digestibilidade proteica dos pães elaborados com farinhas de arroz germinado e não germinado
Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na coluna não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Sagum & Arcot (2000) descrevem que o uso do calor influencia a digestibilidade de proteínas de maneiras diferentes. Uma forma seria com a modificação da estrutura terciária e secundária ("desnaturação") da proteína, aumentando assim sua digestibilidade. A outra forma seria a alteração das cadeias laterais dos aminoácidos, o

que retardaria a ação de certas enzimas digestivas, formando ligações cruzadas dentro ou entre as moléculas, e assim diminuindo a digestibilidade da molécula inteira da proteína.

5.2.3 Amido total (AT) e resistente (AR)

Na Tabela 9 estão apresentados os valores encontrados para amido total e amido resistente nas amostras de pães elaborados com farinha de arroz germinado e não germinado.

Tabela 9 - Amido total e amido resistente de pães elaborados com farinha de arroz germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
Amido total (%)	80,2±0,0 _a	71,4±0,01 _c	67,87±0,08 _e	76,6±0,05 _b	73,03±0,0 _d	69,19±0,06 _f
Amido resist. (%)	6,18±0,0 _a	13,05±0,84 _a	12,41±4,03 _a	9,1±1,02 _a	9,08±0,48 _a	9,22±1,43 _a

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O maior teor de amido total foi obtido na amostra controle, da cultivar IRGA 424 RI. Já o maior teor de amido resistente foi observado nas amostras de pães, independente da cultivar, contudo, os valores encontrados são consideráveis altos, com uma faixa de 6,18-13,05%. Sarawong et al (2014) avaliaram amostras de pães sem glúten e encontraram uma variação de 2,30-2,90%. As condições de processamento e os ingredientes podem influenciar a formação de amido resistente no pão.

5.2.4 Digestibilidade do amido

A digestão gástrica simulada dos pães elaborados com farinha de arroz germinado e não germinado não resultou em uma liberação de glicose significativa, devido à ausência de enzimas amilases na fase gástrica; entretanto, a hidrólise do amido (%) aumentou durante o processo de digestão intestinal simulada, conforme apresentado na Figura 7.

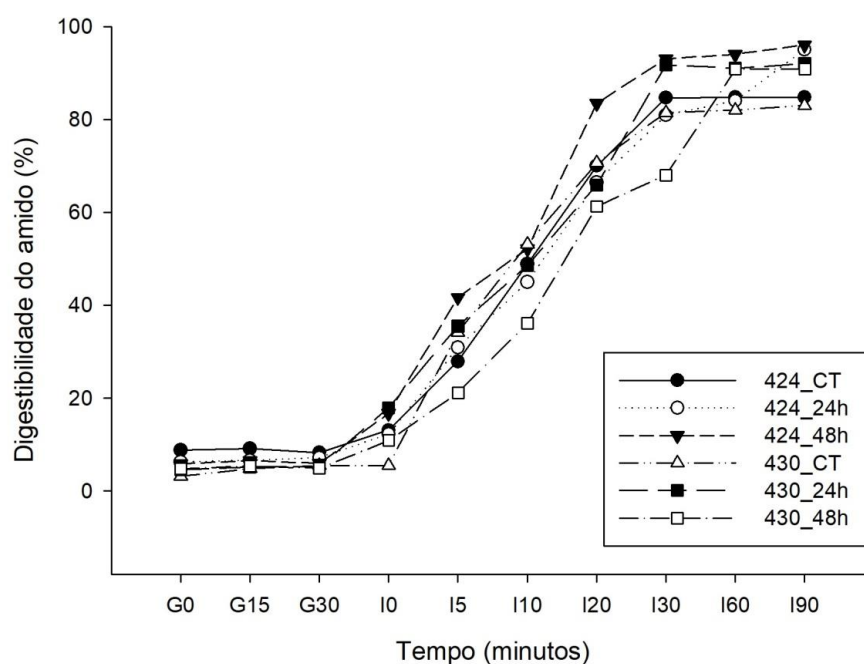


Figura 7. Digestibilidade do amido de pães elaborados com farinha de arroz germinado

A hidrólise do amido da cultivar IRGA 424 RI com 48h de germinação foi superior às demais amostras, exibindo liberação de glicose de 95% na etapa de digestão no intestino delgado. Nota-se que os menores valores encontrados foram das amostras controle, independente da cultivar, ou seja, a germinação aumentou os percentuais de digestibilidade do amido.

Estes resultados vão de encontro ao reportado por Cornejo et al (2015), que avaliaram pães com farinha de arroz integral germinado e observaram baixos valores de digestibilidade. Estudos têm demonstrado que o aumento da digestibilidade durante a germinação pode ser devido à degradação das cadeias do amido por enzimas amilolíticas, aumentando assim a acessibilidade das enzimas digestivas às cadeias do amido. Também foi relatado que a digestibilidade do amido é afetada pela morfologia granular, cristalinidade e estrutura molecular da amilopectina (TAMURA et al., 2016), além da adição de hidrocolóides, que pode alterar a gelatinização do amido e alterar a digestibilidade (ROSELL, ROJAS & BARBER, 2001).

5.2.5 Perfil colorimétrico

Na Tabela 10 encontram-se os resultados encontrados para o perfil colorimétrico das amostras de pães, os eixos L*, a* e b* indicam variações de cor do preto ao branco, do verde ao vermelho e do azul ao amarelo, respectivamente.

Tabela 10 – Perfil colorimétrico das amostras de pães elaborados com farinha de arroz germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
L*	68,97±2,27 _b	66,41±4,95 _b	68,64±2,47 _b	69,44±4,46 _b	69,13±3,58 _b	74,87±1,98 _a
a*	-1,59±0,07 _c	-1,47±0,29 _{abc}	-1,41±0,38 _{ab}	-1,21±0,13 _a	-1,4±0,1 _{ab}	-1,76±0,14 _c
b*	5,57±1,19 _b	6,81±3,22 _a	8,97±3,54 _{ab}	4,42±0,69 _b	5,24±0,44 _b	5,66±0,85 _b

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Geralmente os pães sem glúten elaborados com farinha de arroz são mais claros devido ao uso de farinha refinada em sua produção. Os valores encontrados no parâmetro de luminosidade (L) corroboram com os reportados por Matos & Rossell (2012) para pães sem glúten com farinhas de arroz comerciais. No presente estudo foram utilizadas farinhas provenientes de grãos de arroz polidos, o que justifica as amostras serem claras. No chroma b os valores foram positivos, sendo relacionados a uma maior intensidade do componente amarelo, principalmente nas amostras da cultivar IRGA 424 RI que sofreram germinação

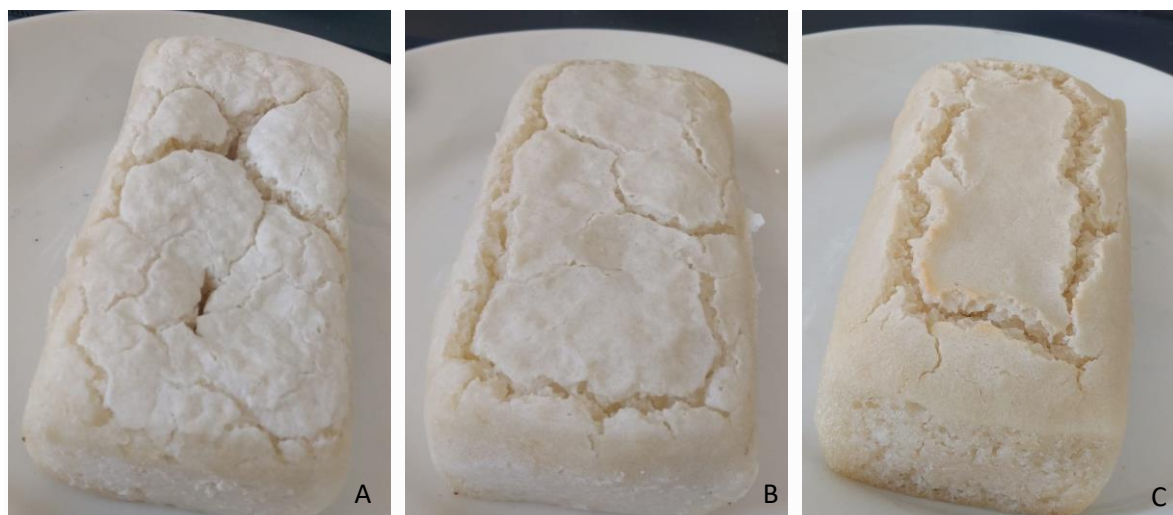


Figura 8. Pães elaborados com farinha de arroz germinado da cultivar IRGA 424 RI, sendo a (controle), b (24h germinação) e c (48h germinação)

Fonte: O autor

5.2.6 Características físicas e volume específico

O maior valor encontrado (4,8 cm) para o parâmetro largura foi referente à amostra controle da cultivar IRGA 430. No parâmetro largura os valores não diferiram e

no comprimento o maior valor encontrado foi para a amostra da cultivar IRGA 424 RI com 48h de germinação.

Tabela 11 - Altura, largura e comprimentos dos pães elaborados com farinha de arroz germinado

	IRGA 424 RI			IRGA 430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
Altura (cm)	4,02±0,0 _e	3,94±0,0 _f	4,28±0,0 _d	4,81±0,0 _a	4,66±0,0 _b	4,4±0,0 _c
Largura (cm)	5,91±0,0 _a	6,31±0,0 _a	6,47±0,0 _a	5,75±0,0 _a	5,65±0,7 _a	6,23±0,0 _a
Compr.(cm)	13,37±0,0 _c	13,44±0,0 _b	13,43±0,0 _a	12,83±0,0 _f	13,29±0,0 _d	13,12±0,0 _e

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Nunes et al., (2009) o volume do pão é uma medida de qualidade realizada com o intuito de apurar a capacidade da farinha em reter no interior da massa o gás produzido na fermentação e conseqüentemente ocasionar o crescimento dos pães. De acordo com o mesmo autor, além da capacidade de retenção de gases, o volume específico depende também da elasticidade da massa, o que é de suma importância para permitir a expansão durante as etapas de fermentação e forneamento. Conforme apresentado na Figura 9, os volumes específicos de pães das farinhas de arroz germinado e controle (não germinado) apresentaram diferenças estatísticas, independente da cultivar.

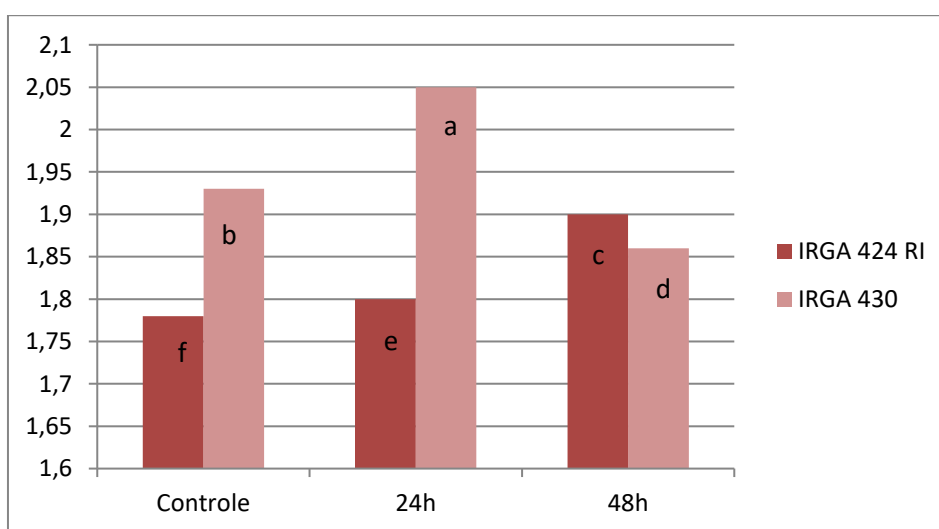


Figura 9. Volume específico dos pães elaborados com farinha de arroz germinado

*Letras iguais não possuem diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O maior volume específico ($2,05\text{cm}^3/\text{g}$) foi obtido no pão da cultivar IRGA 430 com 24h de germinação. Segundo Marco & Rosell (2008) a adição de hidrocolóide

pode aumentar o volume específico de pães por causa da sua capacidade de reter água e formar uma rede de gel durante a etapa de forneamento. Essa rede tende a aumentar a viscosidade, conferindo maior resistência à massa para a expansão das células de gás, retendo mais gás e melhorando o volume. Além disso, sabe-se que pães com menor volume específico indicam uma maior compactação da estrutura celular, resultando em miolos mais firmes (SLUIMER, 2005). Estudos mostram que há uma variação nos valores de volume específico. Wunthunyarat, Seo & Wang (2020) encontraram uma variação de 1,49-1,75cm³/g em pães com farinha de arroz integral; Cornejo & Rossell (2015) obtiveram uma variação de 1,99-2,14cm³/g em seus pães elaborados com farinha de arroz integral germinada.



Figura 10. Pães elaborados com farinha de arroz germinado da cultivar IRGA 424 RI, sendo controle (a), 24h (b) e 48h (c) de germinação

Fonte: O autor.



Figura 11. Pães elaborados com farinha de arroz germinado da cultivar IRGA 430, sendo controle (d), 24h (e) e 48h (f) de germinação

Fonte: O autor.

5.2.7 Perfil texturométrico

Um mapa de calor fornece visualização intuitiva de uma tabela de dados. Cada célula colorida no mapa corresponde a um valor de concentração, com amostras em linhas e compostos em colunas, resultantes das análises de significância ($p < 0,05$) e escore VIP (Importância da Variável na Projeção). É possível identificar amostras e/ou

atributos que são altos e/ou baixos em concentração. O perfil texturométrico das amostras de pães está representado pela Figura 12.

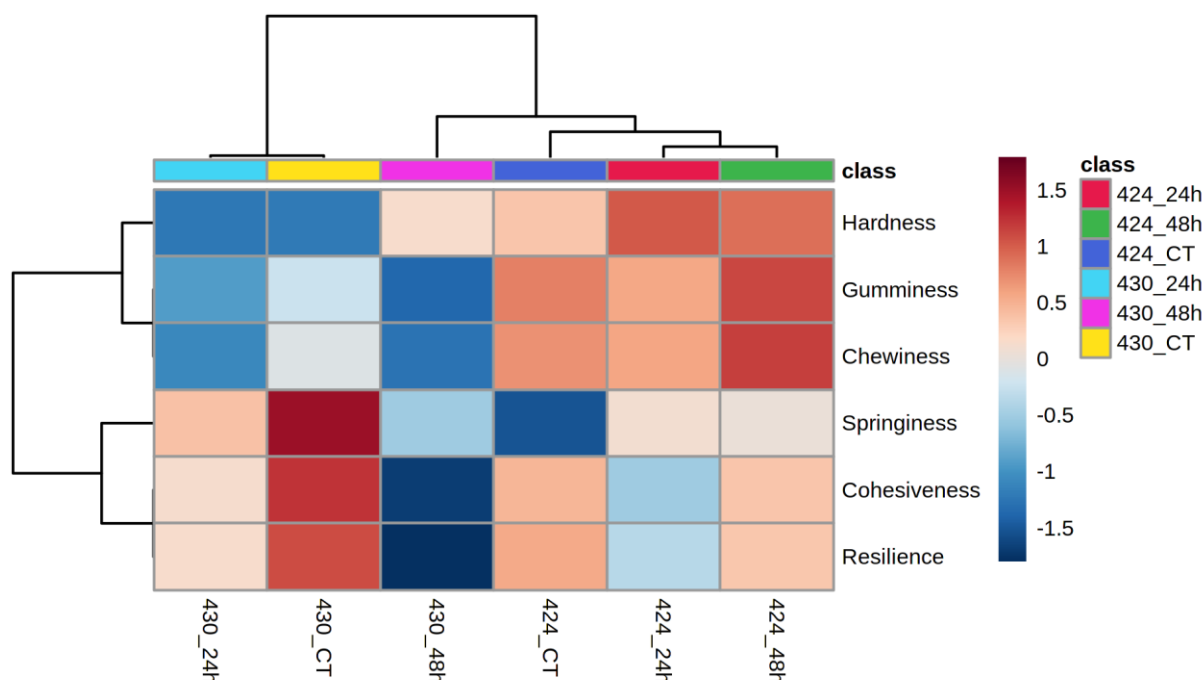


Figura 12. Mapa de calor relacionado ao perfil texturométrico das amostras de pães

Observa-se que a amostra da cultivar IRGA 424 RI com 48h de germinação apresentou os maiores valores para os parâmetros de mastigabilidade, gomosidade e dureza, representadas pelas cores vermelhas mais intensas no mapa. Sabe-se que um pão com menor volume específico indica uma maior compactação na sua estrutura molecular (SLUIMER, 2005), resultando em um miolo mais firme e conseqüentemente uma maior dureza, o que pode ser explicado nessa amostra. Além disso, altos valores de dureza podem estar atribuídos ao desenvolvimento de uma rede formada pela recristalização da amilopectina (GOESAERT et al., 2006), resultante da retrogradação do amido.

Valores elevados de elasticidade são preferidos porque estão relacionados com a qualidade e elasticidade do pão. Conforme o tempo de germinação aumentou, o valor da elasticidade diminuiu na cultivar IRGA 430, indicando um aumento na fragilidade e tendência a se desintegrar ao fatiar (MCCARTHY et al. 2005). Não apenas a elasticidade, mas também a resiliência, caracterizam a perda de elasticidade, pois indica a capacidade de um material retornar à sua forma original após a aplicação de uma tensão (ONYANGO et al. 2011), o que corrobora com os resultados do presente

estudo, visto que os valores de resiliência também diminuíram, conforme apresentado no mapa de calor, representado pela cor azul mais intensa, na mesma cultivar mencionada. Matos & Rosell (2012) encontraram valores semelhantes, na qual avaliaram os parâmetros de textura citados de pães de forma sem glúten comercial.

5.2.8 Estrutura do miolo

Na Tabela 12 estão dispostos os resultados encontrados para nº de alvéolos, área média dos alvéolos (cm²), perímetro médio dos alvéolos (cm²) e circularidade dos miolos das amostras de pães.

Tabela 12 - Nº de alvéolos, área média dos alvéolos, perímetro médio dos alvéolos e circularidade do miolo dos pães elaborados com farinha de arroz germinado

	424 RI			430		
	Controle	24h	48h	Controle	24h	48h
Nº alvéolos	179±6 _a	122±8 _c	151±7 _b	178±3 _a	153±3 _{ab}	59±7 _d
Área alv. (cm ²)	0,1±0,01 _a	0,1±0,02 _a	0,06±0,02 _a	0,06±0,02 _a	0,06±0,02 _a	0,06±0,01 _a
Perímetro alv. (cm ²)	1,28±0,02 _{cb}	1,41±0,0 _a	1,14±0,02 _{bc}	1,07±0,06 _c	1,03±0,04 _c	1,08±0,07 _c
Circularidade	0,47±0,01 _a	0,53±0,0 _a	0,5±0,0 _a	0,52±0,01 _a	0,6±0,12 _a	0,52±0,0 _a

Médias +- desvio padrão. Letras minúsculas iguais na linha não possuem diferença significativa pelo teste Tukey (p<0,05).

A medida do perímetro está relacionada com a regularidade do contorno alveolar, de modo que maiores perímetros se associam a maior regularidade, para uma mesma área (CORREA, 2012). As amostras controles de ambas as cultivares resultaram no maior número de alvéolos, sendo 179 para a cultivar IRGA 424 RI e 178 para a cultivar IRGA 430, e o menor número de alvéolos foi encontrado na cultivar IRGA 430 com 48h de germinação. Fatias com menos alvéolos estão relacionadas a baixo volume (NEVES et al., 2020).

As amostras da cultivar IRGA 430 apresentaram os menores valores de perímetro dos alvéolos, independente do tempo de germinação decorrido. A amostra que apresentou o maior perímetro dos alvéolos foi a amostra IRGA 424 RI submetida a 24 de germinação.

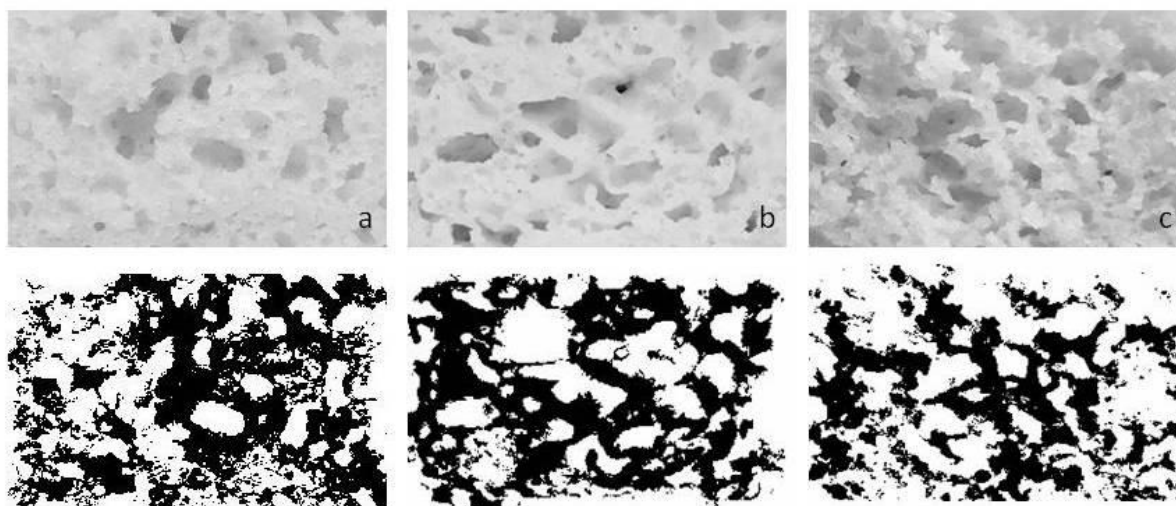


Figura 13. Imagens do miolo, obtidas pelo ImageJ, das amostras de pães da cultivar IRGA 424 RI, sendo a (controle), b (24h germinação) e c (48h germinação)

A circularidade é o parâmetro que mede o quanto os alvéolos se aproximam ou não de um círculo. Seus valores variam de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 mais perfeito será o círculo (ROSELL & GOMEZ, 2014). Os valores encontrados não diferiram estatisticamente entre si, independente da cultivar, porém, ao observar as Figura 13 e 14, nota-se que os alvéolos não remetem a círculos e consequentemente o valor não se aproxima de 1, o que normalmente ocorre em pães sem glúten, visto que sua estrutura não é tão aerada. Matos & Rosell (2012) encontraram valores de circularidade de suas amostras de pães sem glúten comerciais variando de 0,64 a 0,81.

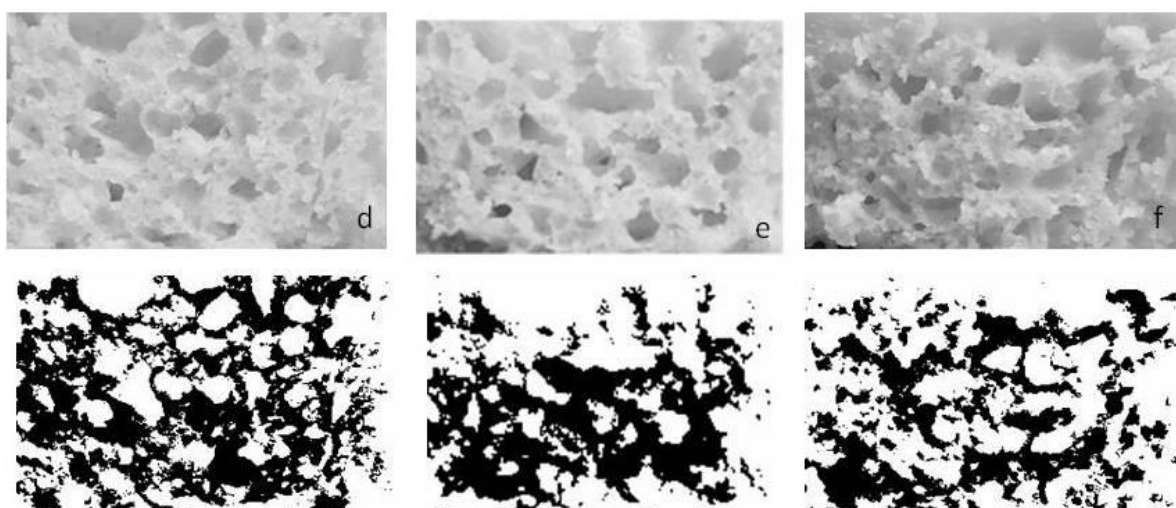


Figura 14. Imagens do miolo, obtidas pelo ImageJ, das amostras de pães da cultivar IRGA 430, sendo d (controle), e (24h germinação) e f (48h germinação)

5.2.9 Associação de palavras

A percepção de compra dos consumidores vem mudando ao longo dos anos. Os consumidores estão mais críticos, exigentes e preocupados em consumir produtos de qualidade e que sejam ao mesmo tempo, saudáveis e/ou funcionais (KAUR & SINGH, 2017). Com isso, a ciência sensorial tem buscado entender e compreender o comportamento em relação a esses produtos, com enfoque nos lançamentos de mercado (ROJAS-RIVAS et al. 2018). Dentre os métodos utilizados, a associação de palavras tem se mostrado promissora para investigar e avaliar as percepções e sensações dos consumidores. As palavras geradas são relevantes para entender por que e como os consumidores fazem suas escolhas, contribuindo assim para uma exploração efetiva de suas escolhas e percepções (ELDESOUKY, PULIDO & MESIAS, 2015).

No presente estudo foram contabilizados 139 termos ou palavras diferentes, as quais foram classificadas em seis dimensões, com categorias relacionadas às palavras de maior expressão. Na Tabela 13 estão expressas a frequência de menção das dimensões, categorias e exemplos das palavras mais citadas.

Tabela 13 - Frequência de menções das palavras citadas e suas respectivas dimensões e categorias

Dimensão	Categorias	Freq. (%)
Características sensoriais	Aparência (cor, tamanho, branco, pálido)	183
	Textura (maciez, aerado, quebradiço, esfarelento)	
	Características (branco, fofo, leve, pálido, baixo)	
Atitudes hedônicas	Positivos (apetitoso, gostoso, saboroso, bonito)	72
	Negativos (feio, sem gosto, sem cor, estranho)	
Alimento	Alimento (pão, sem glúten, farinha, bolo, glúten)	24
Saúde/nutrição	Fisiológica (bem-estar, saúde, saudável, nutritivo)	9
Consumo	Consumo (café, manteiga, margarina)	8
Desconhecido	Desconhecido (estranho, diferente)	2

A dimensão relacionada às '*características sensoriais*' foi a mais citada pelos participantes da análise, onde foi possível observar que as palavras relacionadas à aparência, textura e características dos pães foram as que mais chamaram à atenção e, portanto, foram as mais citadas ao visualizar a imagem do produto. Estes atributos são os que mais interferem no produto final, visto que a ausência de glúten tem

impacto direto nas características de miolo, crosta e volume (MERHDAD et al., 2014), logo, foram as mais citadas.

A segunda dimensão mais citada foi '*atitudes hedônicas*', na qual os aspectos positivos mencionados podem ser relacionados às melhorias nas características dos pães oriundo da germinação, o que era esperado neste produto, contribuindo para o grande número de menções. Já os aspectos negativos podem estar relacionados ao não consumo de produtos elaborados com farinha de arroz germinado, gerando desconfiância para os respondentes ao visualizar a imagem, também podendo estar relacionada à última dimensão mencionada, denominada '*desconhecido*'.

A dimensão denominada '*alimentos*' teve palavras citadas como pão, farinha e sem glúten, estas fazendo relação ao produto mencionado na análise. Na dimensão '*saúde/nutrição*' os atributos mencionados foram ligados a produtos saudáveis. Pães elaborados com farinha de arroz germinado aumentam o teor de compostos bioativos (CACERES et al., 2014), que incluem a regulação da pressão arterial e frequência cardíaca, alívio da dor e ansiedade, melhora da insônia, suprime danos ao fígado, inibe a proliferação de células cancerosa, entre outros (OH & OH, 2004).

A quinta dimensão cita palavras que correspondem às '*formas e maneiras de consumo*', como manteiga, margarina e café, atributos estes que são acompanhados no momento do consumo de pães e associado ao café da manhã, e que podem ser veículos positivos para a estratégia de propagandas e marketing (PROENÇA, 2010).

A Figura 15 mostra a frequência das palavras que foram mais mencionadas no presente estudo. Nela, observa-se que a palavra maciez foi mencionada em uma frequência de 26,7%, seguido de seco (15,7%), gostoso (12,7%), branco (12%), aerado (12%) e pálido (4%). Nota-se que as palavras citadas fazem referências a defeitos encontrados em produtos de panificação sem glúten, porém os atributos positivos indicam uma aceitação promissora de produtos que contenham farinha de arroz germinado em sua formulação.

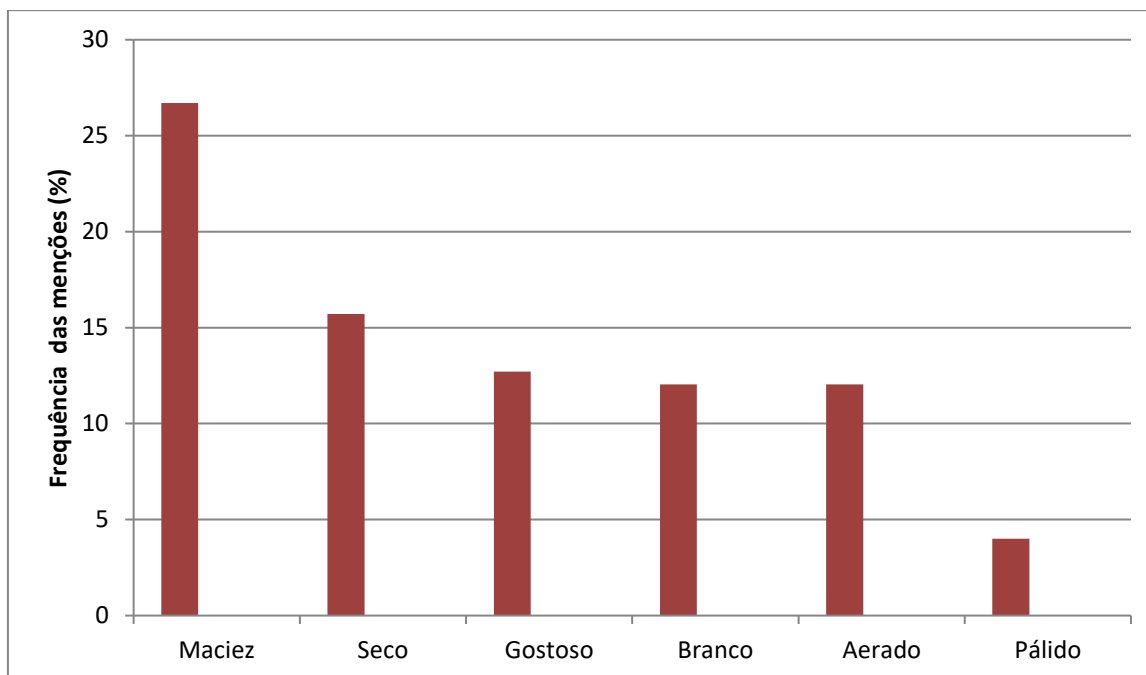


Figura 15. Frequência das palavras mais mencionadas na associação de palavras de pães elaborados com farinha de arroz germinado

A análise de componentes principais realizada na matriz de covariância dos escores médios das dimensões avaliadas pelos participantes da análise de associação de palavras está representada na Figura 16. Os dois componentes explicam 100% das variações, sendo F1 o responsável por 92,37% das variações e o F2 por 7,63%.

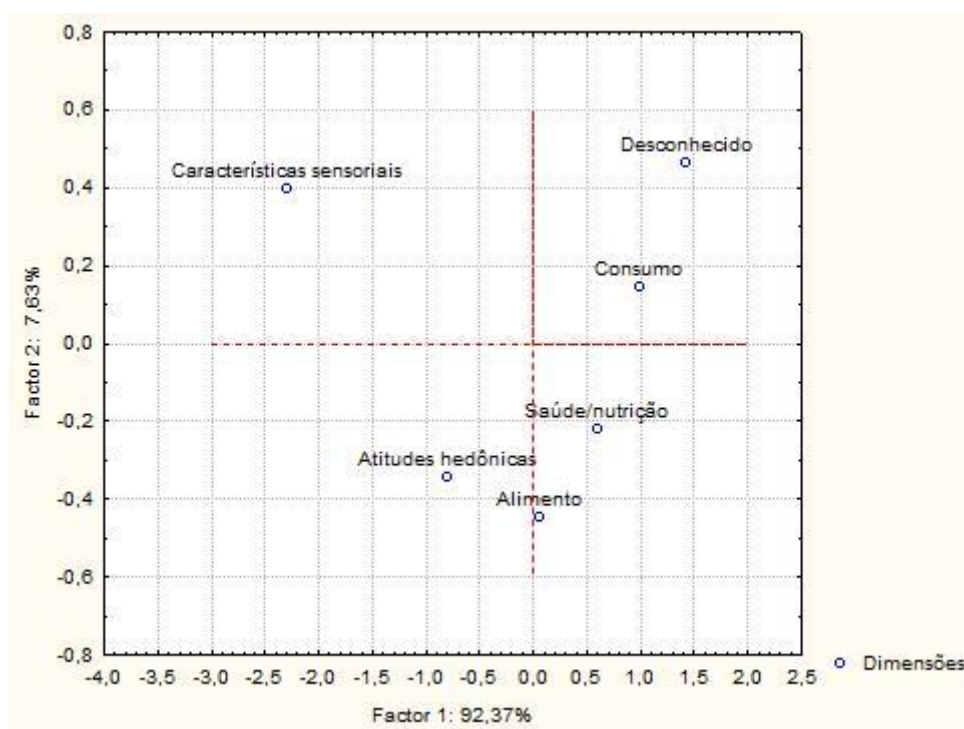


Figura 16. Análise de componentes principais realizada na matriz de covariância dos escores das dimensões

A partir do gráfico de dispersão é possível observar a relação das dimensões categorizadas por meio da associação de palavras. Observa-se que o consumo de produtos de panificação sem glúten não está relacionado a características sensoriais (aparência, textura) e atitudes hedônicas (aspectos positivos e negativos), mas sim pelo conhecimento que o consumidor tem a respeito do produto. Há uma correlação negativa entre essas características, já que o consumo de alimentos sem glúten geralmente está associado a consumidores celíacos e que atribuem a esses produtos atributos indesejáveis, principalmente em relação ao volume e textura (WANG et al., 2017).

Esses alimentos ou similares são procurados por pessoas que buscam/já consomem alimentos saudáveis ou dão preferência a produtos nutricionalmente superiores, ou seja, elas só consomem o que realmente possuem conhecimento. Com isso, os estudos envolvendo panificação com farinha de arroz germinado tornam-se promissores e sua divulgação é muito importante para influenciar o consumo desses produtos.

5.2.9.1 Questionário de atitude

O questionário de atitude é um instrumento de avaliação que possibilita conhecer a opinião de um grupo específico em relação a um produto ou serviço de interesse (HAIR et al., 2005). As questões utilizadas podem ser agrupadas em fatores a fim de se obter uma visão geral da pesquisa e identificar as questões mais representativas.

A Análise Fatorial Exploratória (AFE) é uma técnica estatística que estuda correlações entre um grande número de variáveis agrupadas em fatores. Essa técnica permite a redução de dados, identificando as variáveis mais representativas ou criando um conjunto de variáveis, bem menor que o original, além de validar um instrumento de pesquisa (ÁVILA et al., 2020).

Os dados sociodemográficos (Tabela 14) indicaram predominância do gênero feminino e faixa etária na maioria de 36 a 50 anos (38,7%), seguindo de de 50 anos ou mais (24,8%). Quando questionados sobre o grau de escolaridade, os entrevistados declararam ter pós-graduação (45,6%), ensino superior (34,7%), ensino médio (17,5%),

fundamental (2%). Na aplicação do questionário foi possível obter uma parcela significativa de entrevistados portadores da doença celíaca (59,7%).

Tabela 14 - Dados sociodemográficos de participantes do estudo sobre consumo e mercado de farinha de arroz e produtos com grãos germinados

Categoria	
Gênero	
Feminino	92,1%
Masculino	7,9%
Faixa etária	
< 15 anos	1,2%
16 a 25 anos	14,5%
26 a 35 anos	20,8%
36 a 50 anos	38,7%
>50 anos	24,8%
Escolaridade	
Fundamental	2%
Ensino Médio	17,5%
Ensino Superior	34,7%
Pós-graduação	45,6%
Regiões do país	
Sul	61,7%
Sudeste	32,5%
Centro-Oeste	1,4%
Nordeste	3%
Norte	1,4%
Renda familiar	
< 1 salário-mínimo	1,4%
1 a 3 salários-mínimos	29,6%
4 a 6 salários-mínimos	31,2%
7 a 9 salários-mínimos	19%
Doença celíaca	
Sim	59,7%
Não	40,3%

Após decomposição da matriz de correlação pelo método de principais fatores realizou-se a extração dos fatores. Por meio do critério de retenção de fatores de Kaizer, se extraíram 16 fatores (perguntas do questionário), dos quais apenas dois foram retidos (aqueles que apresentaram seus autovalores maiores que 1, a partir das

variáveis observadas). Os dois fatores retidos foram responsáveis por explicar 80,22% da variância total comum das variáveis observáveis do questionário sobre consumo e comércio de farinha de arroz e comercialização de produtos com grãos germinados.

O teste KMO demonstrou boa adequação da amostra para a análise fatorial (KMO = 0,82) e o teste Alfa de Cronbach com valor de 0,87 indicando que o modelo apresentou boa consistência interna (GEORGE e MALLERY, 2003).

O teste KMO foi usado para medir a adequação da amostragem e determinar a ocorrência de correlação entre as variáveis, sendo que a maior parte dos coeficientes de correlação devem apresentar valores acima de 0,30. O Alfa de Cronbach indica que as variáveis eram válidas e confiáveis para continuar com as análises posteriores. O valor mínimo aceitável para o alfa é 0,70, onde valores entre $0,75 < \alpha \leq 0,90$ são considerados com uma alta confiabilidade dos dados. Raykov & Marcoulides (2012) indicaram que o Alfa de Cronbach com valores $> 0,5$ são aceitáveis em pesquisas de marketing.

Após a análise fatorial, 8 questões foram consideradas com correlações fortes e foram divididas em 2 fatores (Quadro 1). Segundo Hongyu (2018) a intensidade da correlação entre os itens de um questionário pode ser verificada eliminando-se alguma questão. A escolha do número de fatores é uma das tarefas mais importantes da Análise Fatorial. Se o pesquisador opta por um número muito reduzido, não é possível identificar estruturas importantes existentes nos dados; por outro lado, se o número é excessivo, ele pode vir a ter problemas de interpretabilidade dos fatores.

Fator 1	Consumiria pães que contém grãos germinados em sua formulação.
	Consumiria produtos com grãos germinados, sabendo que trazem benefícios à saúde
	Consumiria pães elaborados com farinha de arroz germinado
Fator 2	Frequência do consumo de pães sem glúten
	Hábito de consumo de pães sem glúten
	Qualidade de produtos que contém farinha de arroz
	Consumo de farinha de arroz
	Atributo que influencia no momento da compra

Quadro 1. Variáveis que compõe cada fator da pesquisa

Verificou-se que o fator 1 (Figura 17) reuniu questões relacionadas ao uso de grãos germinados na alimentação. A maioria dos entrevistados (56,8%) afirmou que consumiriam alimentos com grãos germinados e, se tivessem conhecimento que estes alimentos trariam benefícios à saúde, essa aceitação subiria para 96,8%.

A germinação de sementes de cereais e leguminosas é uma técnica que vêm ganhando espaço na alimentação. Vários estudos documentam suas vantagens e benefícios para a saúde. Recentemente, o arroz integral germinado, ou arroz integral pré-germinado, é visto como um dos cereais germinados mais interessantes e ganha muita atenção, especialmente nos países asiáticos. A germinação fornece maiores valores nutricionais e funcionais, pois estão associados à qualidade e quantidade de seus nutrientes, compostos biologicamente ativos e potencial antioxidante (ZHAO et al., 2019; KHWANCHAI, CHINPRAHAST & PICHYANGKURA, 2014).

Rutsaert et al. (2013) constataram que os consumidores têm interesse em obter mais conhecimento sobre os alimentos que consomem e que fazem uso das redes sociais para obter essas informações. Com isso, podemos sugerir que o marketing deve acontecer de forma mais prática, por meio de degustações de supermercado e comércio em geral, estabelecendo uma conversa informal com o consumidor.

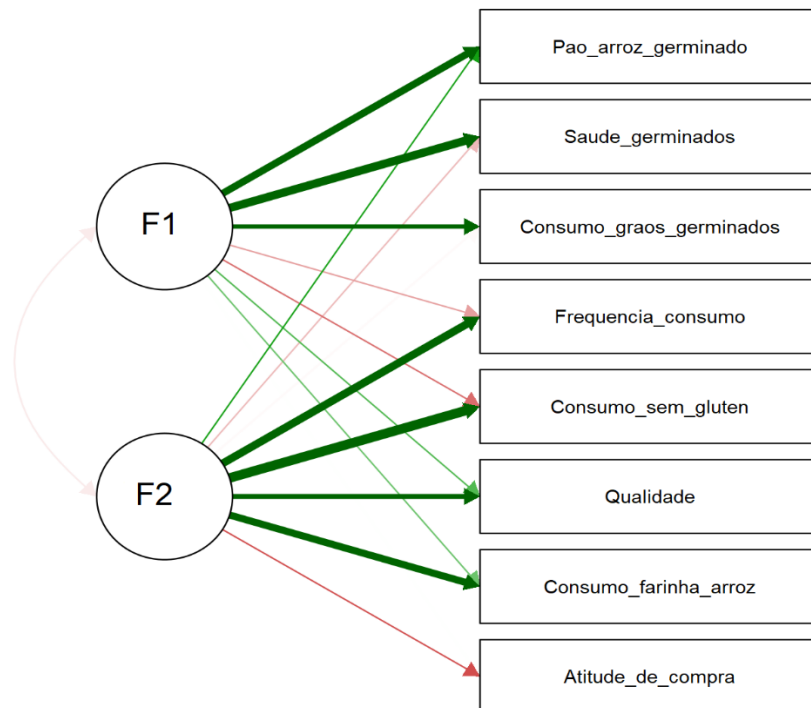


Figura 17. Diagrama de caminhos gerado pela análise fatorial exploratória, indicando os fatores gerados e a relação das questões sobre o consumo e mercado de farinha de arroz e produtos

O fator 2 abrangeu questões relacionadas ao consumo de farinha de arroz e de alimentos sem glúten. A atitude de compra aparece com uma correlação menor que as demais, mas igualmente importante. Nessa pergunta, os consumidores expressavam os fatores que influenciavam no momento da compra de um alimento. A qualidade nutricional foi o agente mais predominante (39,1%), seguido do sabor (29,2%) e preço (19,2%). Uma porcentagem pequena leva em conta a aparência (8,1%) e a marca (4,4%) do produto.

Sobre a frequência de consumo de pães sem glúten, 84,3% dizem consumir, sendo 31,7% 2 vezes na semana, 29,2% todos os dias e 23% de 3 a 5 dias por semana. Dados do mercado global indicaram que as vendas de produtos sem glúten aumentaram em uma taxa de crescimento anual de 10,4% entre 2015 e 2020 (CAPRILES & ARÊAS, 2014). O desenvolvimento de produtos livres de glúten resulta em grandes problemas para os produtos de panificação, além de uma restrita

variedade de produtos, os quais, em sua maioria, são de baixa qualidade (BASTIDA, PISKULA & ZIELINSKI, 2015).

Sobre o consumo, 80,4% das pessoas dizem consumir farinha de arroz, enquanto 19,6% não a consomem. Na última década, o uso do arroz aumentou nas dietas destinadas à pessoas com doença celíaca ou doença e/ou alergia a outros cereais. As expectativas dos consumidores estimularam a indústria de alimentos a ajustar e melhorar continuamente as formulações e técnicas de processamento usadas na fabricação de produtos sem glúten (LUO et al., 2021).

Além disso, os especialistas em saúde têm interesse pela adequação nutricional da dieta, bem como sua eficácia no controle de distúrbios relacionados ao glúten e outras condições (EL-KHOURY, BALFOUR-DUCHARME & JOYE, 2018). Como a aplicação clínica e a popularidade das dietas sem glúten aumentam, as demandas dos consumidores continuam a influenciar o mercado de alimentos.

As evidências sugerem que o questionário desenvolvido é multidimensional e incluem dimensões relativas ao consumo e comércio de farinha de arroz, seus produtos e potencial dos grãos germinados na alimentação, sobretudo para pacientes celíacos (os quais representaram a maioria dos respondentes do questionário). Além disso, os resultados indicam que os dois fatores (Quadro 1) foram suficientes para sugerir estratégias de produção e marketing, a fim de promover o consumo de produtos com grãos germinados.

6. CONCLUSÕES

Os pães elaborados com farinha de arroz germinado apresentaram características nutricionais e tecnológicas diferenciadas e podem se tornar uma opção para o mercado, visto que a germinação aumentou o teor de proteínas e digestibilidade de amido, por exemplo. Os pães elaborados com a cultivar IRGA 430, com 24h de germinação, resultaram em maiores volumes específicos com $2,05\text{cm}^3/\text{g}$; a cultivar IRGA 424 RI, com 48h de germinação, obteve maiores valores de mastigabilidade, dureza e gomosidade, resultando em uma textura íntegra.

Além disso, o presente estudo revelou que os resultados obtidos com o método de associação de palavras em conjunto com o questionário de consumo e mercado de

farinha de arroz e de grãos germinados, foram consistentes em mostrar a percepção dos consumidores e potenciais compradores desse tipo de alimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – AMERICAN ASSOCIATION CERAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 10 ed. Saint Paul, p. 1200, 2000.

ABIP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Desempenho de panificadoras e confeitarias brasileiras 2020**. 2020. Disponível em: < <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2021/01/Indicadores2020-abip.pdf>>

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, L. Gelatinization of Corn Grits by Roll-and Extrusion-Cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, p. 4-11, 1969.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **Moisture measurement – unground grain and seeds**. In: Standards, 2000. St. Joseph: ASAE, p. 563, 2000.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis**. 18 ed. Washington DC US, 2006.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analysis of AOAC**. 17 ed. Washington, 2002.

ÁVILA, B. P.; ROSA, P. P.; FERNANDES, T. A.; CHESINI, R. G.; SEDREZ, P. A.; OLVEIRA, A. P. T. Analysis of the perception and behaviour of consumers regarding probiotic dairy products, **International Dairy Journal**, v. 106, p. 104703, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução-RDC Nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Acesso em: março de 2021.

BARANZELLI, J.; KRINGEL, D. H.; COLUSSI, R.; PAIVA, F. F.; ARANHA, B. C.; MIRANDA, M. Z.; ZAVAREZZE, E. R.; DIAS, A. R. G. Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. **LWT – Food Science and Technology**, v. 90, p. 483,490, 2018.

BASTIDA, J. A. G.; PISKULA, M.; ZIELINSKI, H. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. **Trends in Food Science & Technology**, v.44, p. 58-65, 2015.

BATISTA, C. S.; SANTOS, J. P.; DITTGEN, C. L.; COLUSSI, R.; BASSINELLO, P. Z.; ELIAS, M. C.; VANIER, N. L. Impact of cooking temperature on the quality of quick cooking brown rice. **Food Chemistry**, v. 286, p. 98-105, 2019.

BERTOFT, E.; LAOHAPHATANALERT, K.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIOTH, K. The fine structure of cassava starch amylopectin. Part 2: building block structure of clusters.

International journal of biological macromolecules, v. 47, n. 3, p. 325–35, 1 out. 2010.

BESBES, E.; JURY, V.; MONTEAU, J.Y.; BAIL, A.L. Water vapor transport properties during staling of bread crumb and crust as affected by heating rate. **Food Research International**, v. 50, p. 10-19, 2013.

BIENVENIDO, Juliano. Rice in human nutrition. FAO - **Food and Nutrition Series**. Nº 26. Roma, 1993. 162 p.

BOURNE, M.C.A. Classification of objective methods for measuring texture and consistency of foods. **Journal Food Science**, v.31, p.1011-1022, 1978.

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.

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

CÁCERES, P. J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; AMIGO, L.; FRIAS, J. Maximising the phytochemical content and antioxidant activity of Ecuadorian brown rice sprouts through optimal germination conditions. **Food Chemistry**, v. 152, p. 407–414, 2014.

CAPRILES, V.D.; ARÊAS, J.A.G. Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between food science, nutrition, and health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** v. 13, p. 871–890, 2014.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2021. Acompanhamento da safra de grãos Brasileira – 3º levantamento, março de 2021.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2016. Acompanhamento da safra de grãos Brasileira – 10º levantamento, julho de 2015.

CHAROENTHAIKIJ, P.; JANGCHUD, K.; JANGCHUD, A.; PIYACHOMKWAN, K.; TUNGTRAKUL, P.; PRINYAWIWATKUL, W. Germination conditions affect physicochemical properties of germinated brown rice flour, **Journal of Food Science**, v. 74, p. C658-C665, 2009.

CHAROENTHAIKIJ, P.; JANGCHUD, K.; JANGCHUD, A.; PRINYAWIWATKUL, W.; NO, H. K. Composite wheat–germinated brown rice flours: selected physicochemical properties and bread application. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 75-82, 2012.

CHAROENTHAIKIJ, P.; JANGCHUD, K.; JANGCHUD, A.; PIYACHOMKWAN, W.; TUNGTRAKUL, P.; Germination Conditions Affect Selected Quality of Composite

WheatGerminated Brown Rice Flour and Bread Formulations. **Journal of Food Science**, v. 75, p. S312-S318, 2010.

CHUNG, H.J.; CHO, A.; LIM, S.T. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. **LWT – Food Science and Technology**, v. 57, p. 260-266, 2014.

CHUNG, H. J.; SHIN, D. H.; LIM S. T. In vitro starch digestibility and estimated glycemic index of chemically modified corn starches. **Food Research International**, v. 41, p. 79–58, 2008.

CHINMA, C.E; ANUONYE, J.C.; SIMON, O.C; OHIARE, R.O & DANBABA, N. Effect of germination on the physicochemical and antioxidant characteristics of rice flour from three rice varieties from Nigeria. **Food Chemistry**, v. 185, p. 454–458, 2015.

CORNEJO, F. & ROSSEL, C. M. Influence of the germination time of brown rice in relation to the quality of flour and gluten-free Bread. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 6591-6598, 2015.

CORNEJO, F.; CÁCERES, P.J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; ROSELL, C.M.; FRIAS, J. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. **Food Chemistry**, v. 173, p. 298–304, 2015.

COLLAR, C. Barley, Maize, Sorghum, Millet and Other Cereal Grains. In: Y.H. HUI (Ed.). **Bakery Products: Science and technology**. Ames, USA: Blackwell Publishing, 2014.

CURTI, E; CARINI, E; TRIBUZIO, G; VITTADINI, E. Bread staling: Effect of gluten on physic-chemical properties and molecular mobility. **LWT- Food Science and Technology**, v.59, p. 418-425, 2014.

CORREA, M. J. (2012) **Efecto de celulosas modificadas y pectinas sobre la microestructura y atributos de la calidad de la masa panaria**. Tesis (Doctoral en Ciencias Exactas), Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

DANGIN, M.; BOIRIE, Y.; GARCIA-RODENAS, C.; GACHON, P.; FAUQUANT, J.; CALLIER, P.; BELLÈVRE, O.; BEAUFRÈRE, B. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 280, p. 340-348, 2001.

DARTOIS, A.; SINGH, J.; KAUR, L.; SINGH, H. Influence of Guar Gum on the In Vitro Starch Digestibility - Rheological and Microstructural Characteristics. **Food Biophysics**, v. 5, p. 149-160, 2010.

DIAS, A.R.G.; ZAVAREZE, E.R.; COLUSSI, R.; HALAL, S.L.M.E.; **Ciência e Tecnologia de Panificação**. Pelotas: UFPel, 2019. 324p.

DEMIRKESEN, I; CAMPANELLA, O.H; SUMNU, G; SAHIN, S; HAMAKER, B.R. A study on staling characteristics of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flours. **Food Bioprocess Technology**, p.806-820, 2013.

DING, J.; ULANOV, A. V.; DONG, M.; YANG, T.; NEMZER, B. V.; XIONG, S.; ZHAO, S.; FENG, H. Enhancement of gamma-aminobutyric acid (GABA) and other health-related metabolites in germinated red rice (*Oryza sativa* L.) by ultrasonication. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 40, p. 791–797, 2018.

ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. **Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil**, v.1, p.229-240, 2006.

EL-KHOURY, D.; BALFOUR-DUCHARME, S. & JOYE, I. J. A Review on the Gluten-Free Diet: Technological and Nutritional Challenges. **Nutrients**, v.10, p. 141-150, 2018.

EI-DESOUKY, A.; PULIDO, F. & MESSIAS, F. J. The role of packaging and presentation format in consumers' preferences for food: An application of projective techniques. **Journal of Sensory Studies**, v. 30, p. 360-369, 2015.

EL-KHALIFA, A. E. O.; BERNHARDT, R. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour, **Food Chemistry**, v. 131, p. 387-392, 2010.

EL-HISSEWY, A. A.; RIZK, L. F.; ELRAHMAN, S. N. A. Effect of some storage conditions on cooking and eating quality of rice grains. Egypt. **Journal of Agricultural Research**, v. 80, p. 1645-1655, 2002.

FERNANDES, I. C. X. (2019) **Desenvolvimento de pães sem glúten enriquecidos com *Tetraselmis chuii***. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade de Lisboa, Lisboa.

FRANCO, V. A.; SILVA, F. A.; MIRANDA, B. M.; PÁDUA, D. R. L. Propriedades reológicas e composição proximal da farinha de arroz e farinha de batata-doce, **Científic@ Multidisciplinary Journal**, v. 5, p. 113-124, 2018.

FINNIE, S.; BROVELLI, V.; NELSON, D. Sprouted grains as a food ingredient. **Sprouted Grains**, p. 113–142, 2019.

GEORGE, D. & MALLERY, P. **SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update** (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon, 2003.

GONZALES-BARRÓN, U.; BUTLER, F. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 74, p. 268-278, 2006.

GOESAERT, H.; GEBRUERS, K.; COURTIN, C. M.; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. **Enzymes in baking**. In: YH Hui, Ed. Bakery products: science and technology. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, p. 337-64, 2006.

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

GUERRERO, L.; CLARET, A.; VERBEKE, W.; ENDERLI, G.; ZAKOWSKA-BIEMANS, S.; VANHONACKER, F.; HERSLETH, M. Perception of traditional food products in six

European regions using free word association. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 225–233, 2010.

Haiden, O.; Shuliak, S.; Oleksiienko, I.; Kyivska, G.; Krushelnytska, O. Monitoring of gluten in dairy products. **Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies**, v. 22, p. 8-12, 2021.

Hair, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. **Análise multivariada de dados**. A. S. Sant'Anna & A. C. Neto (Trad.). Porto Alegre: Bookman, 2005.

Hallen, E.; Ibanoglu, S.; Ainsworth, P. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. **Journal Food Engineering**, v. 63, p. 177-184, 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**, v. 32, p. 195-203, 2013.

Heinemann, R.J.B.; Fagundes, P.L.; Pinto, E.A.; Penteado, M.V.C.; Lanfer-Marquez, U.M.; Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.287-296, 2005.

Hongyu, K. Análise Fatorial Exploratória: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 7, p. 88-98, 2018.

Hunkg, P.V.; Maeda, T.; Yanamoto, S.; Morita, N. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 92, p. 667-672, 2012.

Hsu, H. W. et al. Multienzyme technique for estimating protein digestibility. **Journal Food Science**, v. 42, p. 1269- 1273, 1977.

ITO, S. & ISHIKAWA, Y. **Comercialização de produtos de arroz com valor agregado no Japão: arroz integral germinado e pão de arroz**. In: FAO Rice Conference, 2004. Disponível em: < <http://www.hatsuga.com/DOMER/english/en/GBRRB.html> >.

Júnior, M.; Bassinello, P.; Caliari, M.; Gebin, P.F.C.; Junqueira, T.L.; Almeida, V. Quality of breads with toasted rice bran, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 636-641, 2009.

Karladee, D.; Suriyong, S. γ -Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination. **Science Asia**, v. 38, p. 13-17, 2012.

Kaukovirta-Norja, A.; Wilhelmsson, A.; Poutanen, K. Germination: A means to improve the functionality of oat, **Agricultural and Food Science**, v. 13, p. 100-112, 2004.

KAUR, N. & SINGH, P. D. Deciphering the consumer behavior facets of functional foods: A literature review, **Appetite**, v. 112, p. 167-187, 2017.

KHWANCHAI, P.; CHINPRAHAST, N.; PICHYANGKURA, R. Gamma-aminobutyric acid and glutamic acid contents, and the GAD activity in germinated brown rice (*Oryza sativa* L.): Effect of rice cultivars. **Food Science and Biotechnology**, v. 23, p. 373–379, 2014.

KIM, K.H.; KIM, J.H.; HWANG, I.G.; KIM, Y.; JEONG, H.S.; KIM, K.J.; LEE, Y.R.; WOO, K.S., Changes in the Chemical and Functional Components of Korean Rough Rice Before and After Germination. **Food Science and Biotechnonology**, v. 16, p. 1006-1010, 2007.

KRINGEL, D. H.; FILIPINI, G. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Influence of phosphorylated rice flour on the quality of gluten-free Bread. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, p. 1291-1298, 2017.

KUO, Y.H.; ROZAN, P.; LAMBEIN, F.; FRIAS, J.; VALVERDE, C.P. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes, **Food Chemistry**, v. 86, p. 537-545, 2014.

LORENZO-SEVA, U. & FERRANDO, P. J. Factor 9.2: A Comprehensive Program for Fitting Exploratory and Semiconfirmatory Factor Analysis and IRT Models. **Applied Psychological Measurement**, v. 37, p. 497-498, 2013.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Influência de parâmetros de extrusão na absorção e solubilidade em água de farinhas pré-cozidas de mandioca e caseína. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, p. 223-229, 2009.

LUO, S.; YAN, X.; FU, Y.; PANG, M.; CHEN, R., LIU, Y.; CHEN, J.; LIU, C. The quality of gluten-free bread made of brown rice flour prepared by low temperature impact mill, **Food Chemistry**, v. 348, 2021.

MCCARTHY, D. F.; GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; SCHOBBER, T. J.; ARENDT, E. K. Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread, **Cereal Chemistry**, v. 85, p. 609-615, 2005.

MAKINEN, O. E. & ARENDT, E. K. Nonbrewing Applications of malted cereals, pseudocereales and legumes: a review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 73, p. 223-227, 2015.

MARCO, C. & ROSELL, C. M. Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p.132–139, 2008.

MATOS, M.E; ROSSELL, C.M. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 66, p. 224–230, 2011.

MATOS, M.E; ROSSELL, C.M. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. **European Food Research and Technology**, v. 235, p. 107-117, 2012.

MOHAMMADI, M.; SADEGHNIA, N.; AZIZI, M.H.; NEYESTANI, T.R.; MORTAZAVIAN, A.M. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, p. 1812-1818, 2014.

MOONGNGARM, A. Influence of germination conditions on starch, physicochemical properties, and microscopic structure of rice flour. **International Conference on Biology, Environment and Chemistry**, v. 1, p. 78–82, 2011.

MOONGNGARM, A. & SAETUNG, N. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. **Food Chemistry**, v. 122, p. 782-788, 2010.

MOONGNGARM, A.; DAOMUKDA, N.; SAOWAROSE KHUMPIKA, S. Chemical composition, phytochemical and antioxidant capacity of rice bran, rice bran layer, and rice germ. **APCBEE Procedia**, v. 2, p. 73-79, 2012.

MURALIKRISHNA, M. & NIRMALA, G. Cereal alpha-amylases – An overview, **Carbohydrate Polymers**, v. 60, p. 163-173, 2005.

MCKIE, V.A.; MCCLEARY, B.V. A rapid, automated method for measuring α -amylase in pre-harvest sprouted (sprout damaged) wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 64, p. 70–75, 2015.

NASCIMENTO, L. A.; ÁVILA, B. P.; COLUSSI, R.; ELIAS, M. C. E. Effect of abiotic stress on bioactive compound production in germinated brown Rice. **Cereal Chemistry**, v. 97, p. 868-876, 2020.

NEVES, N. A.; GOMES, P. T. G.; CARMO, E. M. R.; SILVA, B. S.; AMARAL, T. N.; SCHMIELE, M. Sourdough and jaborcaba (*Plinia cauliflora*) for improvement on pan bread characteristics, **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

NG, L-T.; HUANG, S-H.; CHEN, Y-T.; SU, C-H. Changes of Tocopherols, Tocotrienols, γ -Oryzanol, and γ -Aminobutyric Acid Levels in the Germinated Brown Rice of Pigmented and Nonpigmented Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 12604-12611, 2013.

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

ONYONGO, B. O.; PALAPALA, V. A.; ARAMA, P. F.; WAGAI, S. O.; GICHIMU, B. M. Suitability of Selected Supplemented Substrates for Cultivation of Kenyan Native Wood Ear Mushrooms (*Auricularia auricula*), **American Journal of Food Technology**, v. 6, p. 395-403, 2011.

PANG, Y.; AHMED, S.; XU, Y.; BETA, T.; ZHU, Z.; SHAO, Y.; BAO J. Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. **Food Chemistry**, v. 240, p. 212-221, 2018.

PAIVA, J. C. M. (2011) **Efeito de diferentes linhagens e tempo de polimento nas características físico-químicas e tecnológicas de arroz vermelho**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiás.

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

PI-SUNYER, F. X. Glycemic index and disease, **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, p 290-298, 2002.

PROENÇA, R. Qual a importância do consumo frequente de café da manhã para a saúde? **Revista de Nutrição**, v. 23, p.859-869, 2010.

RAYKOV, T. & MARCOULIDES, G. A. **An introduction to applied multivariate analysis**. New York. Routledge, 2012.

RATHJEN, J.; STROUNINA, E.; MARES, D. Water movement into dormant and non-dormant wheat (*Triticum aestivum* L.) grain. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 1619-1631, 2009.

RAO, P. S. Studies on the nature of carbohydrate moiety in high yield of arroz. **Journal of nutrition**, v. 101, p. 879-884, 1970.

ROJAS-RIVAS, E.; ESPINOZA-ORTEGA, A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, C. G.; MOCTEZUMA-PÉREZ, S.; THOMÉ-ORTIZ, H. Exploring the perception of Mexican urban consumers toward functional foods using the Free Word Association technique. **Journal of Sensory Studies**, v. 33, p. n. 5, 2018.

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

ROSA, P.; ÁVILA, B.; COSTA, P.; FLUCK, A.; SCHEIBLER, R.; FERREIRA, O.; GULARTE, M. Analysis of the perception and behavior of consumers regarding capybara meat by means of exploratory methods. **Meat Science**, v.152, p. 81-87, 2019.

ROSALES-JUÁREZ, M.; GONZÁLEZ-MENDONZA, B.; LÓPEZ-GUEL, E.; LOZANOBAUTISTA, F.; CHANONA-PÉREZ, J.; GUTIÉRREZ-LOPES, G.; FARRERA-REBOLLO, R.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G. Changes on dough rheological characteristics and Bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour. **Food and Bioprocess Technology**, v. 1, p. 152-160, 2008.

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

ROSELL, C.M.; BRITES, C.M.; PÉREZ, E.; GULARTE, M. In: LEÓN, A.E.; **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en iberoamérica**. Córdoba: Hugo Baéz Editor, 2007.

ROSELL, C.M.; GOMEZ, M. Rice. In: Y.U. HUI (Ed.), **Bakery Products: Science and technology**. Ames, USA: Blackwell Publishing, 2014.

RUTSAERT, P.; REGAN, Á.; PIENIAK, Z.; MCCONNON, Á.; MOSS, A.; WALL, P.; VERBEKE, W. The use of social media in food risk and benefit communication. **Trends in Food Science & Technology**, v. 30, p. 84–91, 2013.

SARAWONG, C.; GUTIÉRREZ, Z. R.; BERGHOFER, E.; SCHOENLECHNER, R. Effect of green plantain flour addition to gluten-free bread on functional bread properties and resistant starch content. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, p. 1824-1833, 2014.

SAGUM, R. & ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, v. 70, p. 107-111, 2000.

SLUMIER, P. **Principles of baking: functionality of raw materials and process steps**. 1ed, Ed: American Assoc. of Cereal Chemists Inc., 2005.

SILVA, V. M.; MINIM, V. P. R.; FERREIRA, M. A. M.; SOUZA, P. H. DE P.; MORAES, L. E. da S.; MINIM, L. A. Study of the perception of consumers in relation to different ice cream concepts. **Food Quality and Preference**, v. 36, p. 161–168, 2014.

SRISANG, N.; VARANYANOND, W.; SOPONRONNARIT, S.; PRACHAYAWARAKORN, S., Effects of heating media and operating conditions on drying kinetics and quality of germinated brown rice. **Journal of Food Engineering**, v. 107, p. 385-392, 2011.

SINGH, N.; SINGH, H.; KAUR, K.; BAKSHI, M.S. Relationship between the degree of milling, ash distribution pattern and conductivity in brown rice. **Food Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 147-151, 2000.

SOON, Y. Y.; TAN, S. P.; LEONG, L. P.; HENRY, J. K. Total antioxidant capacity and starch digestibility of muffins baked with rice, wheat, oat, corn and barley flour. **Food Chemistry**, v. 164, p. 462-469, 2014.

SINGH, N.; PAL, N.; MAHAJAN, G.; SINGH, S.; SHEVKANI, K. Rice grain and starch properties: Effects of nitrogen fertilizer application. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 1, p. 219–225, 2011.

TAMURA, M.; SINGH, J.; KAUR, L.; OGAWA, Y. Impact of structural characteristics on starch digestibility of cooked rice. **Food Chemistry**, v. 191, p. 91–97, 2016.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Características físicas, reológicas e sensorial de produtos extrusados de misturas de farinha de maracujá e fécula de mandioca. **Ciência Rural**, v. 43, p.1885-1891, 2013.

WANG, K.; LU, F.; LI, Z.; ZHAO, L.; HAN, C. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: a review. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 1–9, 2017.

WU, F.; YANG, N.; TOURÉ, A.; JIN, Z.; XU, X. Germinated Brown Rice and Its Role in Human Health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, p. 451-463, 2013.

WUNTHUNYARAT, W.; SEO, H. S.; WANG, Y. J. Effects of germination conditions on enzyme activities and starch hydrolysis of long-grain brown rice in relation to flour properties and bread qualities, **Journal of Food Science**, v. 85, p. 349-357, 2020.

WICHAMANEE, Y. & TEERARAT, I. Production of germinated Red Jasmine brown rice and its physicochemical properties, **International Food Research Journal**, v. 19, p. 1649-1654, 2012.

XIA, Q.; WANG, L.; XU, C.; MEI, J.; LI, J. Effects of germination and high hydrostatic pressure processing on mineral elements, amino acids and antioxidants in vitro bioaccessibility, as well as starch digestibility in brown rice (*Oryza sativa* L.). **Food Chemistry**, v. 214, p. 533-542, 2017.

XU, J.; ZHANG, H.; GUO, X.; QIAN, H. The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch. **Journal of the Science and Food Agriculture**, v. 92, p. 380-387, 2012.

ZHAO, S.; DING, J.; XIONG, S. Development of gamma-aminobutyric acid–enriched germinated rice products. **Sprouted Grains**, p. 175–190, 2019.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Composition and functional properties of rice. **International journal of science and Technology**, v. 37, p. 849-868, 2002.