

**Produção e caracterização de pão de forma glúten-free, formulado com farinha de arroz preto, inulina e enzima transglutaminase microbiana****Production and characterization of the gluten-free form formulated with black rice flour, inulin and microbial transglutaminase enzyme**

DOI:10.34117/bjdv5n10-128

Recebimento dos originais: 20/09/2019

Aceitação para publicação: 10/10/2019

**Denise Dantas de Oliveira Alencar**

Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais – UFCG

E-mail: denisedantas.d@gmail.com

**Henrique Valentim Moura**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UFCG

E-mail: valentim\_henrique@hotmail.com

**Hanndson Araújo Silva**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – UFCG

E-mail: hanndson@gmail.com

**Rebeca Morais Silva Santos**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – UFCG

E-mail: rebecamoraiscg@gmail.com

**Nayara Jessica da Silva Ramos**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – UFCG

E-mail: nayara.jessica03@gmail.com

**Thaís Abrantes Souza Gusmão**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – UFCG

E-mail: ta\_brantes@hotmail.com

**Rennan Pereira de Gusmão**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – UFCG

E-mail: rennangusmao@gmail.com

**RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver pão de forma livre de glúten, visando a ampliação do uso da farinha de arroz preto com a substituição total da farinha de trigo na formulação desse produto, bem como avaliar os parâmetros físicos e físico-químicos das formulações desenvolvidas. Foi utilizado um planejamento fatorial  $2^2$ , com 4 pontos fatoriais e 3 pontos centrais, totalizando 7 experimentos, cujas variáveis independentes foram: teor de enzima transglutaminase microbiana (1,0 a 1,5%) e tempo de fermentação (60 a 100 min), e as variáveis respostas foram: volume específico, acidez, pH, perfil de textura, teor de água, atividade de água e cor. As duas melhores formulações de pães foram caracterizadas com relação a lipídeos, cinzas, açúcares redutores, açúcares totais e composição mineral. As respostas firmeza e acidez geraram modelos significativos. As melhores

formulações foram a F2 e F5, com maior teor de enzima e menor tempo de fermentação. A adição da enzima transglutaminase microbiana contribuiu para a diminuição da firmeza dos pães, enquanto que o tempo de fermentação elevado ocasionou no aumento da acidez. Os pães desenvolvidos na pesquisa apresentaram perfil físico químico e nutricional adequados para comercialização e valores próximos a produtos semelhantes encontrados no mercado.

**Palavras-chave:** panificação, planejamento fatorial, desenvolvimento de novos produtos.

## ABSTRACT

The present work aimed to develop gluten-free bread to expand the use of black rice flour with the complete replacement of wheat flour in the formulation of this product, as well as to evaluate the physical and physical-chemical parameters of the formulations developed. . A 2<sup>2</sup> factorial design was used, with 4 factorial points and 3 central points, totaling 7 experiments, whose independent variables were: microbial transglutaminase enzyme content (1.0 to 1.5%) and fermentation time (60 to 100 min) , and the response variables were: specific volume, acidity, pH, texture profile, water content, water activity and color. The two best bread formulations were characterized in relation to lipids, ashes, reducing sugars, total sugars and mineral composition. The firmness and acidity responses generated significant models. The best formulations were F2 and F5, with higher enzyme content and shorter fermentation time. The addition of the microbial transglutaminase enzyme contributed to the decrease of bread firmness, while the high fermentation time caused the acidity increase. The breads developed in the research presented adequate chemical and nutritional physical profile for commercialization and values close to similar products found in the market.

**Keywords:** bakery, factorial planning, new product development.

## 1. INTRODUÇÃO

A incidência de disfunções desencadeadas pelo consumo de glúten vem apresentando um aumento considerável, tais disfunções podem ocorrer de diferentes formas, seja através da doença celíaca propriamente dita, que consiste em uma enteropatia imunomediada induzida pelo glúten; ou pela sensibilidade ao glúten não celíaca, a qual provoca os mesmos sintomas relacionados ao consumo de alimentos que contenham glúten, em indivíduos que não possuem a doença celíaca ou alergia ao trigo (LEONARD et al., 2017). Com isso, há também um crescente interesse da população por uma dieta livre de glúten, o que impulsiona a indústria de alimentos a desenvolver novos produtos que possam ser inseridos nesta categoria, de modo a atender as necessidades dos consumidores e oferecer-lhes uma maior diversidade de alimentos para consumo.

Inúmeras pesquisas relacionadas a produtos glúten-free foram realizadas com o objetivo de alcançar um equilíbrio entre suas propriedades tecnológicas e seu valor nutricional, pois ainda que tais produtos já existam disponíveis no mercado para consumo, há uma insatisfação da maioria do público relacionada à sua qualidade (CALLE; BENAVENT-GIL; ROSELL, 2020). Pães isentos de glúten têm como ingredientes básicos farinhas de arroz, mandioca, milho, soja, e fécula de batata. Matérias-primas ricas em amido, apesar de apresentarem boa qualidade tecnológica, promovem alimentos de baixa qualidade nutricional. Assim, como alternativas para aprimorar este aspecto, as

pesquisas têm sugerido a utilização de outros cereais com o intuito de aperfeiçoar a aparência global, as propriedades sensoriais, tecnológicas e de shelf-life de pães isentos de glúten.

O arroz preto, pertencente à espécie *Oryza sativa L.*, destaca-se entre as variedades de arroz pigmentado por apresentar boas características sensoriais e elevado valor nutricional, seus conteúdos de aminoácidos, ácidos orgânicos, ésteres metílicos de ácidos graxos, ácidos graxos livres são mais elevados, e por ser livre de glúten, torna-se uma excelente matéria-prima para o desenvolvimento de produtos para pacientes com doença celíaca ou sensibilidade ao glúten (ITO; LACERDA, 2019).

As fibras alimentares solúveis, são originadas de alimentos de origem vegetal e veem sendo introduzidas na elaboração de diferentes produtos alimentícios, como o enriquecimento de pães. Além de apresentar potencial tecnológico no desenvolvimento de novos produtos, o seu consumo em quantidades adequadas está relacionado com a prevenção de doenças não transmissíveis (MORREALE; BENAVENT-GIL; ROSELL, 2019). A inulina tem função prebiótica por promover a manutenção de microrganismos benéficos e inibir o desenvolvimento de microrganismos prejudiciais ao trato intestinal. Pode ainda ser utilizada no melhoramento da qualidade de produtos com baixo teor de gordura, bebidas, farinha e produtos à base de carne, com excelente influência nas propriedades de retenção de água, textura de geleificação e propriedades reológicas (KOU et al., 2019).

O emprego da transglutaminase é amplamente utilizado no aperfeiçoamento da qualidade de produtos de panificação sem glúten, pois tem a capacidade de aumentar a elasticidade da massa devido à formação de uma rede de proteínas, sendo capaz de promover também o melhoramento dos atributos sensoriais (KUMAR et al., 2019).

A utilização da farinha de arroz preto na elaboração de pão, com adição de inulina e enzima transglutaminase microbiana, é de grande relevância para a indústria de alimentos, pois através da incorporação dessas matérias-primas na formulação existe um grande potencial para se desenvolver um produto livre de glúten com excelentes propriedades nutricionais, físicas e sensoriais.

Diante o exposto, a presente pesquisa teve como objetivo a produção e a caracterização de pão de forma glúten-free, formulado com farinha de arroz preto, inulina e enzima transglutaminase microbiana.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização dos ensaios experimentais foi utilizado o arroz preto, obtido na cidade de Campina Grande-PB, com teor de água inicial de aproximadamente 12% em base úmida, sendo submetido à moagem em moinhos de facas, em processo de batelada de 50g. Após moagem, a farinha

de arroz preto foi acondicionada em embalagens herméticas de polietileno, mantidas em temperatura ambiente de  $25^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$  para posterior utilização na formulação do pão de forma.

## 2.1 PRODUÇÃO DO PÃO DE FORMA

Os pães foram produzidos seguindo formulação base da Tabela 1, variando os teores de transglutaminase microbiana e tempo de fermentação, de acordo com a matriz do planejamento experimental fatorial completo  $2^2$  com 3 experimentos no ponto central, sendo as variáveis independentes (teor de transglutaminase microbiana, tempo de fermentação), avaliadas em dois níveis (-1 e +1), totalizando 7 experimentos de acordo com a Tabela 2. As variáveis dependentes do planejamento foram: volume específico, acidez, pH, perfil de textura, teor de água, atividade de água e cor.

Tabela 1. Formulação base para a produção de pão de forma

<b>Ingredientes</b>	<b>(% base de farinha)</b>
Farinha de arroz preto**	100
Açúcar	5
Sal	3
Fermento	3
Melhorador	1
Óleo de soja	3
Pectina cítrica	1
Transglutaminase microbiana	***
Água	60

\* Em relação ao total de farinha de arroz preto

\*\*\* Será variado de acordo com o planejamento experimental

Tabela 2 - Planejamento fatorial completo  $2^2$  com 3 pontos centrais para o desenvolvimento dos pães.

<b>Experimento</b>	<b>Teor de transglutaminase microbiana (%)</b>	<b>Tempo de fermentação (min)</b>
<b>1</b>	1,0 (-1)	60 (-1)
<b>2</b>	2,0 (+1)	60 (-1)
<b>3</b>	1,0 (-1)	100 (+1)
<b>4</b>	2,0 (+1)	100 (+1)
<b>5</b>	1,5 (0)	80 (0)
<b>6</b>	1,5 (0)	80 (0)
<b>7</b>	1,5 (0)	80 (0)

**2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES**

As amostras de cada experimento do planejamento foram analisadas no dia seguinte ao processamento, sendo caracterizadas pelas análises apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Metodologia para caracterização dos pães.

<b>Caracterização</b>	<b>Metodologia</b>
Cor	ALTAMIRANO-FORTOUL, ROSELL (2011)
Perfil de Textura	(CARR; TADINI, 2003)
Volume Específico	(AACC, 2010)
pH e Acidez	(ROBERT et al., 2006)
Teor de água	(IAL, 2008)
Atividade de Água	(BRASIL, 2005)

**2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

As determinações: cinzas, lipídeos, teor de açúcares redutores, totais e composição mineral foram realizadas segundo metodologias descritas na Tabela 4 em triplicata, nas duas melhores formulações de pão de forma.

Tabela 4- Metodologias para caracterização físico-química.

<b>Caracterização</b>	<b>Metodologia</b>
Cinzas, açúcares redutores e totais	IAL, BRASIL (2008)
Lipídeos	BLIGH E DYER (1959)

**2.4 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERAL**

Os minerais foram quantificados por fluorescência de raios-X por energia dispersiva, a partir das cinzas obtidas. O espectrômetro de fluorescência de raios X utilizado será o modelo EDX-720, fabricante Shimadzu.

**2.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS**

Os resultados da caracterização físico-química e determinação dos minerais foram avaliados por meio do desvio-padrão e análise de variância entre as repetições. Foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), para a análise comparativa das médias pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, através do software Assistat, versão 7.7.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 encontram-se os resultados do planejamento experimental utilizado para produção dos pães.

Tabela 5. Parâmetros de qualidade analisados nos pães formulados mediante planejamento experimental.

Amostr as	Teor de água( %)	Volum e específi co (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	L*	a*	b*	pH	Acidez (%)	aw	Firmeza (N)
F1	31,15± 0,01	0,85±0,05	32,65± 0,48	9,45±0, 35	4,85±0, 50	6,23±0, 02	5,31±0, 15	0,95±0, 06	69,81± 0,15
F2	29,14±0, 07	1,61±0,0 4	29,70± 0,10	9,27±0, 3	5,18±0, 55	6,33±0, 08	4,46±0, 36	0,94±0, 03	46,50± 0,11
F3	31,13± 0,08	1,18±0,06	35,40± 0,20	7,42	5,59±0, 38	6,12±0, 05	8,05±0, 09	0,95±0, 01	52,50± 0,23
F4	30,59± 0,07	1,68±0,03	46,08± 0,36	8,32±0, 6	7,90±0, 47	6,16±0, 09	6,36±0, 22	0,95±0, 08	60,73± 0,26
F5	31,22± 0,04	1,89±0,08	29,15± 0,09	6,52±0, 45	3,48±0, 49	6,31±0, 05	5,73±0, 20	0,94±0, 01	56,68± 0,32
F6	31,23± 0,04	1,85±0,03	29,17± 0,20	6,57±0, 40	3,50±0, 54	6,38±0, 03	5,31±0, 18	0,94±0, 02	56,73± 0,19
F7	31,25± 0,07	1,87±0,06	29,20± 0,50	6,59±0, 50	3,52±0, 40	6,30±0, 08	5,51±0, 15	0,94±0, 04	56,81± 0,21

De acordo com os cálculos realizados através da análise de variância (ANOVA) para a avaliação dos efeitos das variáveis independentes sobre as respostas estudadas, para os parâmetros teor de água, aw, volume específico, cor e pH, não foi possível estabelecer modelos significativos, ou seja, o modelo avaliado não se ajustou aos dados experimentais, indicando que, apesar das variações do teor de enzima e tempo de fermentação, não houvera influência nos parâmetros analisados, obtendo-se um produto uniforme para os tratamentos estudados.

## 3.1 ACIDEZ

De acordo com a Tabela 6 o R<sup>2</sup> igual a 0,93, evidencia que o modelo explicou 93,00% da variação em torno da média pela regressão dos dados experimentais obtidos para acidez e indica que o modelo está bem ajustado aos dados, devido ao R<sup>2</sup> próximo de 1.

Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) para o modelo linear diante da acidez das amostras.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	de Média Quadrática	Teste F
Regressão	7,17	3	2,39	12,65
Resíduo	0,57	3	0,19	-
Falta de Ajuste	0,48	1	-	-
Erro Puro	0,09	2	-	-
Total	7,74	6	-	-
R <sup>2</sup>	0,93	-	-	-
F <sub>tab</sub>	-	-	-	9,28

O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado), sendo assim, o modelo ajustado para a acidez no processo de produção dos pães foi considerado preditivo.

A Figura 2 mostra a superfície de resposta gerada através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios do tempo de fermentação e teor de transglutaminase microbiana.

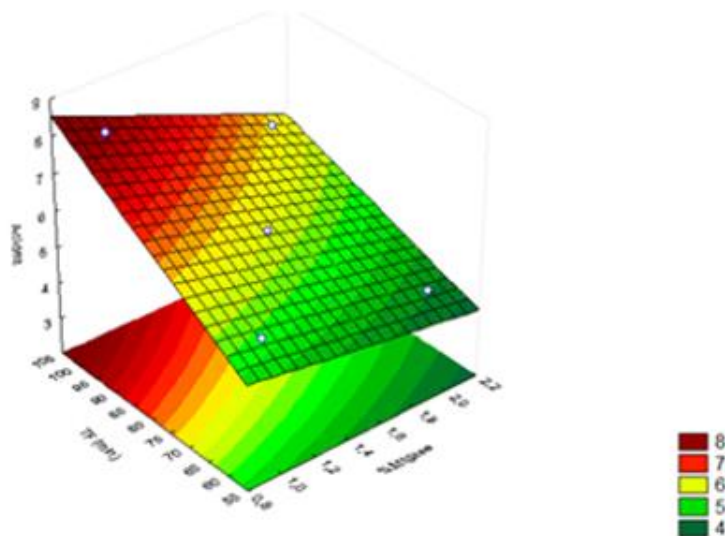


Figura 2. Superfície de resposta para o parâmetro acidez

De acordo com a superfície de resposta gerada pode ser observado que um aumento no teor da enzima transglutaminase proporcionou uma redução na acidez do produto, enquanto para o tempo de fermentação pode ser visto um efeito positivo, no qual o aumento no tempo de fermentação gerou uma elevação na acidez.

Avaliando o diagrama de pareto (Figura 3), percebe-se que a variável com maior influência sobre a acidez foi o tempo de fermentação, mostrando um efeito diretamente proporcional (sinal

positivo) à resposta avaliada, ou seja formulações que foram elaboradas com o maior tempo de fermentação geraram amostras de pães com maior acidez, pois quanto maior o tempo de fermentação maior será a produção de ácido durante esse processo. Em um estudo sobre a elaboração de pão prébiótico sem glúten com farinha de arroz vermelho e diferentes concentrações de transglutaminase microbiana. Gusmão et al. (2019) observaram que o tempo de fermentação teve um efeito significativo diretamente proporcional à acidez, ou seja, com o aumento do tempo de fermentação foi obtida maior acidez nos pães, corroborando com a tendência observada no presente trabalho.

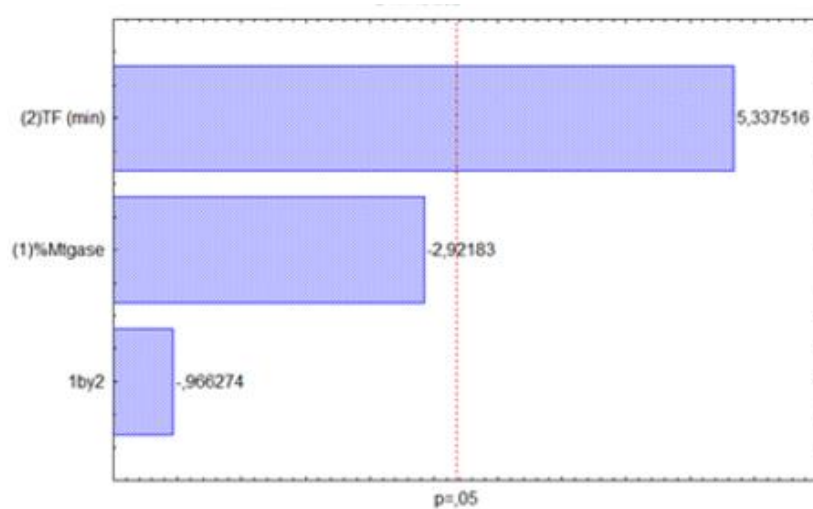


Figura 3. Diagrama de pareto para acidez

### 3.2 FIRMEZA

Para a variável de resposta firmeza foi possível estabelecer modelos significativos. Os dados encontrados variaram de 46,50 a 69,81N. A análise de variância (ANOVA) de regressão foi realizada e está disposta na Tabela 7.

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para o modelo linear diante da firmeza das amostras.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	308,13	3	102,71	378,23
Resíduo	0,81	3	0,27	-
Falta de Ajuste	0,81	1	-	-
Erro Puro	0,0005	2	-	-
Total	308,95	6	-	-
R <sup>2</sup>	0,99	-	-	-
F <sub>tab</sub>	-	-	-	9,28



Como se pode observar na Tabela 7, o modelo apresentou regressão significativa em nível de 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado) com  $R^2$  igual a 0,99, evidenciando que o modelo explicou 99% da variação dos dados experimentais.

A Figura 5 mostra baixa dispersão entre os valores preditos e observados, implicando um bom ajuste do modelo obtido aos dados experimentais.

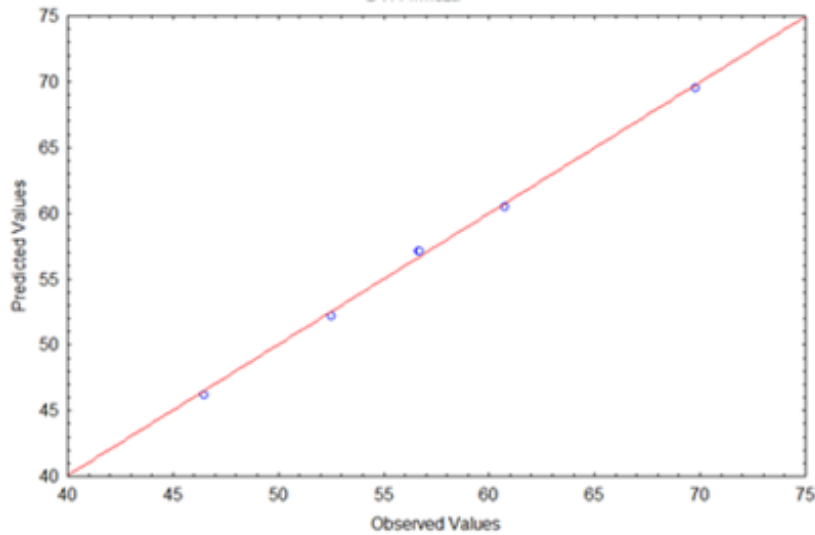


Figura 5. Valores observados e preditos para a variável firmeza.

A Figura 6 representa o gráfico da superfície de resposta com base na variável dependente firmeza.

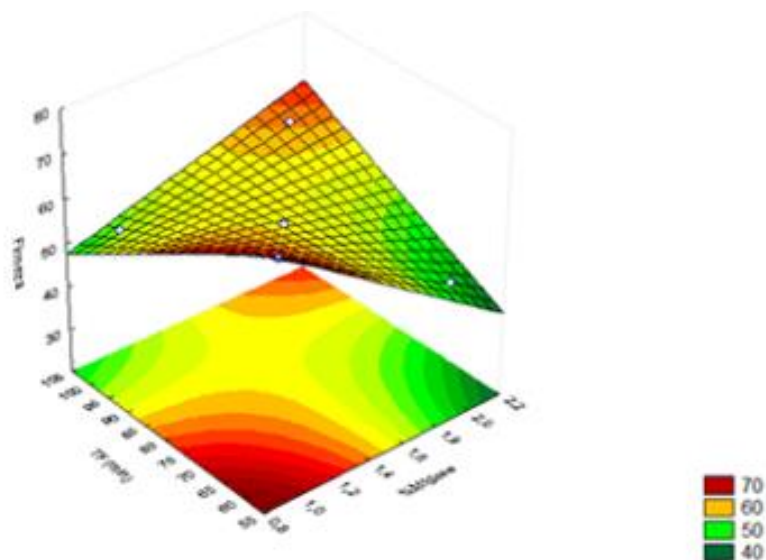


Figura 6. Superfície de resposta para a variável dependente firmeza

Analisando a superfície de resposta tem-se que, aumentando o tempo de fermentação da amostra obtêm-se uma menor firmeza, o que indica que para uma massa mais elástica precisará de

um tempo de fermentação mais longo, o que seria indesejável, pois de acordo com Vidaurre-Ruiz et al. (2019), se o tempo de fermentação for baixo a estrutura da massa sem glúten pode enfraquecer, causando um colapso da massa durante o processo de cozimento.

A variável independente, teor de enzima transglutaminase microbiana, apresentou mesmo comportamento em relação à firmeza, no qual o aumento do teor de enzima proporcionou uma redução na firmeza dos pães. Segundo Mohammadi et al. (2015), a firmeza é desenvolvida pela reticulação das proteínas, com a adição da transglutaminase ocorre o melhoramento da fase e formas da rede de proteínas o que reduz a dureza do miolo após o cozimento, justificando o efeito observado no presente estudo.

A Figura 7 apresenta o gráfico de pareto para o parâmetro firmeza, com nível de 95% de confiança para a estimativa dos efeitos.

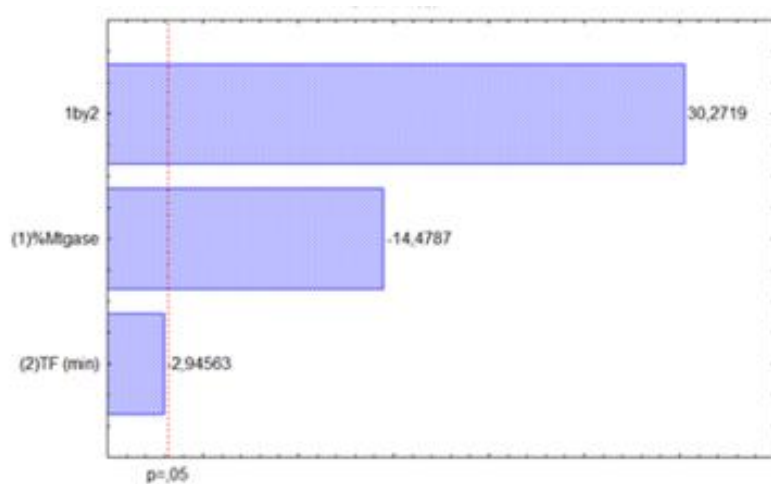


Figura 7. Diagrama de Pareto para firmeza.

Pelo diagrama de pareto, percebe-se que a interação entre o tempo de fermentação e o teor de enzima, foi a variável com maior influência, com efeito positivo. O teor de enzima foi inversamente proporcional a variável firmeza.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

De acordo com os resultados obtidos pelas interações mostradas pelas superfícies de resposta, as duas melhores formulações analisadas foram a F2 e F5, com maior teor de enzima e menor tempo de fermentação. A adição da enzima transglutaminase microbiana contribuiu para a diminuição da firmeza do pão, enquanto que um tempo de fermentação elevado ocasionou o aumento da acidez do

mesmo. Os resultados das análises físico-químicas dos pães encontram-se na Tabela 8, que contém os valores para lipídios, cinzas, açúcares redutores e totais.

Os teores de lipídios obtidos foram superiores aos observados por Matos e Rosse (2013), avaliando pães sem glúten preparados com fécula de batata e farinha de arroz em sua composição, que apresentaram 4,77% de lipídios. Borges et al. (2011) mencionaram que o aumento nos teores de lipídios, em pães, pode ser favorável para a manutenção das características de consumo durante o armazenamento do pão. Uma vez que este componente atua nas paredes das bolhas de gás aumentando sua impermeabilização e resistência à saída de umidade, retardando a retrogradação do amido e envelhecimento do pão, que tornam o miolo mais firme, dando a sensação de produto seco a ser ingerido, portanto teores de lipídeos elevados conferem melhor estabilidade às características físicas do produto.

Tabela 8. Parâmetros físico-químicos dos pães formulados com farinha de arroz preto, inulina e enzima transglutaminase microbiana

<b>Experimento</b>	<b>Lipídios (%)</b>	<b>Cinzas (%)</b>	<b>Açúcares Redutores (%)</b>	<b>Açúcares Totais (%)</b>
<b>F2</b>	6,71	0,82	10,22	15,96
<b>F5</b>	6,52	0,90	11,66	15,75

O conteúdo de cinzas de um alimento expressa o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, quanto a este parâmetro observa-se que há um aumento no conteúdo de minerais à medida que a enzima é adicionada, este resultado também sugere que esse aumento ocorre pelo alto teor de minerais da farinha de arroz preto. Oliveira (2015), encontraram teor de cinzas mais elevado estudando a qualidade de pão de forma sem glúten a base de co-produtos de arroz e soja, com hidrocolóides e ou transglutaminase, sendo de 5,64g/100g demonstrando possuir alto teor de minerais.

Analisando a Tabela 8, percebe-se que os valores encontrados para açúcares redutores foram inferiores aos de açúcares totais nas formulações analisadas, de acordo com Tong et al. (2019) os valores observados podem ser justificados de acordo com o tipo de moagem utilizada na obtenção da farinha, assim como a quantidade de enzima utilizada, além disso a quantidade de microorganismos utilizada é outro fator que pode condicionar este resultado, visto que o tempo de fermentação, o aspecto nutricional e quantidade de açúcares adicionados à formulação têm influencia no comportamento microbiano, resultando na alteração quantitativa dos açúcares. onde pode-se perceber que não apresentaram diferença significativa entre si, mostrando que a variação do tempo de fermentação e teor de transglutaminase microbiana não tiveram influência sobre esse composto.

O conteúdo mineral dos pães analisados é apresentado na Tabela 9, os teores de cálcio, fósforo, potássio, magnésio, ferro e cobre, foram quantificados para as duas melhores formulações do pão de forma.

Tabela 9. Conteúdo mineral do pão de forma.

<b>Exp</b>	<b>Cálcio (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>	<b>Potássio (%)</b>	<b>Magnésio (%)</b>	<b>Ferro (%)</b>	<b>Cobre (%)</b>
<b>F2</b>	60,57	22,82	6,79	4,02	0,97	0,08
<b>F5</b>	66,7	21,24	2,57	5,03	0,97	0,08

Os pães analisados apresentaram um alto teor de cálcio e fósforo, entretanto, foram observados menores teores de ferro e cobre. O conteúdo de fósforo e potássio foram maiores na formulação 2, sendo o oposto para as quantidades de cálcio e magnésio, que apresentaram valores maiores para a formulação 5, apesar dessa tendência observada, não foi possível verificar uma diferença considerável entre as amostras em relação aos micronutrientes analisados. Curiosamente o conteúdo de ferro e cobre, foram iguais para as duas amostras avaliadas, entretanto, de acordo com Rybicka et al. (2017), é importante ressaltar que a quantidade de minerais em uma amostra é resultado de todos os ingredientes adicionados às formulações, desta forma, por haver uma padronização das amostras essa quantidade aproximada destes micronutrientes é relevante, o que nos sugere que ambas as amostras são potencialmente nutritivas.

#### **4. CONCLUSÃO**

Verificou-se neste estudo que os resultados obtidos indicam que a farinha de arroz preto possui boas características para ser utilizada como ingrediente de panificação, apresentando potencial como substituinte da farinha de trigo, além disso, a utilização da enzima transglutaminase proporcionou aos pães estudados uma rede proteica, favorecendo as características viscoelásticas e de firmeza do pão, portanto, os pães formulados com a farinha de arroz preto na presença de enzima transglutaminase e inulina, demonstraram um potencial para a comercialização sob ponto de vista tecnológico e nutricional, mostrando-se uma alternativa para celíacos.

**AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico \_ CNPq, que proporcionou o desenvolvimento do presente, pelo programa PIBIT/CNPq-UFCG. A empresa AJINOMOTO pela doação da enzima transglutaminase microbiana.

**REFERÊNCIAS**

- ALTAMIRANO-FORTOUL, R.; ROSELL, C. M. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. **Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p. 631-636, 2011.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods of Analysis**. AACC, 2010.
- BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.
- BLIGH, E.G.; DYER, W. J. A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.
- CABALLERO, P.A.; BONET, A.; ROSELL, C.M.; GÓMEZ, M. Effect of microbial transglutaminase on the rheological and thermal properties of insect damaged wheat flour. **Journal of Cereal Science**. v.42, p.93-100, 2005.
- CALLE, Jehannara; BENAVENT-GIL, Yaiza; ROSELL, Cristina M. Development of gluten free breads from Colocasia esculenta flour blended with hydrocolloids and enzymes. **Food Hydrocolloids**, v. 98, p.1-7, 2020.
- CARR, L. G.; TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and texture parameters of frozen part baked French bread. **Lebensmittel – Wissenschaft und –Technologie**, v. 36, n. 6, 2003.
- DEWETTINCK, K. et al. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, v. 48, p. 243-257, 2008.
- FIGUEIRA, F. S.; CRIZEL, T. M.; SILVA, C. R.; SALAS-MELLADO, M. M. Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 308-316, 2011. <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT2011140400037>.
- GUSMÃO, T. A. S., DE GUSMÃO, R. P., MOURA, H. V., SILVA, H. A., CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M., & DUARTE, M. E. M. Production of prebiotic gluten-free bread with red rice flour and

different microbial transglutaminase concentrations: modeling, sensory and multivariate data analysis. **Journal of Food Science and Technology**, 2019.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

ITO, Vivian Cristina; LACERDA, Luiz Gustavo. Black rice (*Oryza sativa* L.): A review of its historical aspects, chemical composition, nutritional and functional properties, and applications and processing technologies. **Food Chemistry**, v. 301, p.1-36, dez. 2019.

KOU, X., LUO, D., ZHANG, K., XU, W., LI, X., XU, B., LI, P., HAN, S., LIU, J. Textural and staling characteristics of steamed bread prepared from soft flour added with inulin. **Food Chemistry**, v. 301, dez. 2019.

KUMAR, C. T. M. et al. Effect of incorporation of sodium caseinate, whey protein concentrate and transglutaminase on the properties of depigmented pearl millet based gluten free pasta. **Lwt - Food Science and Technology**, v. 103, p.19-26, abr. 2019.

LEONARD, M. M.; SAPONE, A.; CATASSI, C; FASANO, A. Celiac Disease and Nonceliac Gluten Sensitivity: A Review. **Journal of the American Medical Association**, v. 318, n. 7, p. 647-656, 2017.

MASSARETTO, LL. Estudo comparativo de macronutrientes, compostos bioativos e capacidade antioxidante de arroz preto, preto e selvagem. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MOHAMMADI, M., AZIZI, M.-H., NEYESTANI, T. R., HOSSEINI, H., & MORTAZAVIAN, A. M. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 21, 1398–1402, 2015.

MONTENEGRO, F. M. (2011). Avaliação do desempenho tecnológico de misturas de farinhas de triticale e trigo em produtos de panificação (**Dissertação de mestrado**). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MORREALE, Federico; BENAVENT-GIL, Yaiza; ROSELL, Cristina M. Inulin enrichment of gluten free breads: Interaction between inulin and yeast. **Food Chemistry**, v. 278, p.545-551, abr. 2019.

RYBICKA, I., & GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Minerals in grain gluten-free products. The content of calcium, potassium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc. **Journal of Food Composition and Analysis**, 59, 61–67, 2017.

RIVERA, E.; ASSIRI, A.; GUANDALINI, S. Celiac Disease. **Oral Disease**, v. 19, n. 7, p. 635-641, 2013.

ROBERT, H.; GABRIEL, V.; LEFEBVRE, D.; RABIER, P.; VAYSSIER, Y.; FONTAGNÉ - FAUCHER, C. Study of the *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc* starters during a complete wheat sourdough breadmaking process. **Lebensmittel – Wissenschaft und –Technologie**, v. 39, p. 256- 265, 2006.

SILVESTER, J; DUERKESEN D. Celiac disease. **Canadian Medical Association Journal**, v. 8, p. 185, 2013.

TONG, C.; GAO, H.; LUO, S.; LIU, L.; BAO, J. Impact of postharvest operations on rice grain quality: a review. **Comprehensive Reviews**, v. 18, p. 626-640, 2019.

VIDAURRE-RUIZ, J., MATHEUS-DIAZ, S., SALAS-VALERIO, F., BARRAZA-JAUREGUI, G., SCHOENLECHNER, R. Influence of tara gum and xanthan gum on rheological and textural properties of starch-based gluten-free dough and bread. **Eur Food Res Technol**, 2019.