



## FORTIFICAÇÃO DE ARROZ INTEGRAL COM FERRO ATRAVÉS DO USO DA TECNOLOGIA DE ULTRASSOM

L. C. C. Cañizares<sup>1</sup>, L. A. Rodrigues<sup>2</sup>, S. N. Japee<sup>3</sup>, C. G. Gomes<sup>4</sup>, M. A. Vieira<sup>5</sup> M. De Oliveira<sup>6</sup>

1- Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 9 8454-0772– e-mail: (lazarocccosta@gmail.com)

2- Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil, Telefone: 55 (91) 9 9239-0688– e-mail: (larissaalvesralf@gmail.com)

3- Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil, Telefone: 55 (91) 9 9239-0688– e-mail: (jappesilvia@gmail.com)

4- Programa de Pós-graduação em Química – Universidade Federal de Pelotas – CEP 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil, Telefone: 55 (91) 9 9239-0688– e-mail: (charlieggomesii@gmail.com)

5- Programa de Pós-graduação em Química – Universidade Federal de Pelotas – CEP 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil, Telefone: 55 (91) 9 9239-0688– e-mail: (maryanavieira@hotmail.com)

6- Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP 96160-000 – Capão do Leão – RS – Brasil, Telefone: 55 (53) 9 8144-2370– e-mail: (mauricio@labgraos.com.br)

**RESUMO** – A deficiência de ferro afeta cerca de 40% da população mundial, principalmente devido à baixa ingestão de alimentos ricos nesse mineral. Uma solução é a fortificação de alimentos amplamente consumidos, como o arroz. A tecnologia de ultrassom tem se mostrado promissora, pois promove o fissuramento dos grãos, aumentando a absorção de água, reduzindo o tempo de cocção e facilitando a incorporação de ferro. Este estudo utilizou o ultrassom para produzir arroz fortificado com tempo de cocção reduzido. O tratamento com ultrassom por 10 minutos e 1000 mg/L foi o mais eficaz, aumentando em até 10,6 vezes o teor de ferro e reduzindo o tempo de cocção em 19,19%. Além disso, essa tecnologia não alterou características como dureza e mastigabilidade dos grãos, mantendo a qualidade sensorial do alimento e favorecendo a aceitação pelo consumidor.

**ABSTRACT** – Iron deficiency affects about 40% of the global population, mainly due to the low intake of iron-rich foods. One solution is the fortification of widely consumed foods, such as rice.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Ultrasound technology has shown promise, as it promotes grain fissuring, increases water absorption, reduces cooking time, and facilitates iron incorporation. This study used ultrasound to produce iron-fortified rice with reduced cooking time. The most effective treatment was ultrasound for 10 minutes at 1000 mg/L, which increased iron content by up to 10.6 times and reduced cooking time by 19.19%. Additionally, this technology did not alter grain characteristics such as hardness and chewiness, preserving the sensory quality of the food and supporting consumer acceptance.

**PALAVRAS-CHAVE:** deficiência de ferro; cocção rápida; ultrassom; fortificação.

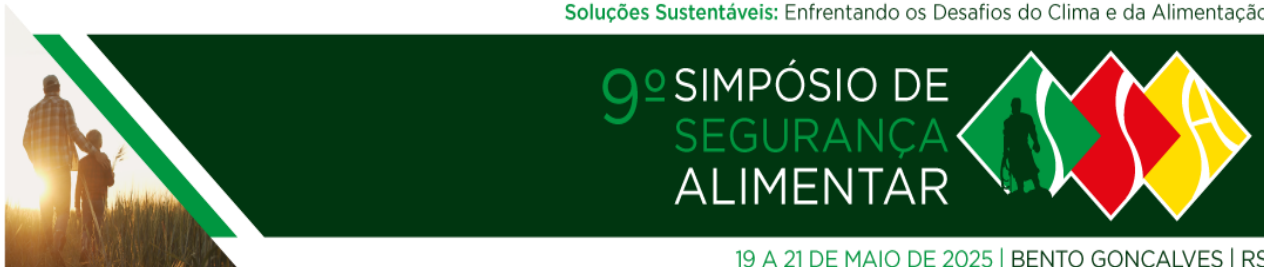
**KEYWORDS:** iron deficiency; rapid cooking; ultrasound; fortification.

## 1. INTRODUÇÃO

A deficiência de ferro é uma das carências nutricionais de maior prevalência em nível mundial, afetando especialmente os países em desenvolvimento. A falta desse mineral pode resultar em enfermidades sistêmicas com múltiplos sintomas (Giugliani et al., 1997). Segundo a OMS (2008), 40% da população mundial apresenta deficiência de ferro. Entre os fatores que agravam a alta carência de nutrientes na população estão a falta de acesso a alimentos nutritivos e o tempo reduzido para o preparo desses alimentos, devido à intensificação das atividades diárias.

Dessa forma, a fortificação de alimentos com ferro torna-se uma alternativa para mitigar esse problema presente tanto na população brasileira quanto mundial. Neste estudo, propõe-se a fortificação com ferro de um dos alimentos mais consumidos no mundo, de fácil acesso e de elevada importância econômica, nutricional e cultural: o arroz. Assim, utilizar esse grão como veículo para o transporte de ferro representa uma estratégia alternativa para reduzir a deficiência desse nutriente essencial à saúde humana.

A tecnologia de ultrassom pode ser utilizada como tratamento prévio em arroz para melhorar a textura, aumentar a absorção de nutrientes e reduzir o tempo de cocção. Essa tecnologia pode gerar pequenas fissuras no endosperma do arroz, sem causar a quebra do grão, resultando em um arroz de cocção rápida. Essas fissuras facilitam a hidratação dos grânulos de amido durante a cocção, reduzindo o tempo necessário (Lang et al., 2022). Da mesma forma, as fissuras no interior dos grãos aumentam a eficiência da fortificação com nutrientes e melhoram a textura dos grãos (Aldrin et al., 2020). Com isso, o objetivo deste estudo é utilizar a tecnologia de ultrassom como tratamento prévio para a fortificação de arroz integral de cocção rápida com ferro, gerando impacto econômico e social.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de arroz cultivados na região de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. Após a colheita, os grãos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da Universidade Federal de Pelotas, onde o experimento foi conduzido. Os grãos de arroz foram descascados e submetidos a banho ultrassônico por diferentes tempos (0, 5, 10 e 15 minutos), sendo posteriormente hidratados com diferentes concentrações de sulfato de ferro (500, 1000 e 1500 mg·L<sup>-1</sup>). Os grãos hidratados foram secos em estufa a 35 °C até atingirem 13% de umidade.

O projeto contou com um controle, que não foi submetido à tecnologia de ultrassom, com o objetivo de analisar a eficiência dos tratamentos na absorção de ferro e na redução do tempo de cocção dos grãos. Após a aplicação dos tratamentos, as amostras foram submetidas às análises de tempo de cocção, capacidade de reidratação, dureza, mastigabilidade dos grãos e concentração de ferro (eficiência da fortificação).

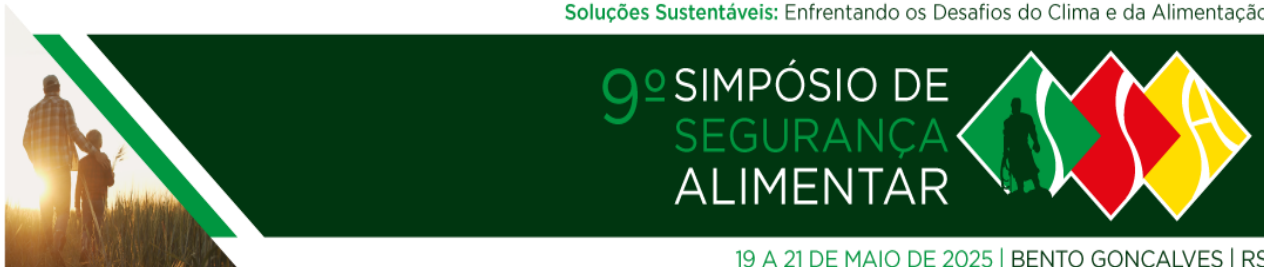
O tempo de cocção, a dureza e a mastigabilidade dos grãos de arroz integral descascado foram determinadas de acordo com o método descrito por Juliano e Bechtel (1985). A capacidade de reidratação dos grãos de arroz integral foi avaliada conforme o método desenvolvido por Cao et al. (2016).

Para a determinação do teor de ferro, as amostras foram moídas e digeridas em um bloco digestor convencional, equipado com sistema de dedo frio com circulação de água. Foram utilizados 1 g de amostra e adicionados 5,0 mL de HNO<sub>3</sub>, sendo então levados ao bloco digestor (3 h a 210 °C). Após a digestão, as amostras foram analisadas em um espectrômetro de absorção atômica modelo AA-6300 (Shimadzu, Japão), com chama ar/acetileno e equipado com lâmpada de arco de deutério como corretor de fundo. Para a quantificação, foi utilizada uma curva de calibração de ferro.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com 95% de confiabilidade. Quando as variáveis independentes (concentração de sulfato ferroso e tempo de ultrassom) apresentaram efeitos significativos, foi realizado o desdobramento em efeitos simples. Os efeitos simples foram avaliados por meio do teste de Tukey, com 95% de confiabilidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 está apresentado os resultados de tempo de cocção e capacidade de reidratação dos grãos de arroz integral.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

**Tabela 1** – Tempo de cocção e capacidade de reidratação dos grãos de arroz integral fortificado.

Sulfato Ferroso (mg/L)	Tempo de ultrassom (min)			
	0	5	10	15
	<i>Tempo de Cocção</i>			
0 (Controle)**	22:40±00:13	-	-	-
500	21:35±00:18aA	20:15±00:16aAB	20:10±00:10aB	18:37±00:30aC
1000	20:10±00:10bA	19:06±00:47aAB	18:10±00:10bB	17:19±00:05aB
1500	19:15±00:16cA	17:52±00:09bB	17:45±00:05bB	17:18±00:13aB
	<i>Capacidade de Reidratação</i>			
0 (Controle)	1,57±0,01	-	-	-
500	1,67±0,02 <sup>ns</sup>	1,65±0,05 <sup>ns</sup>	1,63±0,00 <sup>ns</sup>	1,63±0,04 <sup>ns</sup>
1000	1,67±0,03 <sup>ns</sup>	1,67±0,02 <sup>ns</sup>	1,66±0,02 <sup>ns</sup>	1,65±0,05 <sup>ns</sup>
1500	1,69±0,02 <sup>ns</sup>	1,69±0,02 <sup>ns</sup>	1,68±0,03 <sup>ns</sup>	1,67±0,01 <sup>ns</sup>

\*Letras minúsculas comparam as concentrações de sulfato ferroso na mesma coluna; Letras maiúscula comparam o tempo de ultrassom na mesma linha. \*\*Amostras de arroz não fortificada. <sup>ns</sup>Não significativo

De acordo com os resultados obtidos, observou-se uma redução no tempo de cocção com a utilização da tecnologia de ultrassom. No entanto, não foram verificadas diferenças significativas entre os tempos de 5, 10 e 15 minutos, exceto para o tratamento com 500 mg/L por 15 minutos, que apresentou o menor tempo de cocção. Ao comparar as concentrações de sulfato ferroso de 500 e 1500 mg/L nos tempos de ultrassom de 5 e 10 minutos, o menor tempo de cocção foi observado com 1500 mg/L. Já para 15 minutos de ultrassom, não houve diferenças significativas entre as concentrações. Esses resultados estão inversamente correlacionados com a capacidade de reidratação: com o aumento do tempo de ultrassom e da concentração de sulfato ferroso, observou-se um aumento da capacidade de reidratação.

As fissuras causadas pelo ultrassom aumentam a capacidade de reidratação dos grãos em comparação ao controle, devido à facilitação da entrada de água pelas fissuras. Com o aumento da absorção de água, a gelatinização do amido ocorre mais rapidamente, reduzindo o tempo de cocção (Lang et al., 2022).

Os resultados de dureza, mastigabilidade e teor de ferro dos grãos de arroz integral após a cocção estão apresentados na Tabela 2. Não foram observadas diferenças significativas para dureza e mastigabilidade entre os tratamentos e em relação ao controle. Esses resultados são satisfatórios para a pesquisa, uma vez que alterações nesses parâmetros podem comprometer a aceitabilidade do produto pelo consumidor. Observou-se um aumento na concentração de ferro com o aumento da concentração de sulfato ferroso, independentemente do tempo de ultrassom utilizado.



**Tabela 2** –Dureza e mastigabilidade e teor de ferro dos grãos de arroz integral fortificado após a cocção.

Sulfato Ferroso (mg/L)	Tempo de ultrassom (min)			
	0	5	10	15
	<i>Dureza</i>			
0 (Controle)**	9917,61±422,02	-	-	-
500	9483,79±251,54 <sup>ns</sup>	9651,91±444,75 <sup>ns</sup>	9649,55±152,45 <sup>ns</sup>	9677,11±494,26 <sup>ns</sup>
1000	9665,71±720,52 <sup>ns</sup>	9770,50±282,28 <sup>ns</sup>	9818,51±164,34 <sup>ns</sup>	9755,20±760,04 <sup>ns</sup>
1500	9860,55±555,98 <sup>ns</sup>	9706,67±409,99 <sup>ns</sup>	9898,73±478,46 <sup>ns</sup>	9732,32±296,85 <sup>ns</sup>
	<i>Mastigabilidade</i>			
0 (Controle)	1945,08±251,18	-	-	-
500	1892,08±162,25 <sup>ns</sup>	1832,68±274,57 <sup>ns</sup>	1710,39±228,56 <sup>ns</sup>	1869,99±160,96 <sup>ns</sup>
1000	1893,51±271,08 <sup>ns</sup>	1934,55±211,43 <sup>ns</sup>	1840,26±145,56 <sup>ns</sup>	1819,76±94,00 <sup>ns</sup>
1500	1791,22±410,17 <sup>ns</sup>	1887,26±256,17 <sup>ns</sup>	1983,38±265,59 <sup>ns</sup>	1845,19±232,67 <sup>ns</sup>
	<i>Teor de ferro (mg/100g)</i>			
0 (Controle)	1,73±0,03	-	-	-
500	12,33±0,02cB*	12,96±0,19bAB	13,00±0,38bAB	13,22±0,20cA
1000	15,09±0,07bC	16,84±0,29aB	18,11±0,11aA	14,84±0,94bC
1500	16,40±0,03aC	17,23±0,23aB	18,42±0,16aA	16,68±0,13aBC

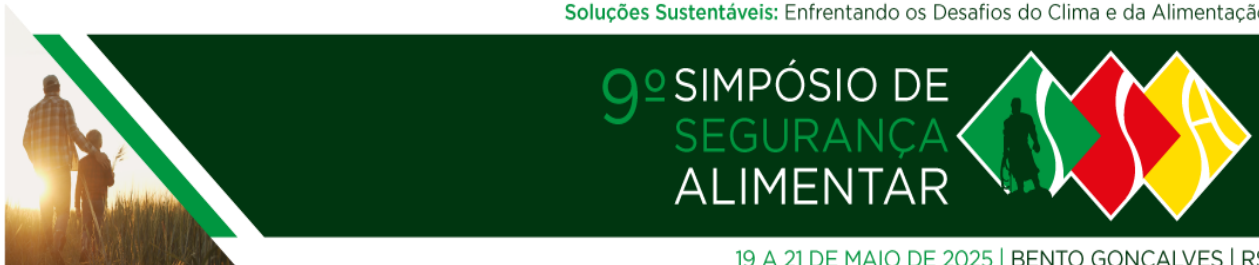
\*Letras minúsculas comparam as concentrações de sulfato ferroso na mesma coluna; Letras maiúscula comparam o tempo de ultrassom na mesma linha. \*\*Amostras de arroz não fortificada. <sup>ns</sup>Não significativo

Ao analisar o tempo de ultrassom para as concentrações de 1000 e 1500 mg/L, observou-se um aumento na concentração de ferro de 0 para 10 minutos de ultrassom, seguido de uma redução aos 15 minutos. Com isso, os maiores teores de ferro foram encontrados nos tratamentos com 1000 e 1500 mg/L por 10 minutos (18,11 e 18,42 mg/100 g, respectivamente).

O aumento na concentração de ferro com o uso da tecnologia de ultrassom (5 e 10 minutos) ocorre devido à formação de microporos e à criação de fissuras no interior dos grãos de arroz, permitindo uma maior absorção desse mineral (Aldrin et al., 2020). No entanto, quando se utilizam tempos prolongados de ultrassom (15 minutos), pode ocorrer a lixiviação dos compostos, resultando em uma redução da concentração de ferro.

#### 4. CONCLUSÕES

A tecnologia de ultrassom mostrou-se eficiente na fortificação de grãos de arroz, aumentando em até 10,6 vezes o teor de ferro em comparação ao controle. O tratamento mais eficaz foi o de 10 minutos de ultrassom com 1000 mg/L de sulfato ferroso, que também proporcionou uma redução de 19,19% no tempo de cocção. Além disso, esse tratamento não alterou a dureza nem a mastigabilidade dos grãos, parâmetros que poderiam influenciar negativamente na aceitabilidade pelos consumidores.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (EDITAL FAPERGS/CNPq 07/2022), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Unidade EMBRAPPI InovaAgro-UFPel.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRIN, P.; TIOZON J. R.; RHOWELL, N.; ROJVIRIYA, C.; SREENIVASULU, N.; CAMACHO, D. H. Sonication increases the porosity of uncooked rice kernels affording softer textural properties, loss of intrinsic nutrients and increased uptake capacity during fortification.

**Ultrasonics Sonochemistry**, v. 68, p. 105234, 2022.

GIUGLIANI, E. R. J.; VICTORA, C. G. Normas alimentares para crianças brasileiras menores de dois anos: bases científicas. Brasília: Organização Mundial da Saúde; 1997.

LANG, G. H.; TIMM, N. S.; NEUTZLING, H. P.; RAMOS, A. H.; FERREIRA, C. D.; OLIVEIRA, M. Infrared radiation heating: A novel technique for developing quick-cooking rice.

**LWT - Food Science and Technology**, v. 154, p. 112758, 2022.

World Health Organization: “Worldwide prevalence of anaemia 1993–2005: WHO global database on anaemia,” **World Health Organization**, Geneva, Switzerland, 2008.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: Rice: Chemistry and Technology (edited by E.T. Champagne), p. 17–57. New Orleans, MN, USA: **American Association of Cereal Chemists**. Chapter 2, 1985.

CAO, X., Zhang, M., FANG, Z., Mujundar, A. S., JIANG, H., QIAN, H.; AI, H. Drying kinetics and product quality of green soybean under different microwave drying methods.

**Drying Technology**, 240-248, 2016.