



## **O USO DO ULTRASSOM NA GERMINAÇÃO DE ARROZ: IMPACTO NO CONTEÚDO NUTRICIONAL E BIOATIVO**

T. Heberle<sup>1</sup>, M. F. Mesko<sup>2</sup>, P. T. Scaglioni<sup>3</sup>

1 - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96010-900 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone +55 (53) 3275 7387 – e-mail: (thauana.heberle@hotmail.com)

2 - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96010-900 – Pelotas – RS – Brasil, Telefone +55 (53) 3275 7387 – e-mail: (marciamesko@yahoo.com.br)

3- Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande – CEP: 96203-900 – Rio Grande – RS – Brasil, Telefone: +55 (53) 3293-5372 – e-mail: (priscilascaglioni@gmail.com)

**RESUMO** – Neste estudo, um procedimento de pré-germinação de arroz integral de cultivo orgânico (SCS 122) e cultivo convencional (SCS 122 Miúra) usando ultrassom (US) foi avaliado antes e depois da etapa de imersão do arroz em água. O processo foi otimizado usando um delineamento experimental contendo cinco variáveis: temperatura e tempo de US, massa de grãos, tempo e temperatura de imersão. Após o pré-tratamento, os grãos de arroz foram germinados em uma incubadora a 40 °C por 36 h. A maior taxa de germinação alcançada foi de 61% para a SCS 122 e 98% para a SCS 122 Miúra, após o uso do US. Os teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante também aumentaram, em ambas as amostras, após o uso do US. O uso da sonicação pode ser uma alternativa promissora para a indústria alimentícia, a fim de aumentar os compostos promotores de saúde.

**ABSTRACT** – In this study, a pre-germination procedure of organic cultivated brown rice (SCS 122) and conventional cultivated rice (SCS 122 Miúra) using ultrasound (US) was evaluated before and after the rice immersion step in water. The process was optimized using an experimental design with five variables: US temperature and time, grain mass, and immersion time and temperature. After the pre-treatment, the rice grains were germinated in an incubator at 40 °C for 36 hours. The highest germination rate achieved was 61% for SCS 122, and 98% for SCS 122 Miúra, after using US. The phenolic compound content and antioxidant activity also increased in both samples after US treatment. The use of sonication may be a promising alternative for the food industry to enhance health-promoting compounds.

**PALAVRAS-CHAVE:** germinação; arroz; ultrassom; bioativo.

**KEYWORDS:** germination; rice; ultrasound; bioactive.



## 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) possui um papel importante no desenvolvimento da economia nos estados do Sul do Brasil, visto que esta região é responsável por cerca de 70% da produção nacional deste grão, o que gera, consequentemente, emprego e renda para parte da população. A estimativa de produção para a safra de 2024/2025 é de 11,8 milhões de toneladas, 11,4% maior que a safra anterior (CONAB, 2025). Sabendo do seu importante papel, tanto para a economia do país quanto para a população, busca-se aprimorar as características deste cereal. A germinação induzida vem sendo aplicada em arroz para melhorar as funções fisiológicas do grão, bem como o conteúdo nutricional e digestibilidade (Li *et al.*, 2020). Neste sentido, controlar o processo germinativo é de extrema importância para que se alcance os resultados desejados, visto que qualquer alteração nas condições do processo pode afetar a taxa germinativa, por exemplo. Portanto, fatores como tempo, temperatura, umidade relativa, luz, presença ou ausência de estresse e qualidade sanitária precisam ser cuidadosamente monitorados durante todo o processo (Li *et al.*, 2020) e, para potencializá-lo, uma etapa de pré-germinação é necessária. Técnicas que empregam o US são promissoras devido a sua capacidade de alterar a estrutura e as propriedades do amido, proteína e fibras dietéticas, além de aumentar os compostos bioativos, como compostos fenólicos, antioxidantes, flavonoides e antocianinas (Wang *et al.*, 2020). Essa estratégia também já foi utilizada como forma de energia física para estimular grãos a aumentarem sua taxa de germinação, crescimento de brotos (Kalita *et al.*, 2021) e a produção de compostos promotores da saúde (Li *et al.*, 2020), porém pode afetar alguns constituintes, catalisando ou degradando-os.

No entanto, informações sobre o efeito do US em arroz integral de cultivo orgânico e convencional, bem como o tempo ideal para sonicação durante o processo de pré-germinação, ainda são ocultadas na literatura. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o uso do US no processo de pré-germinação de arroz, antes e depois da imersão em água, e seu impacto na taxa de germinação e nas propriedades bioativas, como na atividade antioxidante e nos compostos fenólicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, foram utilizadas amostras de arroz de cultivo orgânico e convencional (SCS 122 e SCS 122 Miúra, respectivamente). Essas amostras foram produzidas no estado de Santa Catarina (Brasil) e gentilmente cedidas pela EPAGRI. Os grãos (com aproximadamente 13% de umidade) foram armazenados a 16 °C até o uso.

Inicialmente, o banho de US, com frequência de 40 kHz e potência de 300 W (UNIQUE, modelo USC-2800A, Brasil) foi mapeado a fim de identificar os pontos com maior intensidade de



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

US. Após, os recipientes contendo as amostras foram posicionados nas regiões com alta intensidade acústica. Para avaliar a influência da sonicação no processo de germinação, o US foi aplicado em diferentes estágios: antes da imersão (UA) e após a imersão (UD) em água. Para este procedimento, os grãos foram adicionados a um béquer contendo 150 mL de água, que foi colocado no banho de US e sonicado. O procedimento de pré-germinação foi otimizado usando o delineamento estatístico de Plackett & Burman, em 3 diferentes níveis (-1, 0 e +1) e 5 variáveis: temperatura (°C) e tempo (min) de US, massa de grãos (g), tempo (min) e temperatura (°C) de imersão em água. Como mencionado, o US foi aplicado em cada estágio, para cada amostra, totalizando 40 tratamentos.

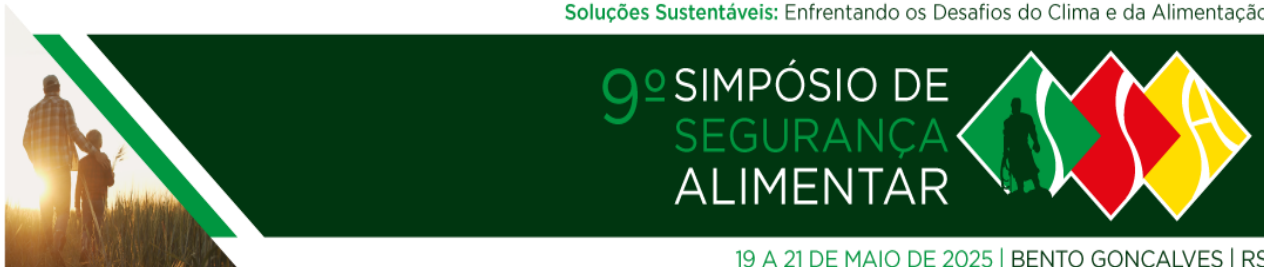
A taxa de germinação para as amostras rotuladas como “controle” foi determinada usando a metodologia de Hase e Kawamura (2012), com modificações. Primeiramente, 100 grãos de cada cultivar de arroz foram selecionados e embebidos em água a 40 °C por 4 h, depois colocados em um papel de filtro embebido em água destilada. As amostras foram então transferidas para uma incubadora (ELETROlab, modelo EL200, Brasil) a 30 °C e 80% de umidade por 36 h. Por fim, os grãos que apresentaram a plúmula aparente foram contados e assim determinada a taxa de germinação. As amostras que apresentaram o maior percentual, além da “controle”, foram selecionadas para a determinação dos compostos bioativos.

Os compostos fenólicos foram determinados segundo Cheung *et al.* (2003), e os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (GAE) em mg/g. A atividade antioxidante foi realizada de acordo com o método de captura do radical livre DPPH, expressa em % de inibição, e por meio da redução do íon férrico (Fe<sup>3+</sup>) a ferroso (Fe<sup>2+</sup>) (FRAP), expresso em µmol/L de sulfato ferroso (Silva e Ribeiro, 2022).

Todas as medidas das amostras foram expressas como média ± desvio padrão, em triplicata. Os dados foram analisados usando o software Minitab 18 para ANOVA unidirecional. O teste de comparação múltipla de Tukey foi aplicado para identificar diferenças estatisticamente significativas entre as amostras, investigadas em um nível de confiança de 95%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 resume as condições experimentais otimizadas para cada cultivar (SCS 122 e SCS122 Miúra) usando US antes e depois da imersão.



**Tabela 1** - Condições experimentais otimizadas usando US antes e depois da imersão

Cultivar de arroz	Imersão em água	Temperatura US (°C)	Tempo US (min)	Massa de grãos (g)	Tempo imersão (min)	Temperatura imersão (°C)
SCS 122*	antes	30	15	10	240	30
	depois	30	15	30	80	30
SCS 122 Miúra**	antes	20	15	30	240	40
	depois	20	15	30	240	40

\*cultivo orgânico; \*\*cultivo convencional

Pode-se observar que a cultivar SCS 122 apresentou um tempo de imersão menor quando realizada após a sonicação, reduzindo em 120 minutos esta etapa. Sugere-se que este tempo pode não ser suficiente para a água permanecer armazenada na estrutura interna do grão e, conseqüentemente, não for satisfatório para o brotamento. Além disso, a massa de grãos foi menor (10 g) utilizando o US antes da imersão em água na amostra de cultivo orgânico. Não houve variação nos demais parâmetros utilizados.

A amostra de cultivo orgânico apresentou um percentual de germinação menor, comparada com a cultivar SCS 122 Miúra, de cultivo convencional, como pode ser observado na Tabela 2. Apesar disso, o uso do US aumentou a taxa, independente do processo de imersão, em ambas as amostras, sendo o maior aumento, de aproximadamente 80%, observado na amostra de cultivo convencional, comparado com a amostra controle. Sabe-se que a cavitação acústica produzida pelo US pode aumentar a porosidade do grão, melhorando a disponibilidade de oxigênio, absorção de água durante o primeiro estágio de germinação e crescimento e desenvolvimento de brotos (Chao *et al.*, 2021). Além disso, a temperatura também possui grande influência no comportamento da hidratação. Altas temperaturas causam extensão e amolecimento dos grãos e quebra das ligações moleculares no endosperma, como as ligações glicosídicas do amido, onde há grupos hidroxilas que formam ligações com a água, ocorrendo uma alta absorção (Balbinoti *et al.*, 2018), o que pode facilitar o acúmulo de água e, conseqüentemente, favorecer o crescimento da radícula. Fato este que pode ser observado na cultivar SCS 122 Miúra, visto que a temperatura de imersão foi maior (40 °C) e a taxa de germinação também.



**Tabela 2** – Taxa de germinação, compostos fenólicos e atividade antioxidante das cultivares SCS 122 e SCS 122 Miúra, usando US antes e depois da imersão

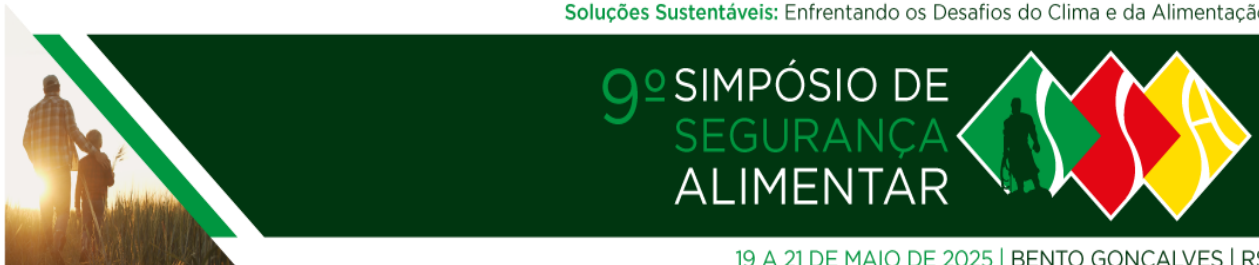
Cultivar de arroz	Imersão em água	Taxa de germinação (%)	Compostos fenólicos (mg GAE/g)	Atividade antioxidante	
				DPPH (% inibição)	FRAP (μmol TEAC/100 g)
SCS 122*	controle	32 ± 3 <sup>c</sup>	129,4 ± 1,9 <sup>b</sup>	10 ± 1,4 <sup>a</sup>	51,7 ± 2,6 <sup>c</sup>
	antes	46 ± 2 <sup>b</sup>	153,1 ± 1,4 <sup>a</sup>	10 ± 0,3 <sup>a</sup>	65,4 ± 1,9 <sup>b</sup>
	depois	61 ± 6 <sup>a</sup>	154,7 ± 1,0 <sup>a</sup>	11 ± 0,9 <sup>a</sup>	90,2 ± 1,4 <sup>a</sup>
SCS 122 Miúra**	controle	55 ± 5 <sup>b</sup>	160,6 ± 2,1 <sup>c</sup>	9,8 ± 0,9 <sup>a</sup>	41,7 ± 1,4 <sup>b</sup>
	antes	94 ± 2 <sup>a</sup>	194,8 ± 2,4 <sup>b</sup>	9 ± 0,4 <sup>a</sup>	45,2 ± 1,1 <sup>b</sup>
	depois	98 ± 1 <sup>a</sup>	241,0 ± 0,3 <sup>a</sup>	10 ± 0,9 <sup>a</sup>	87,1 ± 2,1 <sup>a</sup>

Letras minúsculas iguais na coluna, em cada cultivar, não apresentam diferença significativa segundo o teste de Tukey ( $p > 0,05$ ), comparando a amostra controle e US (antes e depois da imersão)

Assim como a germinação, o US pode aumentar os compostos fenólicos de arroz devido aos mecanismos da cavitação acústica, que podem intensificar a extração e biossíntese. Os microjatos liberados durante o processo pode facilitar a liberação dos compostos através da permeabilidade (Wang *et al.*, 2020), o que pode ser observado na Tabela 2, pois ambas as amostras aumentaram o conteúdo fenólico após o uso do US, independente da imersão. Apesar disso, os maiores teores foram observados nas amostras que apresentaram a maior taxa de germinação utilizando o US após a imersão em água, sendo a de cultivo orgânico com  $154,7 \pm 1,0$  mg GAE/g e de cultivo convencional com  $241,0 \pm 0,3$  mg GAE/g. O mesmo comportamento foi observado na atividade antioxidante, visto que a liberação dos compostos fenólicos para o meio, tornando-os mais disponíveis, podem possuir uma alta atividade redutora, como reduzir íons férricos ( $Fe^{3+}$ ) a íons ferrosos ( $Fe^{2+}$ ), aumentando os valores de FRAP (Li *et al.*, 2020). A amostra de cultivo orgânico aumentou em 75% o teor de sulfato ferroso, comparado com a amostra controle, e a de cultivo convencional em, aproximadamente, 95%. É válido ressaltar que o percentual de inibição do DPPH variou entre 9 e 11%, mas não diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ), em ambas as amostras.

#### 4. CONCLUSÕES

O uso do US na pré-germinação, antes e depois da imersão em água, resultou em um grão com maiores taxas de germinação, para ambas as amostras, alcançando 98% de brotamento dos grãos,



além de aumentar os compostos bioativos, tornando-se uma promissora alternativa para a indústria alimentícia.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOTI, T. C. V., JORGE, R. M. M., JORGE, L. M. M. Modeling the hydration step of the rice (*Oryza sativa*) parboiling process. **Journal of Food Engineering**, v. 216, p. 81-89, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, 2025. Acompanhamento da safra de grãos Brasileira – 5º levantamento, fevereiro de 2025.

CHEUNG, L. M., CHEUG, P. C. K., OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 249-255, 2003

FREITAS, M., SOUZA, P., CARDOSO, S., CRUVINEL, L., ABRUNHOSA, L. S., FILHO, E. X. F., INÁCIO, J., PINHO, D. P., PESSOA, A. Filamentous fungi producing l-asparaginase with low glutaminase activity isolated from brazilian savanna soil. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 1268, 2021.

GUZMÁN-ORTIZ, F. A., ROSAS, J. C., ALDAPA, C. A. G., ESCOBEDO, R. M., LEÓN, A. R., MARÍN, M. L. R., CORTÉS, R. N. F., GUTIÉRREZ, A. D. R. Enzyme activity during germination of different cereals: A review. **Food Reviews International**, v. 25, n. 3, 2019.

KALITA, D., SARMA, B., SRIVASTAVA, B. Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and physico chemical properties. **Food Chemistry**, v. 220, p. 67 – 75, 2021.

LI, Q. F.; ZHOU, Y.; XIONG, M.; REN, X. Y.; HAN, L.; WANG, J. D.; ZHANG, C. Q.; FAN, X. L.; LIU, Q. Q. Gibberellin recovers seed germination in rice with impaired brassinosteroid signalling. **Plant Science**, v. 293, 2020.

SILVA, V. M. A., RIBEIRO, V. H. A. **Emerging Technologies for the Development of Efficient Foods** (1. ed.), Campina Grande: EPTEC, 2022.

WANG, H., XIAO, N., DING, J., ZHANG, Y., LIU, X., ZHANG, H. Effect of germination temperature on hierarchical structures of starch from brown rice and their relation to pasting properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 147, p. 965-972, 2019.