

## APLICAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS E SEUS EFEITOS NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE ARROZ GERMINADO

THAUANA HEBERLE<sup>1</sup>; ALINE L. SIMSEN<sup>2</sup>; LILIAN N. FEHLBERG<sup>3</sup>; GABRIEL A. MARTINS<sup>4</sup>; FILIPE S. RONDAN<sup>5</sup>; MÁRCIA F. MESKO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas– [thauana.heberle@hotmail.com](mailto:thauana.heberle@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas– [simsen.aline@gmail.com](mailto:simsen.aline@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [lilianfehlberg.bg005@academico.ifsul.edu.br](mailto:lilianfehlberg.bg005@academico.ifsul.edu.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [gabrimartins1@hotmail.com](mailto:gabrimartins1@hotmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas - [fsrondan@gmail.com](mailto:fsrondan@gmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas - [marciamesko@yahoo.com.br](mailto:marciamesko@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) possui um papel importante no desenvolvimento da economia nos estados do Sul e Sudoeste do Brasil, visto que estas regiões são responsáveis por cerca de 80% da produção nacional deste grão, o que gera, emprego e renda para parte da população. A estimativa de produção para a safra de 2022/2023 é de 10,3 milhões de toneladas, 4% a menos que a safra 2021/2022. Em relação à produtividade, o estado do Rio Grande do Sul ocupa o primeiro lugar, seguido pelos estados de Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso, de onde considerável parte da produção é destinada à exportação (CONAB, 2023).

O grão de arroz é fundamental na nutrição da maior parte da população, servindo como principal fonte de amido e proteína, e contribuindo para o fornecimento de minerais e vitaminas do complexo B (KORRES, et al., 2017). Nas últimas décadas, a crescente demanda por alimentos com características funcionais novas ou aprimoradas tem incentivado o uso de técnicas que são capazes de melhorar seus atributos (MISRA et al., 2017). Neste sentido, técnicas assistidas por ondas ultrassônicas vêm sendo utilizadas na indústria alimentícia como uma estratégia para alterar propriedades físicas, químicas, funcionais e microbiológicas que são capazes de melhorar diversas características nos alimentos. O ultrassom é uma tecnologia limpa, rápida, não invasiva, não destrutiva e precisa, sendo assim, ecologicamente correta (CHEMAT, HUMA & KHAN, 2011). O ultrassom vem sendo usado como uma forma de energia física para estimular sementes para aumentar a taxa de germinação, crescimento de brotos e compostos promotores de saúde. Portanto, a aplicação de técnicas anteriores ou posteriores ao processo de germinação podem resultar em um grão com melhor qualidade nutricional e tecnológica, em vista disso, estudos devem ser realizados para elucidar o papel da aplicação de ultrassom sobre os parâmetros de qualidade do arroz. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi aplicar ondas ultrassônicas em arroz, antes e depois do encharcamento, para avaliar a taxa de germinação, bem como a fraturabilidade e tempo de cocção dos grãos.

### 2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle de Contaminantes em Biomateriais (LCCBio), pertencente a Universidade Federal de Pelotas, situado no Campus Capão do Leão, na cidade de Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. Foram utilizados grãos de quatro cultivares de arroz: SCS 122 (cultivo orgânico), SCS 122 Miúra (cultivo convencional), SCS 120 Ônix (tegumento preto) e SCS 120 Rubi (tegumento vermelho). Todos foram gentilmente cedidos pela

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina e são oriundos da safra 2021/2022. Os grãos com 13% de umidade foram armazenados, em casca, a 16 °C até o momento da sua utilização.

A taxa de germinação para as amostras denominadas “controle” foi realizada seguindo a metodologia proposta por Hase & Kawamura (2012), com modificações. Primeiramente, 100 grãos de cada cultivar de arroz foram selecionados e encharcados à 40 °C por 4 horas e em seguida dispostos em papel filtro embebido em água destilada. Após, estes foram acomodados em câmaras do tipo BOD (Marca ELETROlab, Modelo EL200, Brasil) com temperatura de 30 °C e 80% de umidade durante 36 horas. Por fim, foi realizada a contagem dos grãos que apresentaram a plúmula aparente.

A fim de avaliar o processo da sonicação na taxa de germinação dos grãos, utilizou-se banho ultrassônico (Marca UNIQUE, modelo USC-2800A, frequência 40 kHz e potência 300W) em diferentes momentos do método: antes do encharcamento (UA) e depois do encharcamento (UD). Em um béquer contendo 200 mL de água ultrapura foram adicionadas amostras de arroz e assim foram sonicadas sob diferentes condições: temperatura e tempo utilizado no processo de ultrassom, volume de grãos e tempo e temperatura do encharcamento. Para isso, foi realizado um planejamento estatístico denominado Plackett & Burman, totalizando 164 tratamentos (80 tratamentos – 20 para cada cultivar - utilizando o ultrassom antes do encharcamento, 80 tratamentos – 20 para cada cultivar - utilizando o ultrassom depois do encharcamento e 4 tratamentos para a amostra “controle”, conforme metodologia descrita acima).

A fraturabilidade dos grãos foi determinada utilizando o equipamento da marca Stable Micro Systems Texture Analysers (Modelo TA.XTplus, Inglaterra), com uma célula de carga de 5 kg. E o tempo de cocção foi determinado segundo o teste de Ranghino, conforme proposto por Mohapatra & Bal (2006), com algumas modificações. Em um béquer de 250 mL, 150 mL de água destilada foi fervida ( $98 \pm 1$  °C) e 5 g de amostra de arroz (cultivo convencional, cultivo orgânico, tegumento preto e tegumento vermelho) foram despejados nele. A medição do cozimento foi iniciada imediatamente e o tempo de cocção foi definido quando, pelo menos, 90% dos grãos apresentavam núcleo opaco ou centro não cozido.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação do ultrassom nos 164 tratamentos, apenas as amostras que apresentaram as maiores taxas de germinação foram utilizadas no presente estudo. Diante disso, os resultados encontrados para a taxa de germinação, fraturabilidade e tempo de cocção estão dispostos na Tabela 1. Sabe-se que a cavitação acústica produzida pelo ultrassom pode aumentar a porosidade do grão, melhorando a disponibilidade de oxigênio, absorção de água durante o primeiro estágio de germinação, crescimento e desenvolvimento de brotos (LIU et al., 2016; CHAO et al., 2021). Em vista disso, observa-se que a taxa de germinação (%) aumentou em todas as cultivares, comparando com a amostra controle (sem o uso do banho ultrassônico). Além disso, o encharcamento antes e depois do ultrassom promoveu alterações entre as cultivares. Sabe-se que o processo de hidratação é uma etapa muito importante antes e durante a germinação. O impacto do ultrassom aumenta a taxa de hidratação por meio das ondas ultrassônicas, ocorrendo a entrada de água nos poros do grão (MIANO, IBARZ & AUGUSTO, 2016). A temperatura também possui grande influência no comportamento da hidratação, pois altas temperaturas causam extensão e amolecimento dos grãos e quebra das

ligações moleculares no endosperma, como as ligações glicosídicas do amido, em que há grupos hidroxilas que formam ligações com a água, ocorrendo uma alta absorção (BALBINOTI, JORGE & JORGE, 2018). Fato este que ocorreu com a cultivar SCS Rubi com encharcamento antes do processo de ultrassom, onde a mesma utilizou a maior temperatura de encharcamento (40 °C) do presente estudo, levando uma taxa de germinação de 100%. As demais amostras obtiveram percentuais maiores ao utilizar ultrassom depois do encharcamento.

Tabela 1. Resultados obtidos para a taxa de germinação, fraturabilidade e tempo de cocção nas amostras avaliadas (média ± desvio padrão, n = 3).

Amostra	Ultrassom/ encharcamento	Taxa de germinação (%)	Fraturabilidade	Tempo de cocção (min)
SCS 122 (controle)*	-	32 ± 3,0 <sup>c</sup>	30,9 ± 1,5 <sup>a</sup>	27:06 ± 0:03 <sup>a</sup>
SCS 122*	antes	46 ± 2,0 <sup>b</sup>	30,8 ± 1,5 <sup>a</sup>	25:28 ± 0:01 <sup>b</sup>
SCS 122*	depois	61 ± 6,0 <sup>a</sup>	19,5 ± 1,0 <sup>b</sup>	21:00 ± 0:01 <sup>c</sup>
SCS 122 Miúra (controle)**	-	55 ± 5,0 <sup>b</sup>	29,5 ± 1,0 <sup>b</sup>	23:24 ± 0:01 <sup>a</sup>
SCS 122 Miúra**	antes	94 ± 2,0 <sup>a</sup>	31,3 ± 1,6 <sup>a</sup>	22:17 ± 0:01 <sup>a</sup>
SCS 122 Miúra**	depois	98 ± 1,0 <sup>a</sup>	18,3 ± 1,3 <sup>c</sup>	20:37 ± 0:01 <sup>b</sup>
SCS 120 Ônix (controle)***	-	63 ± 7,0 <sup>c</sup>	31,7 ± 1,2 <sup>a</sup>	26:06 ± 0:01 <sup>a</sup>
SCS 120 Ônix***	antes	74 ± 2,0 <sup>b</sup>	30,8 ± 1,6 <sup>a</sup>	23:47 ± 0:03 <sup>a</sup>
SCS 120 Ônix***	depois	93 ± 2,0 <sup>a</sup>	17,8 ± 1,6 <sup>b</sup>	21:53 ± 0:01 <sup>b</sup>
SCS 120 Rubi (controle)****	-	75 ± 4,0 <sup>b</sup>	31,4 ± 1,2 <sup>b</sup>	31:40 ± 0:02 <sup>a</sup>
SCS 120 Rubi****	antes	100 ± <0,9 <sup>a</sup>	23,7 ± 1,3 <sup>c</sup>	30:17 ± 0:02 <sup>b</sup>
SCS 120 Rubi****	depois	97 ± 1,0 <sup>a</sup>	32,5 ± 0,9 <sup>a</sup>	27:55 ± 0:01 <sup>b</sup>

\*Cultivo orgânico; \*\*Cultivo convencional; \*\*\*Tegumento preto; \*\*\*\*Tegumento vermelho

\*Letras diferentes na mesma coluna, em cada cultivar, apresentam diferença estatística

A fraturabilidade é entendida como a resistência de um alimento à fratura. A intensidade medida varia de acordo com o tipo de grão, composição do amido e grau de gelatinização, processamento e complexação de nutrientes. A fraturabilidade dos grãos em três cultivares (SCS 122, SCS 122 Miúra e SCS 120 Ônix) foi menor na amostra em que se utilizou o ultrassom depois do encharcamento. Apenas a cultivar SCS 120 Rubi apresentou resultados diferentes, sendo a menor fraturabilidade obtida na amostra em que o ultrassom foi utilizado antes do encharcamento. Fatos estes esperados no presente estudo, visto que as amostras mencionadas foram as que apresentaram maior percentual de germinação. Sabe-se que a germinação favorece a atividade enzimática e, conseqüentemente, atua na redução de macromoléculas, abrindo espaços nas estruturas internas dos grãos e reduzindo a resistência à fratura (WANG et al., 2019). O ultrassom, por sua vez, atua da mesma forma, aumentando a porosidade do grão.

Atualmente, há uma busca por alimentos com maior praticidade e elevada qualidade nutricional, e isso se deve aos novos hábitos da sociedade (BATISTA et al., 2019), assim, o arroz que apresenta menor tempo de cocção seria preferido pelo consumidor. O grão de arroz é considerado cozido quando os grânulos de amido que foram expostos à umidade e calor acima de 60 °C, por um determinado período de tempo, rompem as ligações das cadeias de amilose e, posteriormente, de amilopectina presentes nos grânulos de amido, perdendo assim a sua

birrefringência frente a um feixe de luz (PARAGINSKI et al., 2014). A germinação, por sua vez, altera a conformação dos grânulos de amido e suas propriedades de pasta devido à atividade da enzima alfa-amilase. Essa enzima atua rompendo interações entre os monômeros de glicose e com isso promove a abertura da estrutura do amido, podendo contribuir para um menor tempo de cocção (WANG et al., 2019).

Como base nos resultados obtidos no presente estudo, observou-se que todas as amostras sonicadas apresentaram menor tempo de cocção quando comparadas com a amostra “controle”. Assim, supõe-se que ocorreu o processo de cavitação com o uso das ondas ultrassônicas, causando rachaduras superficiais que podem facilitar a penetração de água no interior do grão durante o cozimento, ocorrendo a ruptura e a lixiviação da amilose, reduzindo o tempo de cocção.

#### 4. CONCLUSÕES

O uso do ultrassom resultou em um aumento da taxa de germinação em todas as cultivares, independente do momento de sua utilização e, conseqüentemente, resultou em uma menor fraturabilidade destas amostras. Além disso, o processo de cavitação influenciou na redução do tempo de cocção em todas as cultivares, principalmente nas amostras que foram sonicadas após o encharcamento.

#### 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.
- BATISTA, C. S.; SANTOS, J. P.; DITGEN, 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
- CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2023. Acompanhamento da safra de grãos Brasileira – 7º levantamento, abril de 2023
- CHAO, S.; MITCHELL, J.; PRAKASH, S.; BHANDARI, B.; FUKAI, S. Effect of germination level on properties of flour paste and cooked brown rice texture of diverse varieties. **Journal of Cereal Science**, v. 102, n. 103345, 2021
- CHEMAT, F.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction, **Ultrasonics sonochemistry**, v. 18, p. 813-835, 2011
- HASE, T.; KAWAMURA, K. Evaluating compost maturity with a newly proposed index based on a germination test using Komatsuna (*Brassica rapa* var. *peruviridis*) seeds. **Journal Mater Cycles Waste Management**, v. 14, p. 220-227, 2012
- KORRES, N.E.; NORSWORTHY, J.K.; BURGOS, N.R.; OOSTERHUIS, D.M. Temperature and drought impacts on rice production: An agronomic perspective regarding short- and long-term adaptation measures. **Water Resources and Rural Development**, v. 9, p. 12-27, 2017
- LIU, J.; WANG, Q.; KARAGIĆ, D.; LIU, X.; CUI, J.; GUI, J.; GU, M.; GAO, W. Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye. **Scientific Reports**, v. 6, p. 22403, 2016
- MIANO, A. C.; IBARZ, A. & AUGUSTO, P. E. D. Mechanisms for improving mass transfer in food with ultrasound technology: Describing the phenomena in two model cases. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 29, p. 413-419, 2016
- MOHAPATRA, D.; BAL, S. Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 253–259, 2006
- PARAGINSKI, R. T.; ZIEGLER, V.; TALHAMENTO, A.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Technological properties and cooking of rice grains conditioned at different temperatures before parboiling. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 146-153, 2014
- 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**, in press, 2019