

EFEITOS DA TEMPERATURA DE SECAGEM E TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE ARROZ VERMELHO (*Oryza sativa* L.)

Mariana Wahast Islabão¹; Sílvia Naiane Jappe²; Adriano Hirsch Ramos³; Lázaro da Costa Corrêa Cañizares⁴; Cristiano Dietrich Ferreira⁵; Maurício de Oliveira⁶

Palavras-chave: arroz vermelho; propriedades tecnológicas; secagem; armazenamento.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos principais cereais consumidos pela população mundial. O grão de arroz é uma importante fonte de carboidratos, proteínas, lipídios, minerais, vitaminas, antioxidantes e outras biomoléculas que podem atuar sinergicamente e beneficiar a saúde humana (KRISHNAN et al., 2021; OLIVEIRA e AMATO, 2021). Diversos genótipos de arroz são cultivados no mundo, e os grãos pigmentados geralmente são encontrados com a coloração do pericarpo preta ou vermelha (OLIVEIRA, 2021). No entanto, na etapa de pós-colheita de grãos, o arroz vermelho pode sofrer alterações em suas propriedades tecnológicas e na concentração de compostos bioativos (LANG et al., 2020; ZIEGLER et al., 2018).

Em um cenário ideal, os grãos devem ser imediatamente submetidos à secagem e armazenamento para preservar as propriedades físicas, químicas e tecnológicas, porém, devido às dificuldades operacionais, podem ocorrer atrasos e inadequada secagem dos grãos. Lang et al., (2020) estudaram a secagem de arroz vermelho imediatamente após a colheita (40 °C) e com atraso para secagem de 3 e 6 dias em ambientes com 15 e 25 °C e relataram uma tendência à redução de compostos fenólicos livres e proantocianidinas à medida que o tempo de secagem e a temperatura aumentavam. No entanto, informações sobre efeitos da temperatura de secagem e armazenamento de grãos de arroz vermelho ainda são escassas.

Portanto, objetivou-se avaliar efeitos da temperatura de secagem (40, 60, 80 e 100 °C) e do tempo de armazenamento (0, 6 e 12 meses) do arroz vermelho sobre as propriedades tecnológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de grãos de arroz com pericarpo vermelho foram cultivadas em Jaguarão (32° 33' 57"S, 53° 22' 33" W, 26 m), Rio Grande do Sul, Brasil. Os grãos foram colhidos com umidade aproximada de 20% e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) da Universidade Federal de Pelotas, onde o experimento de secagem e armazenamento foi conduzido. Os grãos de arroz vermelho foram secos em diferentes temperaturas (40, 60, 80 e 100 °C) com fluxo de ar de 1,0 m.s⁻¹ em secador experimental de leito fixo até atingirem umidade próxima a 13%. Após a secagem, a amostra inicial de grãos de arroz foi imediatamente analisada, e o restante dos grãos de arroz foram

¹ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Av. Eliseu Maciel, s/n - Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, mislabao01@gmail.com.

² Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, jappessilvia@gmail.com.

³ Eng. Agrônomo, Msc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, adriano.hirsch@hotmail.com.

⁴ Eng. Agrônomo, Msc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, lazarocoosta@hotmail.com.

⁵ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, cristianodietrich@unisinos.br.

⁶ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, oliveira.mauricio@hotmail.com.

armazenados a 25 °C por 6 e 12 meses.

O índice de grãos inteiros foi determinado conforme descrito por Lang et al. (2018). Os grãos de arroz (100 g) foram descascados em engenho de provas (Tipo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Limeira, SP, Brasil). Após o descasque, mediu-se o comprimento dos grãos e consideraram-se quebrados aqueles com menos de 3/4 do comprimento original dos grãos (neste estudo 3,74 mm).

A condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) da água de maceração foi determinada de acordo com a International Seed Testing Association (ISTA, 2008). Em que três repetições de 10 g de arroz em casca foram pesadas e imersas em 75 mL de água deionizada e colocadas em câmara regulada à temperatura constante de 20°C e incubadas por 24 h. A condutividade elétrica foi determinada com um condutivímetro (DiST® 4 HI 98304, Hanna, São Paulo, Brasil) sem filtragem da solução.

Os defeitos totais de grãos (%) foram determinados conforme a classificação oficial brasileira para grãos de arroz (BRASIL, 2009). Os resultados correspondem à porcentagem total de defeitos presentes na massa de grãos.

A proteína solúvel em água foi determinada de acordo com Liu, McWatters e Phillips (1992). Onde o teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, e o valor de nitrogênio resultante foi convertido em proteína usando o fator de correção 5,95. A proteína solúvel foi expressa em porcentagem (%) do teor de proteína total no arroz vermelho.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (réplicas biológicas) e estas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) com 95% de confiabilidade. Os resultados foram apresentados através de superfícies de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeitos significativos ($P < 0,05$) da temperatura, tempo de armazenamento e da interação entre as variáveis (temperatura x tempo) sobre índice de grãos inteiros, condutividade elétrica, defeitos totais e proteína solúvel. Uma tendência de aumento do índice de grãos inteiros ao longo do tempo de armazenamento foi observada para temperaturas abaixo de 60 °C (Figura 1A). Uma tendência ao aumento da condutividade elétrica e defeitos foi observada à medida que a temperatura de secagem e o tempo de armazenamento aumentaram (Figuras 1B e 1C, respectivamente). Uma tendência de redução da proteína solúvel foi observada à medida que a temperatura de secagem e o tempo de armazenamento aumentaram (Figura 1D).

Durante a secagem, o aumento da temperatura promove o desenvolvimento de fissuras no endosperma do arroz, reduzindo o índice de grãos inteiros após o descasque. A formação de fraturas é diretamente proporcional à velocidade de transição do estado vítreo/emborrachado, estando relacionada a diferenças termofísicas (CNOSSEN et al., 2001; LANG et al., 2018). Lang et al. (2018) estudaram o efeito da secagem do arroz preto entre 20 e 100 °C, sendo reportadas fraturas em temperaturas de secagem acima de 60 °C. Os autores relataram que a formação de fissuras causou redução no índice de grãos inteiros entre 9,8 e 33,3%, respectivamente, para secagem a 60 e 100 °C, quando comparado à secagem a 20 °C.

O aumento da condutividade elétrica com o aumento da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento está associado a danos celulares, devido à ruptura da membrana e extravasamento de componentes da células (ZIEGLER et al., 2020). O teste de condutividade elétrica mede o número de eletrólitos lixiviados de uma solução de imersão de grãos e é um bom indicador de danos mecânicos aos grãos. No estudo desenvolvido por Jiao et al. (2016), os autores relataram que grãos de trigo e milho, quando submetidos às temperaturas de 60, 65 e 70 °C, apresentaram aumento da condutividade elétrica em temperaturas de 70 °C. A secagem do arroz em temperaturas de secagem acima de 45 °C reduz a germinação, o vigor, aumenta a

condutividade elétrica e promove a degradação da lamela média no embrião do grão, conforme relatado por Wang et al. (2017), que avaliaram os danos nas propriedades fisiológicas de grãos secos de arroz em temperaturas entre 30 e 90 °C.

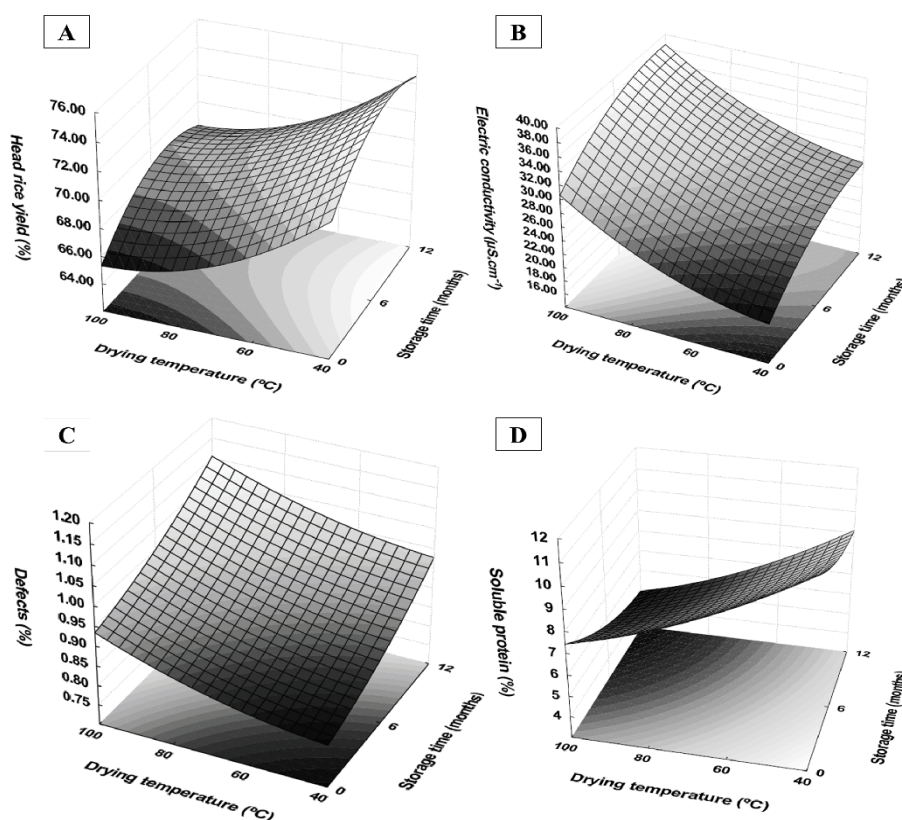


Figura 1 – Efeito do tempo de secagem e armazenamento sobre índice de grãos inteiros (1A), condutividade elétrica (1B), defeitos (1C) e proteína solúvel (1D) de grãos de arroz de pericarpo vermelho

Em diferentes processos de pós-colheita, os grãos podem sofrer alterações físicas, químicas e biológicas, alterando as propriedades tecnológicas (OLIVEIRA, 2021). O aumento da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento, associado às propriedades intrínsecas dos grãos, como o teor de umidade, favorecem o aumento de defeitos nos grãos (PARAGINSKI et al., 2014; RAMOS et al., 2021). Além de reduzir o índice de grãos inteiros e aumentar a condutividade elétrica, é relatado na pesquisa que os defeitos de grãos reduzem a proteína solúvel em grãos como soja (RAMOS et al., 2021), diminuindo a qualidade do produto.

A redução da solubilidade da proteína está associada ao aumento das interações amido-proteína, proteína-proteína ou ao correto dobramento na matriz, reduzindo o acesso à fração solúvel. Esse fenômeno pode ter ocorrido devido às altas temperaturas de secagem, conforme relatado por Lang et al. (2018), que avaliou temperaturas de secagem de arroz preto entre 20 e 100 °C, verificando reduções de até 32,15% quando submetido à secagem a 100 °C, estando associado principalmente ao aumento das interações proteína-proteína e/ou proteína-amido e/ou dobramento de proteínas em um núcleo mais hidrofóbico, dificultando a acessibilidade a ligações não covalentes, principalmente devido ao efeito do aumento da temperatura (LIU et al., 2021; WANG et al., 2017). Além disso, a solubilidade proteica reduzida do arroz está associada a um aumento de grãos com defeito (Figura 1C), com fortes interações não covalentes e ligações dissulfeto após o armazenamento (ALVES et al., 2017; RAMOS et al., 2021).

CONCLUSÃO

À medida que a temperatura de secagem aumentou, há uma redução no índice de grãos inteiros e proteína solúvel, um aumento na condutividade elétrica e no índice de defeitos. Com o aumento do tempo de armazenamento, houve aumento da condutividade elétrica, defeitos e redução da proteína solúvel dos grãos. Temperaturas do ar de secagem abaixo de 60 °C são adequadas para a conservação das propriedades tecnológicas durante o armazenamento prolongado do arroz de pericarpo vermelho, que são desejáveis pela indústria e pelos consumidores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Unidade EMBRAPII InovaAgro-UFPeL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G.H.; PARAGINSKI, R.T.; VANIER, N.L.; HOFFMANN, J.F.; OLIVEIRA, M.; LAMAS, N. DE S. Effects of organic and conventional cropping systems on technological properties and phenolic compounds of freshly harvested and stored rice. **Journal of Food Science**. V.82 (10), 2276–2285, 2017.
- CNOSSEN, A.G.; YANG, W.; BAUTISTA, R.C. An application of glass transition temperature to explain rice kernel fissure occurrence during the drying process. **Drying Technology**. 19(8), 1661–1682, 2001.
- JIAO, S.; ZHONG, Y.; DENG, Y. Hot air-assisted radio frequency heating effects on wheat and corn seeds: quality change and fungi inhibition. **Journal of Stored Products Research**. 69, 265–271, 2016.
- KRISHNAN, V.; RANI, R.; AWANA, M.; PITALE, D.; KULSHRESHTA, A.; SHARMA, S.; BOLLINEDI, H.; SINGH, A.; SINGH, B.; SINGH, A.K.; PRAVEEN, S. Role of nutraceutical starch and proanthocyanidins of pigmented rice in regulating hyperglycemia: enzyme inhibition, enhanced glucose uptake and hepatic glucose homeostasis using in vitro model. **Food Chemistry**. 335, 127505, 2021.
- LANG, G.H.; LINDEMANN, I.S.; FERREIRA, C.D.; POHNDORF, R.S.; VANIER, N.L.; OLIVEIRA, M. Influence of drying temperature on the structural and cooking quality properties of black rice. **Cereal Chemistry**. 95 (4), 564–574, 2018
- LANG, G.H.; LINDEMANN, I.S.; GOEBEL, J.T.; FERREIRA, C.D.; ACUNHA, T.S.; OLIVEIRA, M. Fluidized-bed drying of black rice grains: impact on cooking properties, in vitro starch digestibility, and bioaccessibility of phenolic compounds. **Journal of Food Science**. 85 (6), 1717–1724. 2020
- LIU, K.; ZHENG, J.; CHEN, F. Heat-induced changes in the physicochemical properties and in vitro digestibility of rice protein fractions. **Journal of Food Science Technology**. 58 (4), 1368–1377, 2021.
- OLIVEIRA, M. Arroz um alimento de verdade: Fonte de nutrientes, aliado da saúde. 1. ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora Gaúcha LTDA, 2021. v. 1. 92p.
- OLIVEIRA, M.; AMATO, G.W. (Org.). Arroz: tecnologia, processos e usos. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2021. v.1. p.218.
- PARAGINSKI, R.T.; COLUSSI, R.; DIAS, A.R.G.; ZAVAREZE, E.R.; ELIAS, M.C.; VANIER, N.L. Physicochemical, pasting, crystallinity, and morphological properties of starches isolated from maize kernels exhibiting different types of defects. **Food Chemistry**. 274, 330–336, 2019.
- RAMOS, A.H.; TIMM, N.S.; FERREIRA, C.D.; OLIVEIRA, M. Effects of the Intensification of Soybean Defects: Consequences on the Physicochemical, Technological, Protein and Oil Properties. **European Food Research and Technology**. 0123456789, 2021.
- WANG, P., LI, D.; WANG, L. Drying damage on physiological properties of rice seed associated with ultrastructure changes. **International Journal of Food Engineering**. 13 (12), 2017.
- ZIEGLER, V.; FERREIRA, C.D.; HOFFMANN, J.F.; CHAVES, F.C.; VANIER, N.L.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. Cooking quality properties and free and bound phenolics content of brown, black, and red rice grains stored at different temperatures for six months. **Food Chemistry**. 242, 427–434, 2018.