

EFEITOS DE DIFERENTES MÉTODOS E TEMPERATURAS DE SECAGEM SOBRE COMPOSTOS BIOATIVOS DO MILHO BRANCO

HENRIQUE PASSOS NEUTZLING¹; GUILHERME HIRSCH RAMOS²; NEWITON DA SILVA TIMM³; ADRIANO HIRSCH RAMOS⁴; CRISTIANO DIETRICH FERREIRA⁵; MAURÍCIO DE OLIVEIRA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – henriqueneutzling@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – guilhermehirsch97@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – newiton.silva.timm@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – adriano.hirsch@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – cristiano.d.f@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – mauricio@labgraos.com.br

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é utilizado na preparação de diferentes alimentos e não é consumido apenas na forma de grãos ou rações para animais, mas também é utilizado para produção de farinha, amido, óleo e outros produtos alimentícios (PAES, 2006). Os grãos de milho branco possuem moléculas provenientes do metabolismo especializado, como compostos fenólicos. Esses metabólitos são benéficos para a saúde humana devido a ação antioxidante, mesmo quando os grãos são submetidos ao processamento e produção de massas e tortilhas (LA PARRA et al., 2007).

Considerando a produção sazonal de milho encontrada em alguns países, aliado as condições climáticas e o consumo anual, os grãos devem ser secos até grau de umidade para um armazenamento seguro, entre 11 e 13% (PARAGINSKI et al., 2014).

A secagem de grãos de milho normalmente ocorre pelo método estacionário, podendo ainda ocorrer a secagem intermitente. Outros métodos de secagem vêm sendo desenvolvidos, como o uso de secagem por radiação infravermelho. Na secagem intermitente, os grãos são submetidos a uma constante movimentação, fazendo com que o contato entre ar quente e grãos seja descontínuo (VANIER et al., 2017). No sistema estacionário os grãos permanecem parados enquanto o ar seco é forçado a passar por entre os grãos (ELIAS et. al. 2012). O sistema de secagem por radiação infravermelha se apresenta como uma alternativa com maior eficiência energética quando comparados a métodos convencionais. A radiação infravermelha penetra no grão e a energia da radiação se converte em calor (GINZBURG, 1969). Este fenômeno permite o aumento da temperatura no interior do grão, fazendo com que a água migre para a parte externa, onde ocorre a evaporação devido a transferência de calor (CELMA et al., 2008).

CORADI et al. (2016), avaliaram o efeito da secagem de milho nas temperaturas de 80, 100 e 120 °C e encontrou efeito negativo sobre a qualidade fisiológica dos grãos nas temperaturas de 100 e 120°C. OLIVEIRA et al. (2016) utilizou secagem de milho entre as temperaturas de 40 a 100 °C e concluiu que temperaturas acima de 70 °C causam redução na qualidade fisiológica de sementes de milho. Sendo assim, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes métodos e temperaturas de secagem sobre compostos bioativos de milho branco.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados grãos de milho branco (BRS 015FB), cultivados na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, na safra 2017/2018. Após a colheita os grãos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, da Universidade Federal de Pelotas, onde foram realizadas as secagens e conduzidas as análises.

Os grãos foram secos até aproximadamente 13% em diferentes métodos de secagem. A secagem em leito fixo foi realizada em um secador experimental com potência de aquecimento do ar de 10 kW e diâmetro da câmara de secagem de 0,30 m. Os grãos (5 kg) foram secos à 70 e 90 °C com velocidade do ar de 0,5 m.s⁻¹. As secagens intermitentes com 10 e 30 min de exposição ao ar de secagem foram conduzidas com relação de intermitência de 1:6 (secagem/intermitência), de acordo com ZHAO et al. (2018). A secagem intermitente foi realizada no mesmo equipamento para secagem em leito fixo. Os grãos (3 kg) foram secos nas temperaturas de 70 e 90 °C e velocidade do ar de 0,5 m.s⁻¹. Na têmpera, os grãos foram acondicionados em uma câmara de equalização isolada termicamente, com temperatura de 25 °C e sem fluxo de ar. A secagem por radiação infravermelha foi realizada com um emissor de radiação infravermelha (IR) (Moisture Balance, Gibertini, modelo Crystaltherm, Itália) com potência de 300 W e situada sobre e perpendicular aos grãos. Os grãos foram secos a 70 e 90 °C, sem fluxo de ar.

A extração e quantificação dos compostos fenólicos totais livres e complexados foi realizada pela metodologia proposta por ALVES et al. (2016). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (GAE).100 g⁻¹. O conteúdo de flavonoides totais foi realizado conforme método descrito por FERREIRA et al. (2017). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de catequina (EC).100 g⁻¹.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 95%, seguido pela comparação de médias dos métodos de secagem pelo teste Tukey, e as temperaturas de secagem foram comparadas por teste t de Student.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os teores de compostos fenólicos livres e complexados e de flavonoides em grãos de milho branco secos pelos métodos intermitente – 10 min, intermitente – 30 min, estacionária e por radiação infravermelha.

Os compostos fenólicos livres de milho branco quando secos à 70 °C variaram de 163,91 a 228,21 mg.GAE.100g⁻¹ na secagem intermitente – 10 min e estacionária, respectivamente. Para a secagem a 90 °C os compostos fenólicos livres variaram de 186,72 a 242,79 mg.GAE.100g⁻¹ na secagem por radiação infravermelha e intermitente – 10 min, respectivamente. A 70 °C, a secagem estacionária apresentou o maior teor de compostos fenólicos livres. Nas secagens a 90 °C, o método intermitente – 10 min apresentou o maior teor de fenólicos livres ($P < 0,05$). Nas secagens intermitentes foi observado um aumento nos teores de compostos fenólicos livres quando se aumentou a temperatura de secagem de 70 para 90 °C. Foi observado que o aumento da temperatura de secagem de 70 para 90 °C resultou no aumento dos fenólicos livres dos grãos secos nos métodos intermitentes e não diferiu na secagem estacionária e por radiação infravermelha. LA PARRA et al. (2007) estudaram o processamento de milho e relatou um aumento no conteúdo de fenólicos livres em produtos a base de milho em relação ao milho cru.

Não foi observado diferença nos compostos fenólicos complexados do milho branco entre os métodos de secagem secos a 70 °C ($P > 0,05$). Na secagem a 90

°C, os compostos fenólicos complexados variaram de 242,21 a 409,32 mg.GAE.100g⁻¹, nos grãos secos pelos métodos intermitente – 10 min e estacionária, respectivamente. Foi observado que os grãos secos a 90 °C, a secagem estacionária e por radiação infravermelha resultaram em maiores teores de fenólicos complexados. Foi observado que o aumento da temperatura de secagem de 70 para 90 °C resultou na redução dos fenólicos complexados dos grãos secos pelos métodos intermitentes. O dano térmico que ocorreu na secagem intermitente foi resultado da menor massa de grãos seca nesse método (3 kg), em relação a massa de grãos seca no método estacionário (5 kg), podendo solubilizar os compostos fenólicos da matriz proteica desnaturada, aumentando os livres. LANG et al. (2019) estudou a secagem de arroz preto nas temperaturas de 20 a 100 °C e relatou que menores temperaturas de secagem colaboram com a manutenção dos compostos bioativos nos grãos.

Tabela 1. Compostos fenólicos livres, compostos fenólicos complexados e flavonoides de grãos de milho brancos submetidos a diferentes métodos e temperaturas de secagem

Método de secagem	70 °C*	90 °C*
<i>Compostos fenólicos livres (mg.GAE.100g⁻¹)</i>		
Intermitente – 10 min	163,91 ± 4,69 Bβ	242,79 ± 4,49 Aα
Intermitente – 30 min	171,95 ± 18,45 Bβ	207,05 ± 9,01 Ba
Estacionária	228,21 ± 24,44 Aα	191,82 ± 19,61 Ba
Radiação infravermelha	183,79 ± 8,79 Ba	186,72 ± 2,74 Ba
<i>Compostos fenólicos complexados (mg.GAE.100g⁻¹)</i>		
Intermitente – 10 min	405,72 ± 11,34 Aα	242,21 ± 10,50 Bβ
Intermitente – 30 min	404,98 ± 18,73 Aα	253,19 ± 6,80 Bβ
Estacionária	403,44 ± 10,89 Aα	409,32 ± 3,08 Aα
Radiação infravermelha	408,81 ± 8,53 Aα	406,83 ± 39,08 Aα
<i>Flavonoides (mg.EC.100g⁻¹)</i>		
Intermitente – 10 min	10,23 ± 0,56 Bβ	16,47 ± 0,54 Ba
Intermitente – 30 min	8,50 ± 0,10 Bβ	18,39 ± 2,55 Ba
Estacionária	17,05 ± 2,43 Aα	14,95 ± 3,08 Ba
Radiação infravermelha	9,17 ± 0,13 Bβ	31,67 ± 2,97 Aα

*Letras maiúsculas comparam entre linhas, por teste de Tukey, os diferentes métodos de secagem. Letras gregas comparam entre colunas, por teste t, as diferentes temperaturas de secagem.

Na temperatura de 70 °C, foi observado o maior teor de flavonoides nos grãos secos pelo método estacionário (17,05 mg.EC.100g⁻¹). Na temperatura de 90 °C, foi observado o maior teor de flavonoides nos grãos secos por radiação infravermelha (31,67 mg.EC.100g⁻¹). Foi observado um aumento do conteúdo de flavonoides quando se aumentou a temperatura de secagem de 70 para 90 °C, exceto para os grãos submetidos a secagem estacionária. O aumento da temperatura pode ter promovido afrouxamento da matriz proteica, semelhante ao comportamento verificado para os compostos fenólicos.

4. CONCLUSÕES

A 70 °C, a secagem estacionária resultou no maior conteúdo de compostos fenólicos livre e flavonoides, sem diferir dos demais métodos no conteúdo de

fenólicos complexados. A secagem por radiação infravermelha apresentou a maior conteúdo de flavonoides quando seco a 90 °C.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G. H.; FERREIRA, C. D.; VIVIAN, P. G.; MONKS, J. L. F.; ELIAS, M. C., VANIER, N. L.; DE OLIVEIRA, M. (2016). The revisited levels of free and bound phenolics in rice: Effects of the extraction procedure. **Food Chemistry**, v. 208, p. 116–123, 2016 .
- CELMA, A. R.; ROJAS, S.; LOPEZ-RODRÍGUEZ, F. L. Mathematical modelling of thin-layer infrared drying of wet olive husk. **Chemical Engineering and Processing**, v. 47, p. 1810-1818, 2008.
- CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; ANDRADE, M. G. O.; L.J. CAMILO, L. J.; SOUZA, A. H. S. Secagem de Grãos de milho do cerrado em um secador comercialcomercial de fluxos mistos. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10(1), p. 14-26, 2016.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de; VANIER, N. L.; PARAGINSKI, R. T.; SCHIAVON, R. A. Manejo tecnológico na pós-colheita e inovações na conservação de grãos de arroz. **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 2012. Cap. 3 p.21-42.
- GINZBURG, A. S. **Application of infrared radiation in food processing. Chemical process engineering series**. London: Leonard Hill Books, 1969.
- LA PARRA, C.; SALDIVAR, S. S.; LIU, R. H. Effects os processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortillas chips. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4177-4183, 2007.
- LANG, G. H.; LINDEMANN, I. S.; FERREIRA, C. F., HOFFMANN, J. F., VANIER, N. L., DE OLIVEIRA, M. Effects of drying temperature and long-term storage conditions on black rice phenolic compounds., **Food Chemistry**, v. 287, p. 197-204, (2019).
- NASCIMENTO, V. R. G. **Secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de Moringa oleifera Lam**. Dissertação de Mestrado, Campinas/SP, Unicamp, 2014.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; CAMPOS, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a diferentes temperaturas na secagem artificial. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.09, n.02, p.25-34, 2016.
- PAES, M. C. D. Circular Técnica 75: **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6p.
- PARAGINSKI, R. T.; VANIER, N. L.; BERRIOS, J. D. J.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature. **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 209-214, 2014.
- REHMAN, Z. U.; HABIB, F.; ZAFAR, S. I. Nutritional changes in maize (*Zea mays*) during storage at three temperatures. **Food Chemistry**, v. 77, p. 197-201, 2002.
- SAVICH, I. M.; JOLDASPAEVA, G. M. **Digestibility of corn proteins**. Fiziol Biokhm Kult Rast, 1993.
- ZHAO, Y.; HUANG, H.; CHEN, X. F.; WANG, F. H.; CHEN, P. X.; TU, G.; YANG, D. Y. Tempering-drying simulation and experimental analysis of corn kernel. **International Journal of Food Engineering**, v. 14., 2018.