

Influência da Temperatura de Secagem e da Fonte de Aquecimento sobre o Teor de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Grãos de Arroz

117 *Ismael Aldrighi Bertinetti¹, Jessica Fernanda Hoffmann¹, Pedro José Sanches Filho², Jander Luis Fernandes Monks¹, Wilner Brod Peres¹, Moacir Cardoso Elias¹*

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da temperatura de secagem e da fonte de aquecimento sobre o teor de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em grãos de arroz integral e polido. Para isso, os grãos de arroz foram secos em secador de leito fixo utilizando o método estacionário de secagem. Foram utilizados como fonte para aquecimento do ar de secagem: (a) madeira maturada de *Eucalyptus* sp., (b) casca de arroz (*Oryza sativa*), (c) gás liquefeito de petróleo (GLP) e (d) aquecimento elétrico. As temperaturas do ar de secagem na entrada do secador utilizadas foram respectivamente 40 °C, 60 °C e 80 °C. O teor de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) foi determinado por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. Os resultados indicaram que a temperatura de secagem não apresentou influência sobre o teor total de HPAs, exceto quando os grãos de arroz foram secos com madeira, onde o aumento da temperatura de secagem resultou em maior acúmulo de HPAs. O maior teor de HPAs foi observado nos grãos em que a madeira foi utilizada como fonte de aquecimento. Independentemente da fonte de aquecimento, o polimento dos grãos de arroz promove a redução do teor de HPAs.

Palavras-chave: Secagem, Aquecimento, Contaminação, Beneficiamento.

¹Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário S/N, 96160 000, Capão do Leão, RS. E-mail: ismaelbert@hotmail.com; jessicafh91@hotmail.com; wilnerperes@gmail.com; eliasmc@uol.com.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas. 96015-360, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: sanches@pelotas.ifsul.edu.br ; jandermonks@icloud.com

INTRODUÇÃO

A segurança durante o armazenamento é garantida pelo processo de secagem, que reduz o metabolismo dos grãos e diminui o potencial para o desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento (KUMAR; KALITA, 2017). O aquecimento é o método universalmente utilizado na secagem de grãos. Nesse processo a energia é fornecida ao ar de secagem na forma de calor, tornando o processo de secagem mais eficiente. O calor gerado pela queima de combustíveis orgânicos é a fonte de calor mais comum empregada. A queima da madeira é a principal fonte de aquecimento utilizada na indústria (cerca de 1,8 bilhões de metros cúbicos), representando 50% da madeira produzida no mundo (FAO, 2014). Outras fontes de combustível, como gás de petróleo liquefeito (GLP) e casca de arroz, são economicamente viáveis e amplamente utilizados no Brasil (IRRI, 2017).

A queima de material orgânico gera uma gama enorme em número de centenas a milhares de compostos que vão desde os mais conhecidos, como o monóxido de carbono e dióxido de carbono, até compostos que ainda não foram identificados, dentre essa enorme variabilidade de compostos produzidos durante a pirólise.

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são atualmente um dos principais grupos de contaminantes estudados. Esse grupo de compostos se caracteriza por apresentar dois ou mais anéis benzênicos na sua estrutura, e são altamente persistentes no ambiente, sendo contaminantes importantes para os processos que envolvam secagem e/ou defumação.

O estudo da influência da temperatura de secagem e da fonte de aquecimento sobre a contaminação dos grãos durante a secagem é de grande importância para que, se conhecendo a influência dos mesmos, possam ser desenvolvidas tecnologias e técnicas que auxiliem na diminuição da contaminação dos grãos e a produção de um alimento mais seguro. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o teor de HPAs em grãos de arroz submetidos a três diferentes temperaturas de secagem (40, 60 e 80°C) e quatro fontes de aquecimento (madeira, gás, casca de arroz e aquecimento elétrico).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de arroz da classe longo fino cultivados em sistema de irrigação por inundação no município de Pelotas – RS na safra 2015/2016. Os grãos foram colhidos com aproximadamente 20% de umidade e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (Labgrãos), onde foram submetidos à pré-limpeza em máquina de ar e peneira e mantidos resfriados até a secagem.

A secagem foi executada em protótipo de secador de leito fixo utilizando o método

estacionário de secagem, com uma vazão específica de secagem de aproximadamente 7,0 m³ ar.min-1.ton-1. Foram utilizados como fonte para aquecimento do ar de secagem: (a) madeira maturada de *Eucalyptus* sp., (b) casca de arroz (*Oryza sativa*), (c) gás liquefeito de petróleo (GLP) e (d) aquecimento elétrico. As temperaturas do ar de secagem na entrada do secador utilizadas foram respectivamente 40 °C, 60 °C e 80 °C.

Para as análises, os grãos foram beneficiados em engenho de provas Zaccaria (Modelo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil), sendo submetidos ao processo de descascamento e de polimento, com intensidade de polimento de 10% de remoção de farelo.

A extração de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) foi realizada de acordo com Escarrone et al. (2014). Os extratos de HAPs foram avaliados por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (Shimadzu, Kyoto, Japão). Os resultados foram expressos em µg kg⁻¹.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Os efeitos da temperatura de secagem e fontes de aquecimento foram comparados pelo teste Tukey ($P < 0,05$) e os efeitos do beneficiamento foram comparados pelo teste LSD ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os teores totais de HPAs em grãos de arroz após a secagem com diferentes fontes de aquecimento e temperaturas do ar de secagem.

TABELA 1. Efeito de diferentes fontes de aquecimento e temperaturas de secagem sobre a concentração (µg kg⁻¹) de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em grãos de arroz integral

Temperatura de secagem (°C)	Fonte de aquecimento			
	Madeira	Casca de Arroz	Gás	Elétrico
40	137,59 aB	45,72 bA	15,01 cA	6,73 dA
60	216,56 aA	40,89 bA	19,77 cA	8,43 dA
80	216,55 aA	45,72 bA	14,79 cA	6,90 dA

Média aritmética simples (n=3) seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna, e letras minúsculas iguais na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A temperatura de secagem não influenciou o teor de HPAs em amostras de arroz integral, exceto, para os grãos secos com madeira. Nesses grãos foi possível observar que o aumento da temperatura (60°C e 80°C) promoveu aumento de 57% no teor de HPAs, quando comparados com a temperatura de secagem de 40°C.

Lima et al. (2017) atribuíram em seu estudo com secagem de grãos de milho a concentração total de HPAs após a secagem como um fator dependente do tempo de exposição dos grãos ao ar aquecido, no entanto este comportamento não foi verificado neste estudo para todas as fontes de aquecimento. A concentração destes compostos no ar de secagem pode ser afetada por diversos fatores, nomeadamente fatores como o material pirolisado, temperatura de combustão, tempo de residência das moléculas na fornalha e concentração de oxigênio na queima (HUTT et al., 1978; MCGRATH; CHAN & MOHAMMAD, 2003).

O menor teor de HPAs em grãos de arroz secados com casca de arroz, quando comparados com grãos de arroz secados com madeira, pode ser atribuído ao fato da casca de arroz possuir menor tamanho de partícula, bem como maior uniformidade de tamanho, o que acarreta em uma combustão mais homogênea com melhor mistura de oxigênio, diminuindo a emissão de HPAs durante o período de secagem. A contaminação em grãos secados por GLP pode ser atribuída a combustão incompleta do gás durante a secagem, já que a intensidade da chama depende do fluxo regulado pelo queimador, podendo este ser excessivo não permitindo a completa combustão do gás.

A presença de HPAs em grãos secados com aquecimento elétrico indica que a contaminação por HPAs pode acontecer em etapas anteriores à secagem, os valores encontrados no presente estudo em grãos secados por aquecimento elétrico são similares aos encontrados por Lima et al. (2017) em amostras de milho não secadas. Esses compostos podem ser advindos da contaminação direta dos grãos ainda no campo ou em etapas posteriores de transporte, no entanto existe a possibilidade da própria poluição ambiental contribuir para esse aumento durante a secagem, sendo necessários estudos específicos para aferir as reais causas.

Na figura 1 estão apresentados os resultados dos teores totais de HPAs em grãos de arroz antes e após o processo de polimento. O processo de beneficiamento por polimento reduziu os teores de HPAs em todos os tratamentos, com reduções que variaram entre os 90,4 % e os 56,8%. Essa diminuição no teor de HPAs após o polimento se justifica pelo fato desses compostos, devido a sua alta lipofilicidade, ficarem adsorvidos as camadas externas dos grãos, onde se concentram os lipídeos dos grãos de arroz, dessa forma ao remover as camadas mais externas dos grãos no polimento, os HPAs adsorvidos são removidos juntamente.

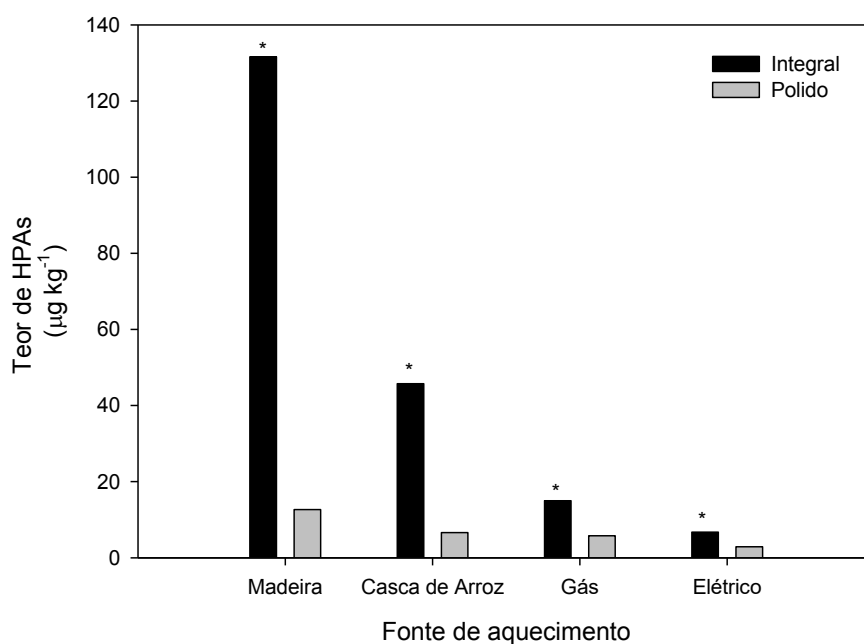


FIGURA 1. Teor de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) ($\mu\text{g kg}^{-1}$) em arroz integral e em arroz branco polido secos em diferentes fontes de aquecimento. * representa diferença significativa pelo teste LSD ($P < 0,05$).

Os resultados encontrados para grãos brancos polidos secados com GLP concordam com os reportados por Escarrone et al. (2014), no entanto os valores totais encontrados em grãos brancos polidos secados com madeira foram 10 vezes maiores no presente estudo. Não foram encontrados resultados similares a estes na literatura para grãos secados com casca de arroz.

REFERÊNCIAS

ESCARRONE, A. L. V.; CALDAS, S. S.; FURLONG, E. B.; MENEGHETTI, V. L.; FAGUNDES, C. A. A.; ARIAS, J. L. O. Polycyclic aromatic hydrocarbons in rice grain dried by different processes: Evaluation of a quick, easy, cheap, effective, rugged and safe extraction method. **Food Chemistry**, v. 146, p. 597-602, 2014

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014. Food Balance, Food Supply, and Crops Primary Equivalent of the World. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>. Acesso em 31 jul 2018.

HUTT, W.; MEIERING, A.; OELSCHLAGER, W.; WINKLER, E. Grain contamination in drying with direct heating. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 20, p. 103-107, 1978.

INTERNATIONALRICE RESEARCH INSTITUTE, 2017. Step-By-Step Production. Heating System. Disponível em: http://www.knowledgebank.irri.org/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=629&Itemid=168. Acesso em 31 jul 2018.

KUMAR, D.; KALITA, P. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. **Foods**, v. 6, p. 8, 2017.

LIMA, R. F.; DIONELLO, R. G.; PERALBA, M. C. R.; BARRIONUEVO, S.; RADUNZ, L.L.; JUNIOR, F. W. R. PAHs in corn grains submitted to drying with firewood. **Food Chemistry**, v. 215, p. 165-170, 2017.

MCGRATH, T. E.; CHAN, W. G.; MOHAMMAD R. H. Low temperature mechanism for the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons from the pyrolysis of cellulose. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 66, p. 51–70, 2003.