



AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS PARA OBTENÇÃO DE FARINHA DE PINHÃO (*Araucaria angustifolia*)

REIS N. N.¹, BALBINOTTI D. V.², QUAST L. B.³

1 Introdução/Justificativa

Um dos principais métodos de processamento e conservação que pode ser utilizado como uma alternativa de comercialização de pinhões fora de safra, é o método de secagem (Santos, 2016). A taxa de secagem é determinada por diversos meios que governam esse mecanismo de transferência de massa. A determinação das isotermas de sorção é uma ferramenta importante para avaliar e prever a estabilidade da vida de prateleira, condições de armazenamento, além de problemas de embalagem encontrados pelos alimentos durante seu armazenamento.

2 Objetivo

O objetivo do trabalho é avaliar a influência da temperatura na difusividade da água pelo pinhão durante a sua secagem, e isotermas de sorção para obtenção da farinha de pinhão para posterior aplicação em alimentos.

3 Material e Métodos/Metodologia

O presente estudo foi desenvolvido nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – *campus* Laranjeiras do Sul- PR. Todos os testes e análises descritas na metodologia foram realizados em triplicata e os resultados avaliados estatisticamente no nível de 95% de confiança. As sementes de pinhão foram adquiridas no comércio local durante o período da safra de 2019. A cocção dos pinhões foi realizada em pressão atmosférica na temperatura de 100°C até total cocção (75min). Após esse processo, os pinhões foram descascados, triturados em um multiprocessador de escala de laboratório para obtenção da pasta de pinhão. Para o estudo da secagem, a pasta de pinhão foi espalhada em placas de petri com espessura de 0,5 cm. A secagem foi realizada em estufa com circulação e renovação forçada de ar. Realizou-se estudos da cinética de secagem da pasta de pinhão cozido em quatro temperaturas (50°C, 60°C, 70°C e 80°C) e para a pasta de pinhão cru em temperatura de 70°C. As curvas da taxa de secagem foram obtidas através da derivada matemática das equações das cinéticas de secagem e o cálculo do coeficiente de difusão da água pela pasta de pinhão foi determinado utilizando-se a equação que representa a difusão em regime transiente, descrita por Singh e Heldman (2009), (Equação 1).

$$\text{Equação 1: } t = \frac{4d^2}{\pi D_{ab}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{X_c - X_e}{X - X_e} \right) \right]$$

Onde: d representa a espessura característica do material durante a secagem. X_c é a umidade crítica, determinada pelo início da taxa de secagem decrescente, X_e é a umidade de equilíbrio e X é a umidade que depende de cada tempo de secagem. O D_{ab} representa o coeficiente efetivo de difusão da água pela pasta de pinhão.

¹Discente, instituição Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul, contato: naiarareis.nobe@gmail.com

² Discente, instituição Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul, contato: dielyvargasbalbinotti@gmail.com

³Docente, instituição Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Laranjeiras do Sul, contato: leda.quast@uffs.edu.br. **Orientador.**

Após a secagem da pasta, a mesma foi submetida a um processo de trituração em moinho adequado seguido de peneiramento para padronização da granulometria. As isotermas de sorção da farinha de pinhão foram determinadas através do método estático seguindo metodologia descrita por Oliveira, Afonso e Costa (2011). A faixa de atividade de água utilizada variou entre 0,111 e 0,904.

4 Resultados e Discussão

Os dados médios das triplicatas são apresentados na Figura 1. Pode-se observar que quanto maior a temperatura utilizada, menor o tempo de secagem. O comportamento de todas as curvas foi explicado pelo ajuste exponencial: $x_{bs}(t) = a \cdot e^{bt}$, sendo a e b constantes. Avaliando-se os resultados obtidos, é possível observar que a amostra submetida a 80°C apresentou elevada umidade ao término do processo de secagem, isto pode ter ocorrido devido a elevada desidratação superficial da pasta, que proporcionou uma barreira à saída de água. A umidade obtida com tratamento a temperatura de 50°C foi elevada, mostrando que esta temperatura não proporciona energia suficiente para a correta secagem da pasta. Para o melhor entendimento das condições de secagem, foram plotadas curvas da taxa de secagem obtidas por meio da derivada das equações das cinéticas de secagem, que são apresentadas na Figura 2.

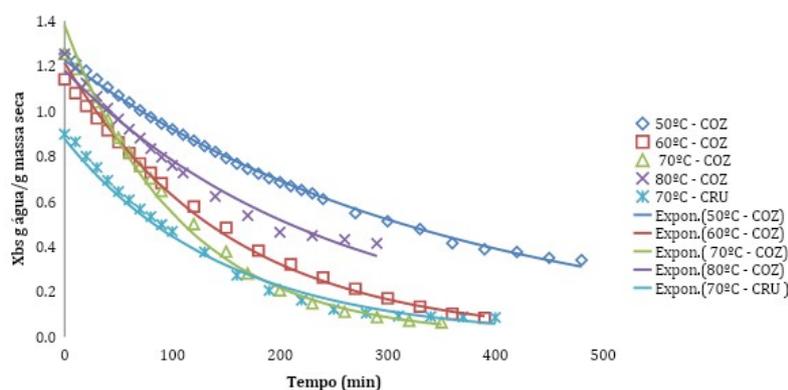


Figura 1. Curvas de secagem de pasta de pinhão em diferentes temperaturas.

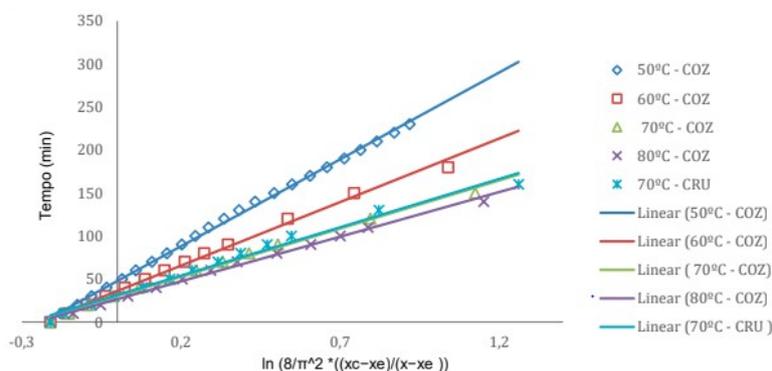


Figura 2. Linearização da cinética de secagem em diferentes temperaturas.

NOTA: Valores médios das análises das amostras feitas em triplicata. Sendo 50°C – COZ, 60°C – COZ, 70°C – COZ e 80°C – COZ, correspondentes as temperaturas utilizadas para o tratamento da pasta de pinhão cozido e 70°C – CRU temperatura utilizada para o tratamento da pasta de pinhão cru.

Através das curvas da taxa de secagem, observa-se que não há período de secagem constante, o que indica que o processo ocorreu em regime transiente, onde a transferência de massa é dada pelo processo de difusão (Nascimento et al. 2015). Os coeficientes de difusão determinados para as pastas tratadas em diferentes temperaturas são expressos na Tabela 1.



A partir dos dados é possível verificar que com o aumento da temperatura do ar utilizado na secagem, maior é o coeficiente de difusão. Pode-se notar que apesar do processo de cocção ter proporcionado maior dificuldade para a retirada de umidade do alimento durante o processo de secagem, os coeficientes de difusão para a pasta de pinhão cru e cozido não apresentaram diferença significativa.

Tabela 1- Coeficientes de difusão de pasta de pinhão em diferentes temperaturas.

Temperatura	Dab (cm ² /s)
50°C – COZ	(1,43± 0,02) x 10 ^{-7b}
60°C – COZ	(1,58± 0,16) x 10 ^{-7b}
70°C – COZ	(2,50± 0,00) x 10 ^{-7a}
80°C- COZ	(2,53± 0,10) x 10 ^{-7a}
70°C – CRU	(2,25± 0,19) x 10 ^{-7a}

Resultados são expressos como média ± desvio padrão da média. Letras diferentes na mesma coluna representam resultados diferentes pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Através dos resultados obtidos, foi escolhida a temperatura de 70°C para a realização do estudo das isotermas de sorção nas temperaturas de 25°C e 35°C.

Para o presente estudo quatro equações foram utilizadas, os ajustes matemático foram realizados pelo software Origin 8.5 e se encontram na Tabela 2.

Tabela 2- Ajustes matemáticos para isotermas de farinha de pinhão cozida a 25°C e 35°C

Modelo	Constantes	25°C	35°C	R ²	
				25°C	35°C
GAB - $X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot k \cdot aw}{(1 - k \cdot aw) \cdot (1 - k \cdot aw + C \cdot k \cdot aw)}$ (Van den Berg, 1985)	X _m	1,1762	1,17738	0,8387	0,8246
	C	2,17E44	2,8E+44		
	k	0,2908	0,2743		
Peleg - $X_{eq} = k_1 \cdot aw^{n_1} + k_2 \cdot aw^{n_2}$ (Peleg, 1993)	k ₁	0,5917	0,5762	0,9950	0,9965
	k ₂	1,3922	1,3907		
	n ₁	6,6290	7,4050		
	n ₂	0,0506	0,0534		
Oswin - $X_{eq} = A \cdot \left(\frac{aw}{1 - aw} \right)^B$ (Lomauro et al., 1985)	A	1,3821	1,3693	0,8930	0,8912
	B	0,0691	0,0648		
Smith - $X_{eq} = A + (B \cdot \log(1 - aw))$ (Smith, 1947)	A	1,2253	1,2236	0,9766	0,9666
	B	-0,42635	-0,3951		

X_{eq}, umidade de equilíbrio (g de água/g massa seca); aw, atividade de água; X_m, conteúdo de umidade de monocamada (g de água/g massa seca); A, B, C, K, k₁, k₂, n₁, n₂, k, parâmetros das equações.

A Figura 3 mostra as curvas obtidas relacionando a umidade de equilíbrio (X_{eq}) da farinha de pinhão com a sua atividade de água (aw) para as temperaturas estudadas. Como esperado a umidade de equilíbrio diminui com a diminuição dos valores de aw. As isotermas podem ser classificadas como Tipo II, comum para sistemas não porosos, sendo que esta é a forma de isoterma mais comum em alimentos (Medeiros et al. 2006). Pode-se notar que as curvas apresentam comportamento similar, o que indica pouca influência entre temperaturas de 25° e 35°C para as isotermas de sorção da farinha. O modelo de Peleg, foi o que melhor se ajustou aos dados, tendo R²>0.96 para as duas temperaturas. Observou-se que, de forma geral quando a temperatura aumenta para o mesmo valor de aw o conteúdo de umidade de equilíbrio diminui. Esse comportamento, segundo Lahsasni et al. (2003), é atribuído ao alto estado de excitação das moléculas de água, em temperaturas elevadas, diminuindo as forças de atração entre as moléculas.

5 Conclusão

Pode-se concluir que os coeficientes de difusão para a pasta de pinhão cru e cozido não apresentaram diferença significativa. Os resultados mostram que a temperatura de 70°C é uma boa temperatura para a obtenção da farinha de pinhão, e que a temperatura, na faixa estudada, tem um efeito pequeno nas isotermas de sorção. O modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou, mostrando que o mesmo pode ser utilizada para estimar a representação higroscópica do fenômeno, nas condições do estudo.

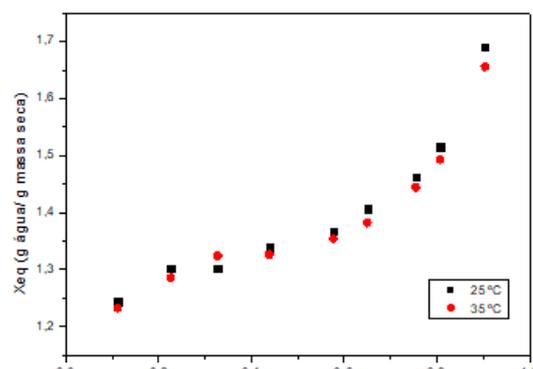


Figura 3: Curvas das isotermas de sorção

Referências

- Lahsasni, S. et al. Moisture adsorption-desorption isotherms of prickly pear cladode (*Opuntia ficus indica*) at different temperatures. *Energy Conversion & Management*, Marrakech, v. 44, n. 6, p. 923-936, 2003.
- Lomauro, C.J.; Bakshi, A.S.; Labuza, T.P. (1985). Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 18(2), 111-117.
- Medeiros, M. L.; Ayrosa, A. M. I. B.; Pitombo, R. N. M.; Lannes, S. C. S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. *Journal of Food Engineering*, v.73, p.402-406, 2006.
- Nascimento, V. R. G. et al. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de Moringa oleifera. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 19, n. 7, p. 686-692, July 2015.
- Oliveira, V.S., Afonso, M.R.A., Costa, J.M.C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p.342- 348, 2011.
- Peleg, M. (1993). Assessment of a semi empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. *Journal of Food Processing Engineering*, 16(1), 21-37.
- Santos, C.H.K. Otimização Multiobjetivo da Extração de Compostos Antioxidantes do resíduo da casca de semente de pinhão (*Araucária angustifolia* (Bertol.) Kuntze). 2016 – Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.
- Singh, R. P.; Heldman, D. R. *Introduction to Food Engineering*. San Diego: Academic Press, 2009.
- Smith, S.E. (1947). The sorption of water vapour by high polymers. *Journal of the American Chemical Society*, 69, 646.
- Van den Berg, C. (1985). Development of B.E.T. like models for sorption of water of foods; theory and relevance. In D. Simatos & J.L. Multon (Eds), *Properties of water in foods* (119-135).

Palavras-chave: processo, pinhão, isotermas, coeficiente de difusividade

Financiamento

Fundação Araucária