

DESCRIÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM DE PIMENTA DE CHEIRO POR MODELAGEM MATEMÁTICA

**POLYANA BARBOSA DA SILVA^{1*}; SEMIRAMES DO NASCIMENTO SILVA²;
JOANA D'ARC PAZ DE MATOS³; ZANELLI RUSSELEY TENÓRIO COSTA⁴; JOSIVANDA PALMEIRA
GOMES⁵**

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, polyanabs@hotmail.com;

²Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, semirames.agroecologia@gmail.com;

³Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, joanadarcpm@hotmail.com;

⁴Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, zanelli.tenorio@afogados.ifpe.edu.br;

⁵Dra. Profa. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, josivanda@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018

21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo determinar a cinética de secagem de pimenta de cheiro, por meio de diferentes modelos matemáticos. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, da Universidade Federal de Campina Grande. Foram utilizadas pimentas de cheiro adquiridas no comércio da cidade de Campina Grande-PB. As amostras foram pesadas periodicamente até o equilíbrio higroscópico ser atingindo. Os modelos matemáticos de Wang e Singh, Henderson e Pabis, Newton, Page e Thompson foram ajustados aos dados experimentais. O melhor ajuste foi determinado em função dos valores do coeficiente de determinação (R^2) e Desvio Quadrado Médio (DQM). Os resultados obtidos mostraram que a secagem da pimenta é influenciada pela temperatura do ar de secagem, visto que, quanto maior a temperatura do ar de secagem, menor o tempo necessário para atingir o equilíbrio de umidade das amostras. O modelo de Henderson e Pabis foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, sendo, portanto, o modelo selecionado para descrever a cinética de secagem da pimenta de cheiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Capsicum L.*, modelos matemáticos, perda de massa, temperatura.

DESCRIPTION OF THE SMELLING PEPPER DRYING KINETICS BY MATHEMATICAL MODELING

ABSTRACT: The present work had as objective to determine the kinetics of drying of chili pepper, by means of different mathematical models. The work was conducted at the Laboratory of Processing and Storage of Agricultural Products, Federal University of Campina Grande. Smell peppers purchased commercially from the city of Campina Grande-PB were used. The samples were weighed periodically until the hygroscopic equilibrium was reached. The mathematical models of Wang and Singh, Henderson and Pabis, Newton, Page and Thompson were fitted to the experimental data. The best fit was determined according to the coefficient of determination (R^2) and Mean Square Deviation (DQM) values. The results showed that the drying of the pepper is influenced by the temperature of the drying air, since the higher the drying air temperature, the shorter the time required to reach the moisture balance of the samples. The model of Henderson and Pabis was the one that best fit the experimental data, being, therefore, the selected model to describe the kinetic of drying of the pepper of smell.

KEYWORDS: *Capsicum L.*, mathematical models, mass loss, temperature.

INTRODUÇÃO

As pimenteiras do gênero *Capsicum* pertencem à família Solanaceae e apresentam frutos com grande diversidade genética em termos de cor, tamanho, forma, composição química e grau de pungência ou picância (Chuah et al., 2008). O número total de espécies de *Capsicum* spp. conhecido até o momento são 35, distribuídas segundo o grau de domesticação: cinco domesticadas, dez semidomesticadas e 20 silvestres (Porto & Silva, 2013).

O desenvolvimento e o emprego de tecnologias adequadas à melhor conservação dos produtos agrícolas, a exemplo da pimenta de cheiro e de suas características qualitativas são de extrema importância, uma vez que ampliam o período de comercialização do produto, facilitam o armazenamento e o transporte, além de garantir a qualidade necessária ao seu uso como insumo na indústria de alimentos (Vasconcelos, 2000).

A secagem é o processo comercial bastante utilizado para a preservação da qualidade dos produtos agrícolas. Consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto logo após a maturidade fisiológica, para que promova longos períodos de armazenamento, sem que ocorram perdas significativas durante o processo (Martinazzo et al., 2010). O estudo e a modelagem matemática tem despertado o interesse de vários pesquisadores para os mais diversos produtos (Faria et al., 2012). Apesar de sua reconhecida importância econômica e social, a cultura da pimenta ainda é pouco estudada no Brasil.

Com base no exposto, torna-se de fundamental importância o emprego de modelos matemáticos para representar o processo de secagem de pimenta de cheiro, haja vista que as informações geradas são de grande valor para o desenvolvimento de equipamentos e previsão dos tempos de secagem (Silva & Alves, 2009). Sendo assim, teve-se como objetivo determinar a cinética de secagem de pimenta de cheiro, por meio de diferentes modelos matemáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Foram utilizadas pimentas de cheiro adquiridas no comércio da cidade de Campina Grande-PB.

A secagem foi realizada com três repetições, utilizando-se estufa com velocidade de ar de 1 m/s, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. As amostras foram uniformemente espalhadas em bandejas teladas de aço, formando uma camada dupla de aproximadamente 0,5 cm de espessura. Para o processo de secagem, foram realizadas pesagens no início e, posteriormente, em intervalos regulares até peso constante da massa. Com os dados experimentais foram calculados os valores da razão de umidade conforme a Equação 1.

O teor de água inicial e final da pimenta foi determinado conforme Brasil (2008) em estufa a 105 °C. A partir dos dados obtidos durante a secagem foram construídos gráficos de curva de secagem (massa reduzida em função do tempo).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e}$$

Em que:

RX: razão de água, adimensional;

X: teor de água, base seca (%);

X_e: teor de água de equilíbrio, base seca (%);

X₀: teor de água inicial, base seca (%).

Foram utilizados cinco modelos matemáticos para ajustes dos dados de secagem, que estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para ajustes dos dados de secagem de pimenta de cheiro nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Designação do modelo	Equação
Wang e Singh	$RU = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$
Henderson e Pabis	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t)$
Newton	$RU = \exp(-k \cdot t)$

Thompson

$$RU = \exp\left(\frac{-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}}{2 \cdot b}\right)$$

Em que:

RU: razão de umidade do produto, adimensional;

t: tempo de secagem, h;

k: coeficiente de secagem;

a, b: constantes dos modelos.

Para a aplicação dos modelos matemáticos dos dados experimentais foi utilizado o programa computacional Statistica 7.0 por meio de análises de regressão não linear. O ajuste de cada modelo foi avaliado quanto ao coeficiente de determinação (R^2) e Desvio Quadrado Médio (DQM).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 têm-se as cinéticas de secagem em camada fina da pimenta de cheiro em diferentes temperaturas. Notou-se que a utilização de temperaturas mais elevadas reduz o tempo de secagem, ou seja, aumentou a taxa de perda de água. O tempo de secagem diminuiu de 310 minutos para 160 minutos quando a temperatura aumentou de 60 para 70 °C.

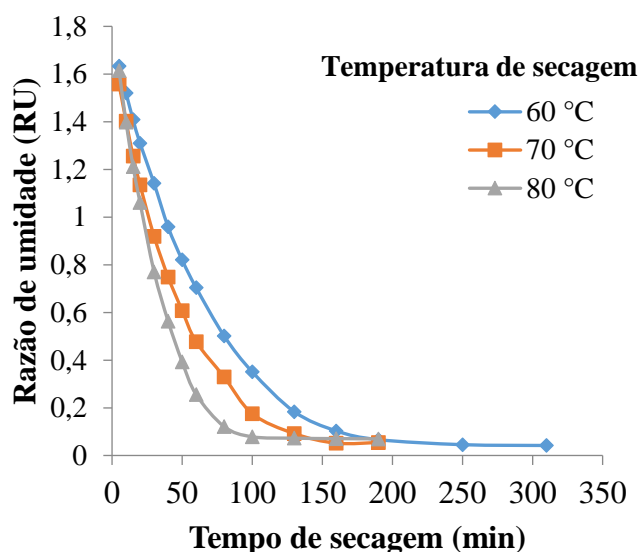


Figura 1 - Cinética de secagem da pimenta de cheiro em diferentes temperaturas de secagem.

Melo et al. (2015) estudando a secagem da pimenta de cheiro nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, verificaram os tempos de secagem de 540, 490 e 400 minutos, respectivamente, sendo menor com o aumento da temperatura. Relacionando os estudos, percebeu-se que o tempo de secagem neste trabalho foi inferior 36,73% a 60 °C e 60% a 70 °C. Esse comportamento deve-se ao fato das maiores taxas de remoção de água do produto ocorrerem nas maiores temperaturas, o que reduz o tempo de secagem.

Na Tabela 2 encontram-se os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e o Desvio Quadrado Médio (DQM) calculados para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem da pimenta nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Observou-se que a maioria dos modelos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) inferiores a 90,00 sendo considerado um ajuste não satisfatório, provavelmente, ocasionado por variações de temperatura detectadas no aparelho durante o processo de secagem.

Tabela 2 - Parâmetros de ajuste da cinética de secagem de pimenta de cheiro, coeficientes de determinação (R^2) e Desvio Quadrado Médio (DQM) referentes aos modelos matemáticos nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C.

Modelos	T (°C)	Parâmetros				R^2	DQM
		a	k	b	n		
Wang e Singh	60	-0,006	-	0,0001	-	72,466	0,245
	70	-0,008	-	0,00002	-	79,632	0,197
	80	-0,009	-	0,00002	-	75,401	0,219
Henderson e Pabis	60	1,542	0,012	-	-	91,778	0,134
	70	1,458	0,016	-	-	92,570	0,119
	80	1,494	0,022	-	-	90,107	0,139
Newton	60	-	0,007	-	-	69,732	0,257
	70	-	0,010	-	-	77,459	0,207
	80	-	0,013	-	-	75,636	0,218
Page	60	-	0,00014	-	1,896	79,541	0,211
	70	-	0,00012	-	2,063	86,057	0,163
	80	-	0,00018	-	2,137	84,948	0,171
Thompson	60	-3248,27	4,882	-	-	69,732	0,257
	70	-2536,13	5,117	-	-	77,458	0,207
	80	-3059,01	6,514	-	-	75,636	0,218

Contudo, dentre os modelos matemáticos analisados, o modelo de Henderson e Pabis, foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, por apresentar coeficiente de determinação com valores superiores a 90,00 e valores de DQM inferiores a 0,139 para as temperaturas estudadas.

Analisando os modelos matemáticos (Tabela 2), verificou-se que as temperaturas apresentaram influência no coeficiente de secagem (R^2) e nas constantes de secagem da pimenta, em que o valor de k e n tiveram acréscimo com o aumento da temperatura, com exceção do modelo de Page onde o k diminuiu com o aumento da temperatura de 60 °C para 70 °C, enquanto que, a constante b diminuiu com o aumento da temperatura de 60 para 70 °C.

Reis et al. (2015) obtiveram comportamento concordante com o coeficiente k ao determinar e analisar a cinética de secagem da pimenta bico em diferentes condições de temperatura.

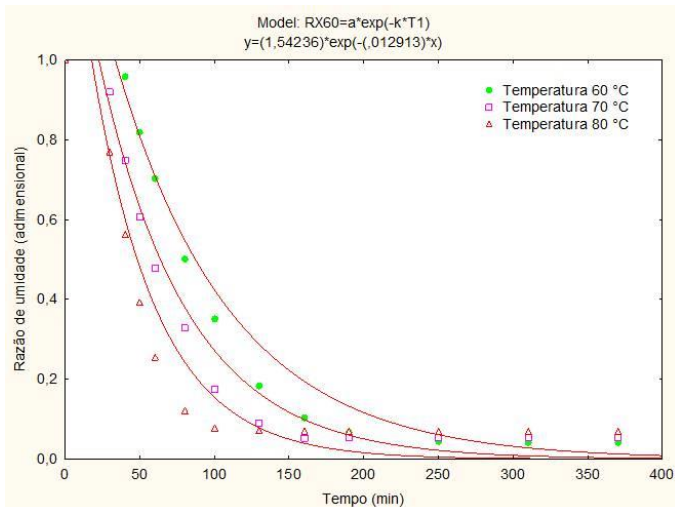


Figura 2 - Curva de secagem da pimenta de cheiro determinada pelo modelo matemático de Henderson e Pabis nas temperaturas de secagem de 60, 70 e 80 °C.

CONCLUSÃO

O modelo de Henderson e Pabis foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, sendo, portanto, o modelo selecionado para descrever a cinética de secagem da pimenta de cheiro. O aumento da temperatura de secagem promoveu uma redução no tempo necessário para que as pimentas atingissem a umidade de equilíbrio higroscópico.

Apesar dos valores dos coeficientes de determinação (R^2) não terem atingido valores superiores a 98%, a constante de secagem (k) aumentou com a elevação da temperatura, indicando que a taxa de secagem aumentou com a elevação desta variável no processo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 4 ed., v. 1, 2008. 1020p.
- Chuah, A. M.; Lee, Y. C.; Yamaguchi, T.; Takamura, H.; Yin, L. J.; Matoba, T. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry Barking*, v. 111, n. 1, p. 20-28, 2008.
- Faria, R. Q.; Teixeira, I. R.; Devilla, I. A.; Ascheri, D. P. R.; Resende O. Cinética de secagem de sementes de crambe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, p. 573-583, 2012.
- Martinazzo, A. P.; Melo, E. C.; Correa, P. C.; SANTOS, R. H. S. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 12, n. 4, p. 488-498, 2010.
- Melo, J. C. S.; Pereira, E. D.; Oliveira, K. P.; Costa, C. H. C.; Feitosa, R. M. Estudo da cinética de secagem da pimenta de cheiro em diferentes temperaturas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n.2, p. 09-14, 2015.
- Porto, F. R. C.; Silva, J. C. Etnobotânica e uso medicinal da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) pelos horticultores e consumidores da horta comunitária da Vila Poty, Teresina, Piauí, Brasil. *Revista FSA: Periódico Científico da Faculdade Santo Agostinho*, v. 9, n. 1, p. 139-152, 2013.
- Reis, D. R. D.; Dantas, C. M. B.; Silva, F. S. Da; Porto, A. G.; Soares, E. J. O. Caracterização biométrica e físico-química de pimenta variedade biquinho. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, v. 11, n. 21, p. 454, 2015.
- Silva, L. R. Da; Alves, R. E. Caracterização físico-química de frutos de “mandacaru”. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba*, v. 7, n. 2, p. 199-205, 2009.
- Vasconcelos, A. R. D. Utilização de cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caqui cv. Fuyu. Lavras, 2000, 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras-MG, 2000.