

CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA COM E SEM PRÉ-TRATAMENTO D3S

Carlos Brian Oliveira de Carvalho¹ ; Patricia Moreira Azoubel²

¹Estudante do Curso de Engenharia Química-CTG-UFPE; E-mail: carlos_bry@hotmail.com.br,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Química –CTG –UFPE. E-mail: patricia.azoubel@ufpe.br.

Sumário: O objetivo deste trabalho foi estudar a cinética de secagem de manga com e sem pré-tratamento. A técnica D3S (estágio duplo de substituição de açúcar) foi utilizada como pré-tratamento, sendo que, no primeiro estágio, as amostras foram imersas em água destilada, colocadas em um banho ultrassônico a 30°C e frequência do ultrassom de 25 kHz por 30 min. No segundo estágio, as amostras foram imersas em soluções contendo *Stévia* nas concentrações de 50% (p/p) e conduzidas a um banho ultrassônico por 30 min, sendo submetidas a dois níveis de frequência (0 kHz ou D3S1 e 25 kHz ou D3S2). A secagem foi conduzida em secador de leito fixo a temperatura de 60°C e velocidade do ar de 2 m/s. As amostras pré-tratadas obtiveram taxas de secagem mais elevadas, exigindo menos tempo para atingir o mesmo teor de umidade final. O modelo exponencial de dois termos apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais de manga desidratada, apresentando valores do coeficiente de determinação próximos a 1 e desvio médio relativo inferiores a 2%.

Palavras-chave: *Mangifera indica L.*; modelos de secagem; ultrassom.

INTRODUÇÃO

Atualmente com as atenções voltadas à qualidade do alimento, no caso de fruta e verduras, o processo convencional de secagem associado a um pré-tratamento vem sendo bastante utilizado. O tratamento ultrassônico representa mais um emergente e promissor pré-tratamento, com a finalidade de preservar a qualidade do alimento, e envolve a imersão do material em água ou soluções hipertônicas aquosas, na qual o ultrassom é aplicado (Fuente-Blanco et al., 2006). Ondas ultrassônicas aplicadas ao alimento podem provocar séries rápidas e alternadas de compressão e expansão do mesmo (efeito esponja). As forças envolvidas por este mecanismo podem ser maiores que a tensão superficial que mantém a umidade dentro dos capilares do alimento, criando canais microscópicos que podem facilitar a remoção da água fortemente ligada presente no material (Fuente-Blanco et al., 2006). Com a atenção do consumidor por dietas que recomendam o consumo de frutas e verduras e também a redução das calorias ingeridas (Dietz et al., 2009), produtos com teor reduzido de açúcares tornam-se uma grande tendência na indústria de alimentos. Um novo pré-tratamento usando ultrassom, denominada estágio duplo de substituição de açúcar (D3S), foi proposto para produção de frutas secas de baixa caloria. Nessa técnica, no primeiro estágio, aplica-se um tratamento ultrassônico na fruta, para remoção de açúcares calóricos desta, enquanto no segundo estágio há a intenção de introduzir um adoçante natural à fruta pela sua imersão em uma solução do adoçante natural (Garcia-Noguera et al., 2010). O presente trabalho teve como objetivo o estudo da cinética de secagem de manga, avaliando o efeito do uso do pré-tratamento ultrassom e/ou desidratação osmótica, através da aplicação da técnica D3S.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas mangas maduras da variedade Tommy Atkins, adquiridas no mercado local (Recife, PE). A matéria prima, previamente selecionada, limpa e descascada manualmente, foi cortada em retângulos (5,0 x 3,0 cm) de 0,5 cm de espessura. As amostras de manga foram colocadas em Erlenmeyer de 250 mL contendo água destilada e submetidas a ondas ultrassônicas por 30 min a uma frequência de 25 Hz a 30°C. A relação amostra água destilada utilizada foi de 1:4. Após o tempo de imersão pré-determinado, as amostras foram retiradas da água destilada, colocadas em papel absorvente, secas, pesadas e submetidas ao estágio 2, onde foi utilizado um adoçante natural a base de *Stévia* para elaboração das soluções osmóticas, em concentração de 50% (p/p). A relação amostra:solução foi de 1:4, e os experimentos foram conduzidos utilizando um banho ultrassônico nas mesmas características descritas no estágio anterior, sendo as amostras submetidas a dois níveis de frequência (0 kHz ou D3S1 e 25 kHz ou D3S2). Após o tempo de imersão pré-determinado, as amostras foram retiradas da solução, colocadas em papel absorvente, secas, pesadas e encaminhadas para a secagem. No processo de secagem foi utilizado um secador de leito fixo, temperatura do ar de secagem de 60°C e velocidade de 2 m/s. As pesagens das amostras foram realizadas em balança semi-analítica em intervalos de 15 em 15 minutos durante a primeira hora de processo, e de 30 em 30 minutos até o equilíbrio dinâmico. O estudo da cinética de secagem convectiva foi realizado a partir dos dados do adimensional de umidade (MR). Os modelos descritos na Tabela 1 foram utilizados para ajuste aos dados experimentais.

Tabela 1. Modelos matemáticos para cinética de secagem

Modelo	Equação	Referências
Exponencial simples	$MR = \exp(-kt)$	Abe e Afzal (1997)
Page	$MR = \exp(-kt^v)$	Karathanos <i>et al.</i> (1999)
Henderson e Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Henderson e Pabis (1961)
Logaritmo	$MR = a \exp(-kt) + c$	Yaldiz <i>et al.</i> (2001)
Exponencial dois termos	$MR = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	Ozdemir e Devres (1999)
Wang e Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Wang e Singh (1978)

Onde: k , v , a , b , c , k_0 e k_1 são constantes dos modelos; t é o tempo de secagem (s).

O erro relativo médio (P) foi calculado através da Equação 1 (Lomauro *et al.*, 1985), a fim de avaliar se os modelos utilizados foram ou não preditivos ($P < 10\%$).

$$P = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|V_P - V_O|}{V_O} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: P é o desvio relativo médio (%); V_P são os valores preditos pelo modelo; V_O são os valores observados experimentalmente; N é número de pontos experimentais.

RESULTADOS

Os valores de análise estatística dos modelos encontram-se resumidos na Tabela 2. A Figura 1 apresenta a variação dos valores preditos e experimentais do adimensional de umidade (MR) com o tempo (t).

Tabela 2. Parâmetros dos modelos e resultados estatísticos

Modelo	T (°C)	R ²	P (%)
Exponencial simples	Sem pré-tratamento	0,98	59,58
	D3S1	0,99	12,32
	D3S2	0,99	58,13
Page	Sem pré-tratamento	0,99	5,22
	D3S1	0,99	4,66
	D3S2	0,99	6,51
Henderson e Pabis	Sem pré-tratamento	0,98	59,31
	D3S1	0,99	70,17
	D3S2	0,99	58,03
Logaritmo	Sem pré-tratamento	0,99	4,78
	D3S1	0,99	46,62
	D3S2	0,99	40,84
Exponencial termos	dois Sem pré-tratamento	0,99	0,95
	D3S1	0,99	1,03
	D3S2	0,99	1,57
Wang e Singh	Sem pré-tratamento	0,78	189,50
	D3S1	0,76	253,18
	D3S2	0,81	223,11

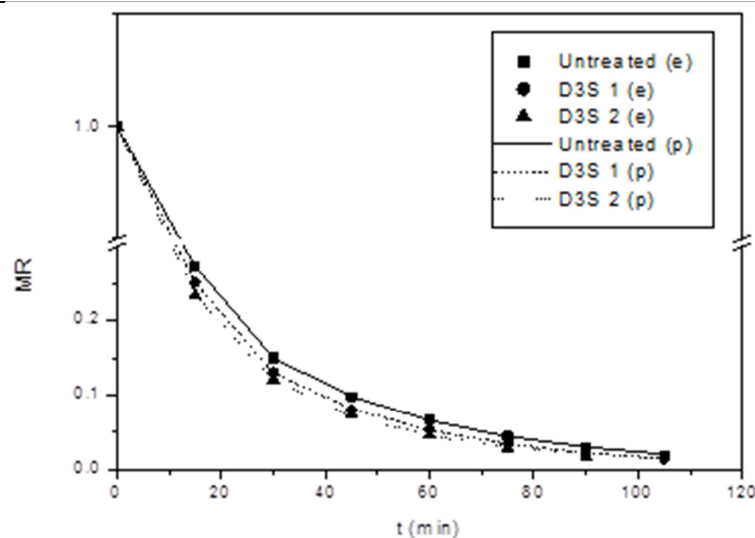


Figura 1. Valores experimental (e) e predito (p) pelo modelo exponencial de dois termos para a amostra sem pré-tratamento (untreated) e pré-tratadas (D3S1, D3S2).

DISCUSSÃO

O modelo exponencial de dois termos apresentou bons valores de R² e erro médio relativo variando de 0,95 a 1,57. Resultados semelhantes foram obtidos por Azoubel et al. (2009) para o caju. As mudanças na difusividade tiveram grande significância durante o estágio de secagem. Por exemplo, se mangas são secas até um conteúdo de umidade final de 0,33 kg H₂O/kg massa seca (25%, base úmida), que é o valor máximo permitido para frutas secas, segundo a legislação brasileira, serão necessários 100 min para a secagem das amostras sem pré-tratamento, enquanto que submetendo a fruta ao pré-tratamento D3S, o tempo de secagem será reduzido para 84 min (D3S 1) ou para 77 min (D3S 2), devido ao aumento na difusividade de água. O tratamento com ultrassom reduziu o tempo de secagem 23%. Da mesma forma, Nowacka et al. (2012), que secaram maçã tratada com ultrassom, relataram a redução do tempo de secagem em mais de 30% em comparação com a amostra de referência. Isso confirma as observações de Fuente-Blanco et al. (2006) que o ultrassom

afeta o tecido da fruta, tornando mais fácil a difusão da água durante a secagem. Esse fenômeno acontece devido à formação de micro-canais durante a aplicação ultrassom, o que torna mais fácil da água difundir em direção à superfície da fruta, como observado por Fernandes et al. (2008).

CONCLUSÕES

As amostras pré-tratadas obtiveram taxas de secagem mais elevadas e a análise estatística dos modelos matemáticos mostrou que o exponencial de dois termos proporcionou a melhor representação da cinética de secagem da manga com e sem pré-tratamento.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro e a UFPE pela oportunidade em participar como bolsista voluntário do PIBIC.

REFERÊNCIAS

- Abe, T. & Afzal, T.M. (1997). Thin-layer in infrared radiation drying of rough rice. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67, 289-297.
- Azoubel, P.M., El-Aouar, A.A., Tonon, R.V., Kurozawa, L.E., Antonio, G.C., Murr, F.E.X., & Park, K.J. (2009). Effect of osmotic dehydration on the drying kinetics and quality of cashew apple. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 980-986.
- Dietz, W. H.; Benken, D. E.; Hunter, A. S. Public health law and the prevention and control of obesity. *Milbank Quarterly*, v. 85, p 215-227, 2009.
- Fernandes, F.A.N., Gallão, M.I. & Rodrigues, S. (2008). Effect of osmotic dehydration and ultrasound as pre-treatment on cell structure: melon dehydration. *LWT - Food Science and Technology*, 41, 604-610.
- Fuente-Blanco, S., Sarabia, E.R.F., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco-Blanco, A., & Gallego-Juárez, J.A. (2006). Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44, 523-527.
- Garcia-Noguera, J., Weller, C.L., Oliveira, F.I.P., Rodrigues, S. & Fernandes, F.A.N. (2010). Dual-stage sugar substitution in strawberries with a *Stevia*-based sweetener. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 225-230.
- Henderson, S.M. & Pabis, S. (1961). Grain drying theory. Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6, 169-174.
- Karathanos, V.T.; Belessiotis, V.G. Application of a thin-layer equation to drying data of fresh and semi-dried fruits, *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 74: p.355-361, 1999.
- Lomauro C.J., Bakshi A.S., & Labuza T.P. (1985). Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: fruit, vegetable and meat products. *LWT - Food Science and Technology*, 18, 111-117.
- Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., Jurek, N., & Witrowa-Rajchert, D. (2012). Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113, 427-433.
- Ozdemir, M., Devres, Y.O. (1999). The thin-layer drying characteristics of hazelnuts during roasting, *Journal of Food Engineering*, 42, 225-233.
- Wang, C.Y. & Singh, R.P. (1978). Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *ASAE Paper*, 78-6505, ASAE, St. Joseph-MI.
- Yaldiz, O., Ertekin, C., Uzun, H.I. (2001). Mathematical modeling of thin-layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26, 457-465.