

Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da polpa da manga cv. Espada

E. D. Silva Filho [1], G. S. Alves [2], M. T. L. Duarte [3], I. A. Madureira [4]



[1]edmsegundo@hotmail.com, - ^{1,2,3,4}IFPB - Grupo de Pesquisa em Ciências Agrárias e Tecnologia de Alimentos, Campus de Campina Grande - Campina Grande – PB

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de manga cv. Espada com adição de 1,5% de Emustab® e 1,5% de Super Liga Neutra®, em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessura da camada de espuma (0,5 cm). Com os dados obtidos durante a cinética de secagem foram construídas as curvas de secagem e ajustados os modelos de Henderson & Pabis, Henderson, Logarítmico, Page e Exponencial de dois termos, aos dados experimentais da cinética de secagem. Verificou-se que as temperaturas de secagem influenciaram no tempo de secagem, com os menores tempos de secagem observados na maior temperatura. As secagens por camada de espuma da polpa de manga cv. Espada com aditivos sofreram influência da temperatura de secagem, sendo a secagem mais rápida nas temperaturas mais elevadas. O tempo de secagem reduziu de forma mais rápida com o aumento da temperatura do ar de secagem. O modelo de Henderson foi o que descreveu, de forma mais satisfatória, os dados da secagem da espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação e o menor desvio quadrático médio nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e espessura de 0,5 cm.

Palavras-chave: Manga. Polpa. Secagem. Modelos.

ABSTRACT

with addition of 1,5% and 1,5% Emustab® Super League Neutra® at different temperatures (50, 60 and 70 °C) and thickness of the foam layer (0,5 cm). With the data obtained during the drying kinetics were constructed drying curves and adjusted models & Pabis Henderson Henderson, logarithmic, and exponential Page two terms, the experimental data of drying kinetics. It was found that drying temperatures influence the drying time, with smaller drying times observed at the highest temperature. The drying by foam layer cv mango pulp. Sword with additives suffer influence of the drying temperature and the drying faster at higher temperatures. Drying time is reduced faster by increasing the drying air temperature. The model of Henderson was what he described in a more satisfactory manner the drying of the foam data, with the highest coefficient of determination and the lowest mean square deviation in temperatures of 50, 60 and 70 °C and thicknes of 0,5 cm.

Keywords: Mang. Pulp. Drying. Models.

1 Introdução

A manga (*Mangifera indica L.*), das frutas tropicais, é uma das mais populares do mundo, pois tem grande importância econômica nos mercados nacional e internacional. Os seus maiores consumidores são a América Latina e os países asiáticos (LIMA, 2013). As frutas têm grande importância na nutrição

humana devido ao grande conteúdo de vitaminas e sais minerais que possuem.

Entre os principais nutrientes encontrados em sua composição, temos: os carboidratos, as fibras, as vitaminas e os minerais (KUSKOSKI et al., 2006).

Por ser uma fruta muito popular, a manga, em geral, é consumida in natura, porém tem-se buscado técnicas que permitam a exploração de todo potencial

nutritivo da fruta para o desenvolvimento de novos produtos.

O aproveitamento racional dessa fruta representa crescimento econômico para o Brasil, já que o país é um dos grandes produtores mundiais de manga (BEZERRA et al., 2011).

Os principais produtores de manga no país são os estados do Nordeste, com cerca de 51.712 hectares de área colhida, correspondendo a 67,7% da área total, sendo o estado da Bahia, seguido de Pernambuco, o maior produtor dessa região (IBGE, 2011).

As perdas de frutas em países em desenvolvimento giram em torno de 10 a 40%, o que justifica a utilização de processos capazes de conservar tais produtos por um tempo maior (EL-AOUAR; MURR, 2003).

Segundo Goyal et al. (2007), a secagem de alimentos é um fenômeno complexo, o qual requer representações para a predição do comportamento e otimização de seus parâmetros. Desta forma, os modelos de matemáticos para camada fina têm sido empregados para estimar o tempo e representar o processo de secagem.

Atualmente, os produtos em pó, obtidos a partir de polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, uma vez que o processamento desses frutos reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação (COSTA; MEDEIROS; MATA, 2003).

Entre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) destaca-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis por meio de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados (SILVA et al., 2008).

A desidratação ou secagem é um processo que pode envolver três meios de transferências de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por convecção é o meio mais utilizado em grande escala na secagem comercial, que consiste na migração de umidade do interior para a superfície do produto, de onde evapora para o ambiente (AKYILDIZ et al., 2004).

O processo de secagem, além de ser utilizado como método de conservação reduzindo a deterioração e perdas do valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, agregando valor e

dando origem a uma nova opção no mercado. Os produtos desidratados podem ser consumidos diretamente como produtos prontos para o consumo ou como ingredientes para elaboração de produtos de confeitaria, iogurtes, sorvetes, entre outros (SOUZA NETO et al., 2005). Esse método permite que o produto obtido tenha maior "vida de prateleira" devido à redução da atividade de água, o que é associado à redução no custo do transporte e armazenamento em razão da leveza e compactação, combinadas com os efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química dos alimentos (FELLOWS, 2006).

O objetivo deste trabalho foi determinar a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de manga cv. Espada com adição de 1,5% de Emustab® e 1,5% de Super Liga Neutra®, em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessura da camada de espuma (0,5 cm) e ajustar os modelos de Henderson & Pabis, Henderson, Logarítmico, Page e Exponencial de dois termos, aos dados experimentais da cinética de secagem.

2 Material e métodos

As atividades foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus de Campina Grande-PB (IFPB) e também na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

As mangas utilizadas foram da variedade Espada, produzidas no município de Campina Grande-PB. Após a aquisição, as mangas foram transportadas em caixas de madeira adequadas até o local de processamento. Foram utilizados, para elaboração das formulações, os aditivos comerciais Super Liga Neutra® e Emustab®, adquiridos no comércio varejista de Campina Grande-PB. Esses aditivos foram escolhidos com base no critério do custo econômico e na disponibilidade no mercado varejista.

Em seguida, foram selecionados manualmente, eliminando-se os frutos com danos mecânicos, doenças, verdes ou semimaduros; lavados em água corrente com esponja e detergente neutro; sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm, durante 10 minutos; enxaguados em água corrente para retirada da solução sanitizante; descascados manualmente com o auxílio de facas de aço inoxidável; despulpados em despulpadeira mecânica, obtendo-se a polpa integral de manga cv. Espada.

O despolpamento foi executado em uma despolpadeira horizontal provida de peneira com malha de 4 mm de abertura. Em seguida, foi feito o refinamento da polpa também na despolpadeira, utilizando-se uma peneira de malha menor, da ordem de 2 mm de abertura; com isto, consegue-se eliminar pequenas frações de fibras não trituradas, tornando a polpa mais homogênea.

Após a etapa do refinamento, a polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade com volume de 1 litro (dimensão 10 x 25 cm) e, em seguida, congelada por imersão em uma produtora de picolé a -20 °C e armazenada em freezer a -18 °C, até o momento da realização dos experimentos.

Foi elaborada uma formulação com a polpa de manga cv. Espada, na temperatura ambiente, com adição de 1,5% de Super Liga Neutra® e 1,5% de Emustab®, os quais foram homogeneizados em batedeira doméstica na velocidade máxima durante 30 min, para formação da espuma, com densidade aproximadamente 0,500 g/cm³.

A espuma produzida foi espalhada em bandejas de aço inoxidável em diferentes espessuras de sua camada (0,5 cm) e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Durante o processo de secagem em camada de espuma, foi feito o acompanhamento da cinética de secagem, pesando-se as bandejas em intervalos regulares até peso constante. Com os dados das secagens, foram calculados os valores da razão do teor de água (Equação 1) e construídas as curvas da cinética de secagem.

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \tag{1}$$

Em que:

RX - Razão do teor 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.

Os modelos semiteóricos de Henderson & Pabis, Henderson, Logarítmico, Page e Exponencial de dois termos, apresentados na Tabela 1, serviram para ajustar as curvas da cinética de secagem, utilizando o programa Statistica 5.0.

Tabela 1 – Modelos matemáticos aplicados aos dados da cinética de secagem

Modelo	Equação	Referência
Henderson & Pabis	$RX = a.exp(-kt)$	Henderson e Pabis (1961)
Henderson	$RX = a.exp(-bt) + c.exp(-dt)$	Henderson (1974) Yagcioglu,
Logarítmico	$RX = a.exp(-kt) + c$	Degirmencioglu e Cagatay (1999)
Page	$RX = exp(-kt^n)$	Page (1949)
EDT	$RX = aexp(-kt) + (1-a)exp(-kat)$	Sharaf-Eldeen, Blaisdell e Hamdy (1980)

RX – razão do teor de água; a, b, c, d e n – parâmetros das equações; t – tempo (min); k – constante da equação (min⁻¹); EDT= Exponencial de dois termos.

Como critério de avaliação do ajuste dos modelos matemáticos, utiliza-se o coeficiente de determinação (R²) e o desvio médio quadrático (DQM) (Equação 2).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \tag{2}$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{pred} - razão do teor de água predito pelo modelo;

RX_{exp} - razão do teor de água experimental;

n - número de observações.

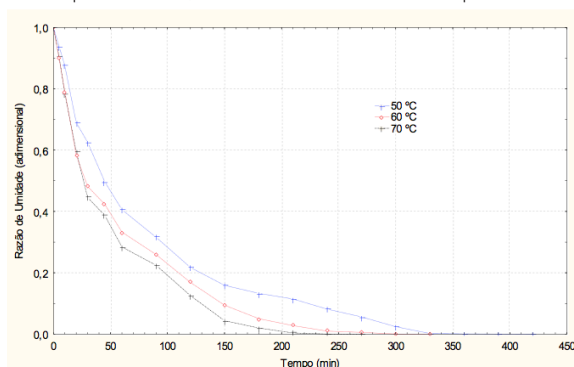
3 Resultados e discussão

No Gráfico 1 está representada a cinética de secagem da polpa da manga Espada e de aditivos, nas temperaturas de secagens de 50, 60 e 70 °C, com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, na forma de razão de umidade em função do tempo de secagem em minutos. Observa-se, no gráfico abaixo, que o tempo de secagens nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C foram de 420, 330 e 270 minutos, respectivamente. Verifica-se que a temperatura influenciou as curvas de secagem, que a perda de umidade foi mais rápida no início do processo de secagem e que quanto maior a temperatura mais rápida foi a secagem.

Observa-se na temperatura de 70 °C que a perda de umidade foi maior do que a temperatura de 50 °C a partir do tempo 5 minutos; na temperatura de 60 °C, a perda de umidade do produto apresenta uma taxa quase constante, do tempo zero ao tempo de 25 minutos; a partir daí a perda de umidade foi maior na temperatura de 70 °C com espessura de 0,5 cm.

Silva Filho (2012), ao estudar a cinética de secagem da polpa da manga Haden – com aditivos (Super Liga Neutra® e Emustab®) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e na espessura de 0,5 cm –, obteve maiores tempos de secagens (480, 630 e 690 minutos), que provavelmente são devidos à diferença da variedade da manga estudada.

Gráfico 1 – Cinética de secagem da polpa da manga Espada e de aditivos com espessura da camada de espuma de 0,5 cm nas diferentes temperaturas



Na Tabela 2 são exibidos os parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson & Pabis, Logarítmico, Henderson, Page e Exponencial de Dois Termos (EDT), ajustados aos dados de secagem da formulação com polpa da manga Espada desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) e espessura da camada de espuma de 0,5 cm, os coeficientes de determinação (R²) e os desvios quadráticos médios.

Verifica-se que os valores dos parâmetros dos modelos matemáticos utilizados ajustaram-se às curvas de secagem da formulação com polpa da manga Espada desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) e espessura da camada de espuma de 0,5 cm. Esses valores podem ser utilizados para representar o processo de secagem em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação (R²), sendo todos eles superiores a 0,9859 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,0031. Silva et al. (2008), ao estudar a secagem de polpa de tamarindo em camada de espuma, obteve valores de R² > 0,969 e 0,974 para o modelo Henderson & Pabis; Babalis et al. (2006), em estudo com secagem de figo nas temperaturas de 55 e 85 °C, encontraram, para o modelo Henderson & Pabis, valores de R² > 0,99.

Observa-se também que entre os modelos testados Henderson & Pabis, Logarítmico, Henderson, Page e Exponencial de Dois Termos apresentaram os maiores valores de R² nas temperaturas de 50 e

70 °C, ajustando-se melhor aos dados observados, sendo o modelo de Henderson na temperatura de 50 °C o que apresentou o maior valor de R² (0,9976) e o menor desvio quadrático médio DQM (0,0005), como já era esperado, tendo em vista que, por contar com maior número de parâmetros de um modelo, este geralmente é o melhor ajuste. Segundo Mohapatra & Rao (2005), valores inferiores a 0,01 de desvios quadráticos médios são recomendados para a seleção de modelos.

Marques (2009), em estudo de secagem de caldo de cana em leito de espuma nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, encontrou valor de R² > 0,99 com o modelo de Henderson. Segundo Mohapatra & Rao (2005), valores inferiores a 0,01 de desvios quadráticos médios são recomendados para a seleção de modelos.

Doymaz (2012), ao aplicar o modelo de Page para avaliar a cinética de secagem em camada fina do caqui em fatias, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, encontra, para este modelo, R² > 0,99 e DQM < 0,00014. Melo (2008), em estudo com polpa do fruto de mandacaru, obteve comportamento semelhante

Tabela 2 – Parâmetros, coeficiente de determinação (R²) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem da polpa de cv. Espada com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas.

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro		R ²	DQM		
		a	K				
Henderson & Pabis	50 0	,9676 0	,0129 0	,9918 0	,0016		
	60 0	,9465 0	,0176 0	,9859 0	,0026		
	70 0	,9683 0	,0193 0	,9925 0	,0009		
Temperatura (°C)		a	c	K	R ²	DQM	
Logarítmico	50 0	,9558	0,0214 0	,0140 0	,9929 0	,0008	
	60 0	,9378	0,0200 0	,0191 0	,9867 0	,0017	
	70 0	,9670	0,0200 0	,0194 0	,9925 0	,0010	
Temperatura (°C)		a	b	c	d	R ²	DQM
Henderson	50 0	,693 0	,009 0	,3835 0	,026 0	,9976 0	,0005
	60 0	,715 0	,013 0	,3522 0	,057 0	,9957 0	,0015
	70 0	,826 0	,016 0	,2038 0	,069 0	,9961 0	,0008
Temperatura (°C)		n	K	R ²	DQM		
Page	5	2,575	0,0087	0,9901 0	,0018		
	60 2	,146	0,0104	0,9879 0	,0031		
	7	2,083	0,0129	0,9896 0	,0028		
Temperatura (°C)		a	K	R ²	DQM		
EDT	5	0	0,776	0,0116	0,9935 0	,0009	
	60 0	,726	0,0115	0,9881 0	,0024		
	7	0	0,785	0,0174	0,9945 0	,0014	

EDT = exponencial de dois termos

Os parâmetros da equação de Henderson & Pabis tendem a aumentar quando a temperatura de secagem aumenta de 50 para 70 °C. Esse comportamento se assemelha ao observado por Dantas (2010), em que os valores destes coeficientes se elevam com a variação da temperatura de 60 para 70 °C.

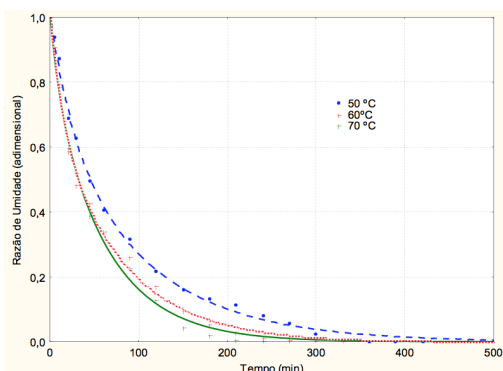
Observa-se ainda que, para os modelos Henderson & Pabis, Logarítmico, Henderson, Page e Exponencial de Dois Termos, os valores de K (min-1)

aumentaram quando a temperatura aumentou de 50 para 70 °C, mesmo comportamento observado por Alexandre (2005), ao estudar a cinética de secagem em camada de espuma da polpa de pitanga, e por Silva et al. (2008), ao estudar cinética de secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo.

Para o modelo de Henderson & Pabis, a constante da taxa de secagem K também aumentou com a elevação da temperatura; tal comportamento também foi verificado por Silva et al. (2014) ao utilizarem o modelo de Henderson & Pabis para descrever a secagem em camada fina da banana, nas temperaturas de 40, 50 e 70 °C.

Apresentam-se, no Gráfico 2, as cinéticas de secagem da formulação com polpa da manga Espada com 0,5 cm de espessura da camada de espuma e desidratada em diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) com ajuste pelo modelo de Henderson, considerado o melhor modelo entre os testados

Gráfico 2 – Cinética de secagem da polpa da manga Haden e de aditivos com espessuras de camada de espuma de 0,5 cm, nas diferentes temperaturas com ajuste pelo modelo de Henderson



4 Conclusões

As secagens por camada de espuma da polpa de manga cv. Espada com aditivos comerciais Super Liga Neutra® e Emustab® sofreram influência da temperatura de secagem, sendo a secagem mais rápida nas temperaturas mais elevadas.

O tempo de secagem reduziu de forma mais rápida com o aumento da temperatura do ar de secagem.

O modelo de Henderson foi o que descreveu, de forma mais satisfatória, os dados da secagem da espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação e o menor desvio quadrático médio, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e espessura de 0,5 cm.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) e à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Campina Grande, pelo incentivo à pesquisa realizada.

REFERÊNCIAS

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H.; Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 1, p. 95-99, 2004.

ALEXANDRE, H. F. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB, 2005.

BABALIS, S. J. et al. Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214, jul. 2006.

BEZERRA, T. S. et al. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 278-283, maio/jun. 2011.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leite de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação e polpas de frutas pelo método foam mat drying**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

DOYMAZ, I. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). **Energy Conversion and Management**, v. 56, p. 199-205, abr. 2012.

EL-AQUAR, A. A.; MURR, F. E. X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 69-75, jan-abr. 2003.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GOYAL, R. K. et al. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 176-180, 2007.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3 p. 169-174, 1961.

HENDERSON, S. M. Progress in developing the thin layer drying equation. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 6, p. 1167-1168, 1974.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 467 p.

KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1283-1287, jul-ago. 2006.

LIMA, J. R. F. **Exportações de manga produzida no Submédio do Vale do São Francisco no período de 2003-2012**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013.

MARQUES, G. M. **Secagem de caldo de cana em leite de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

MELO, K. L. **Secagem de polpa do fruto do mandacaru**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, 2008.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-18, fev. 2005.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. Thesis Dissertation (M.Sc.) – Purdue University, Indiana, 1949.

SHARAF-ELDEEN, Y. I.; BLAISDELL, J. L.; HAMDY, M. Y. A model for ear corn drying. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 5, p. 1261-1265, 1980.

SILVA, A. S. et al. Dehydration of tamarind pulp through the foam – mat drying method. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, nov-dez. 2008.

SILVA, W. P. et al. Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 1, p. 67-64, jan. 2014.

SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

SOUZA NETO, M. A. et al. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, set-out. 2005.

YAGCIOGLU, A.; DEGIRMENCIOGLU, A.; CAGATAY, F. Drying characteristics of laurel leaves under different conditions. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL MECHANIZATION AND ENERGY, 7., 1999, Adana. **Proceedings...** Adana: Cukurova University, p. 565-569, 1999.