

CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA PALMER DESIDRATADA EM CAMADA DE ESPUMA

Naedja Adrielly S. dos Santos^{1*}, Maria Lucicleide D. Cunha¹, Juliana Márcia da Silva¹, Maria Adriana do Nascimento¹, Jânio Eduardo de A. Alves², Joabis Nobre Martins³

¹ Graduanda de Tecnologia em Alimentos do IF Sertão-PE *campus* Salgueiro

² Especialista em Educação Ambiental e técnico de laboratório do IF Sertão-PE *campus* Salgueiro

³ Professor Dr. em Engenharia de Processos do IF Sertão - PE *campus* Salgueiro / Orientador

Resumo: Objetivou-se com o estudo avaliar a cinética de secagem da espuma de manga (cv. Palmer) e posterior ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais. As polpas *in natura* foram submetidas a batimentos de 15 minutos com 2,5% de Superliga neutra e 5% de Emustab m/m, sendo posteriormente secas em estufa de circulação de ar forçado em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessuras de camada de espuma (0,3; 0,5 e 0,7 cm). Os dados cinéticos foram utilizados para construir as curvas de secagem e, em seguida, foram ajustados modelos matemáticos de Midilli e Page aos dados. Os resultados evidenciaram que a temperatura e a espessura da espuma influenciaram no tempo de secagem, a qual atingiu menores valores com temperaturas mais elevadas e menores espessuras. O modelo de Midilli forneceu o melhor ajuste para os dados da curva de secagem experimental.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L.; Polpa; Modelagem matemática;

Apoio financeiro: IF Sertão – PE *campus* Salgueiro

Introdução

A fruticultura está entre os alimentos de maior consumo no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutos no mundo, com média de 40 milhões de toneladas produzidas anualmente, com destinação para o mercado interno e externo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015). Dentre as principais frutas produzidas no Brasil, a manga se apresenta como as mais cultivadas com produção média de 1.175.735 toneladas e rendimento médio de 16.038 quilos por hectares (IBGE, 2013).

Dentre as variedades da manga, destaca-se a variedade Palmer. Essa cultivar tem como característica semi-anã, de copa aberta, frutos com coloração de cor roxa quando “de vez” e vermelhos quando maduros e polpa amarelada com brix variando de 18 a 21,6°, com pouca ou nenhuma fibra (COSTA, 2017).

Porém, a vida útil pós-colheita da maioria dos frutos, em especial, os climatéricos, é muito curta, principalmente, quando colhidos maduros e armazenados em condições ambientais adversas (SILVA FILHO et al., 2016). Assim, a preferência pelo consumo de sucos de frutas em pó tem aumentado gradativamente pelo consumidor, motivado também pela ausência de tempo para o preparo do suco das frutas *in natura*.

Esse consumo do suco em pó representa 86,2% das bebidas consumidas nos lares brasileiros, devido a sua facilidade de preparo, elevado rendimento e com preço significativamente menor, quando comparado ao preço das frutas *in natura*, o que o torna acessivelmente econômico, principalmente para as populações de baixa renda (CLEMENTE et al., 2011).

A secagem em camada de espuma é considerada um processo simples e de baixo custo que apresenta a particularidade de utilizar agentes que tem a função de facilitar e manter a estabilidade da espuma durante o processo. Tem como vantagens o processamento em baixas temperaturas, menor tempo de desidratação devido à maior área de contato exposta ao ar, remoção mais rápida da água do produto e obtenção de um produto poroso facilmente reidratável (SILVA FILHO et al., 2016).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a cinética de secagem da polpa da manga cv. Palmer, pelo método de secagem em camada de espuma em diferentes temperaturas e espessuras da espuma.

Metodologia

O presente trabalho foi realizado na Unidade Acadêmica de Tecnologia em Alimentos (UATA) no laboratório de processamento de vegetais do Instituto Federal do Sertão Pernambucano *campus* Salgueiro (IF-Sertão-PE). Os frutos de manga foram recepcionados, lavados e higienizados em água clorada a 150 ppm por 15 minutos. Logo após, os frutos foram processados em despulpadeira mecânica modelo DFMC 200, sendo posteriormente embalados em sacos de polietileno e congelados a -18 °C em freezer comercial.

No processo de formação e caracterização da espuma foram utilizados os seguintes aditivos: Emustab® (produto à base de monoglicerídeos destilados, monoestearato de sorbitana e polisorbato 60) e Superliga® neutra (produto à base de sacarose e dos espessantes, carboximetil-celulose e goma guar). Esses aditivos foram usados nas proporções 2,5% (Superliga neutra) e 5% (Emustab) em massa. Foram realizados testes de batimento, a qual se variou o tempo de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos), a fim de selecionar o menor tempo de batimento e maior estabilidade da espuma, sendo então selecionado o tempo de 15 minutos. Tempo esse que foi suficiente para produção de uma espuma estável e aerada.

Após a formação da espuma, a mesma foi distribuída em bandejas redondas de aço inox, sendo

posteriormente levadas para secagem em estufa de circulação de ar forçado. Na etapa de secagem foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central, resultando em 7 experimentos. Foram utilizados como variáveis independentes as temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessuras da camada de espuma (0,3; 0,5 e 0,7 cm).

As razões de água e as curvas de razão de água em função do tempo de secagem foram calculadas e construídas a partir dos dados de perda de massa das amostras durante as secagens e dos teores de água determinados no final das mesmas. Os valores de razão de água e desvio médio quadrático foram calculados de acordo com equações preconizadas em Guimarães et al. (2017).

Os modelos matemáticos de Midilli e Page foram ajustados aos dados experimentais oriundos do processo de secagem, empregando-se o software Statistic 7.0 beta® (2004) por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton, para as amostras secadas em estufa pelo método de camada de espuma.

Verifica-se na Tabela 1 os modelos que foram ajustados aos dados experimentais de secagem.

Tabela 1 – Modelos para ajuste aos dados experimentais.

Modelo	Equação	Referências
Midilli	$RX = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli et al. (2002)
Page	$RX = \exp(-kt^n)$	Page (1949)

em que:

RX - Razão de água do produto; adimensional.

t - Tempo de secagem; minutos.

a, k, n, b - Constantes do modelo; adimensional.

Resultados e Discussão

Estão apresentadas na Figura 1 as curvas experimentais da cinética de secagem da polpa de manga em camada de espuma, nas temperaturas de 50 a 70 °C e espessuras de espuma de 0,3 a 0,7 cm, na forma adimensional de água (razão de água) em função do tempo. Observa-se a influência que a temperatura e espessura da espuma tiveram sobre os tempos de secagens. Verifica-se que o menor tempo de secagem foi no ensaio com temperatura de 70 °C e espessura de 0,5 cm de espessura da espuma, registrando 70 minutos. O maior tempo de secagem foi verificado no ensaio com temperatura de 50 °C e espessura de 0,7 cm, registrando 630 minutos.

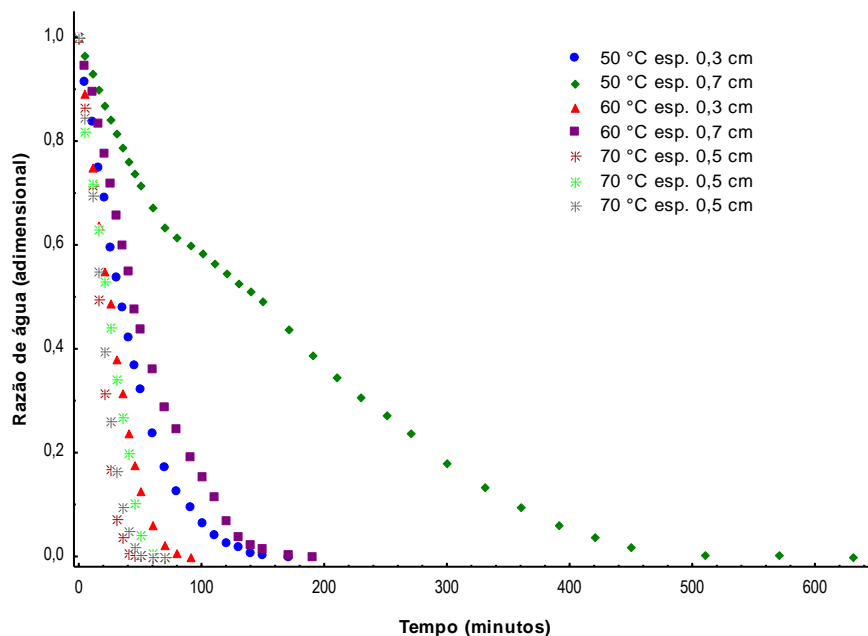


Figura 1 - Curvas de secagem de espuma de manga para a faixa de temperatura de 50 a 70 °C.

Verifica-se ainda que, o acréscimo de 10 °C nas temperaturas de secagem com mesma espessura da espuma acarretou decréscimo no tempo de secagem de 52,95% (50 e 60 °C com 0,3 cm) e de 69,84% (50 e 60 °C com 0,7 cm). Madureira et al. (2012) ao secar polpa de figo-da-india também evidenciaram tal comportamento.

Estão apresentados na Tabela 2 os coeficientes de determinação (R^2), as variáveis dos modelos matemáticos e os desvios quadráticos médios (DQM) de Midilli e Page, ajustados as curvas de secagem a 50, 60 e 70 °C. Como critério de seleção do modelo que melhor representou o processo de secagem da polpa de manga, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM).

Verifica-se que os dois modelos representaram de maneira satisfatória o processo de secagem para

todas as temperaturas e espessuras, no entanto, o modelo de Midilli se ajustou melhor que o de Page aos dados de secagem, pois apresentou maiores valores de R^2 e menores valores de DQM, sendo o modelo ideal para representar os dados de secagem. Para Madureira et al. (2012), modelos que apresentarem coeficientes de determinação acima de 0,99 e desvios inferiores a 0,2 estão aptos a representar os dados de secagem; no caso do presente estudo ambos os modelos aplicados se encontram dentro dos valores esperados.

Guimarães et al. (2017) secando polpa de manga variedade keitt em camada de espuma também observaram valores bem próximos das variáveis dos modelos e coeficientes de determinação dos apresentados neste trabalho.

Tabela 2 – Parâmetros dos modelos de Midilli e Page com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) da cinética da secagem da polpa de manga em camada de espuma.

Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros					
			a	b	k	n	R2	DQM
Midilli	50	0,3	0,9909	-0,00008	0,0101	1,2041	0,9998	0,0004
		0,7	0,9841	-0,00021	0,0084	0,8849	0,9967	0,0011
	60	0,3	0,9894	-0,00047	0,0140	1,2376	0,9988	0,0007
		0,7	0,9969	-0,00015	0,0059	1,2489	0,9996	0,0005
	70	0,5	0,9823	-0,00005	0,0050	1,8147	0,9995	0,0012
		0,5	0,971	-0,00155	0,0157	1,2045	0,9962	0,0006
		0,5	0,9799	-0,00022	0,0098	1,5183	0,9991	0,0016
Modelo	T (°C)	Espessura (cm)	Parâmetros					
			K	n	R2	DQM		
Page	50	0,3	0,0101	1,2104	0,9996	0,0134		
		0,7	0,0059	0,9860	0,9932	0,0542		
	60	0,3	0,0126	1,2887	0,9979	0,0225		
		0,7	0,0052	1,2902	0,9992	0,0162		
	70	0,5	0,0059	1,7658	0,9993	0,0125		
		0,5	0,0132	1,3149	0,9923	0,0403		
		0,5	0,0109	1,4985	0,9987	0,0210		

Tem-se na Figura 2 e 3 o comportamento da razão de umidade com o tempo de secagem em diferentes condições de temperatura e espessura, com aplicação dos modelos de Midilli e Page. Nota-se ainda na Tabela 1 que a constante de secagem “k” cresce, em valores absolutos, com o aumento da temperatura. Para Corrêa et al. (2010), esse fato, facilmente visualizado nas Figuras 2 e 3, é esperado, uma vez que maiores temperaturas acarretam em maior taxa de secagem, chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem.

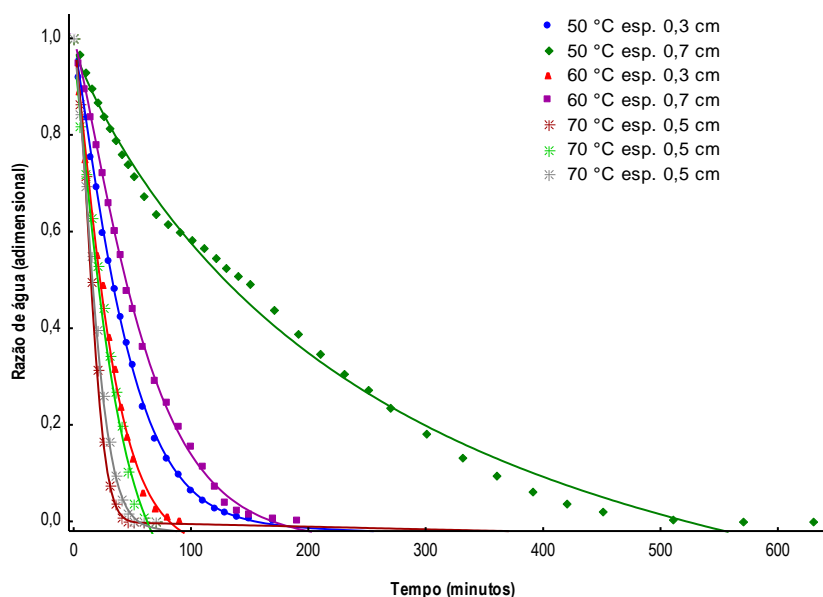


Figura 3 - Ajuste do modelo de Midilli aos dados experimentais da secagem da polpa de manga Palmer em camada de espuma.

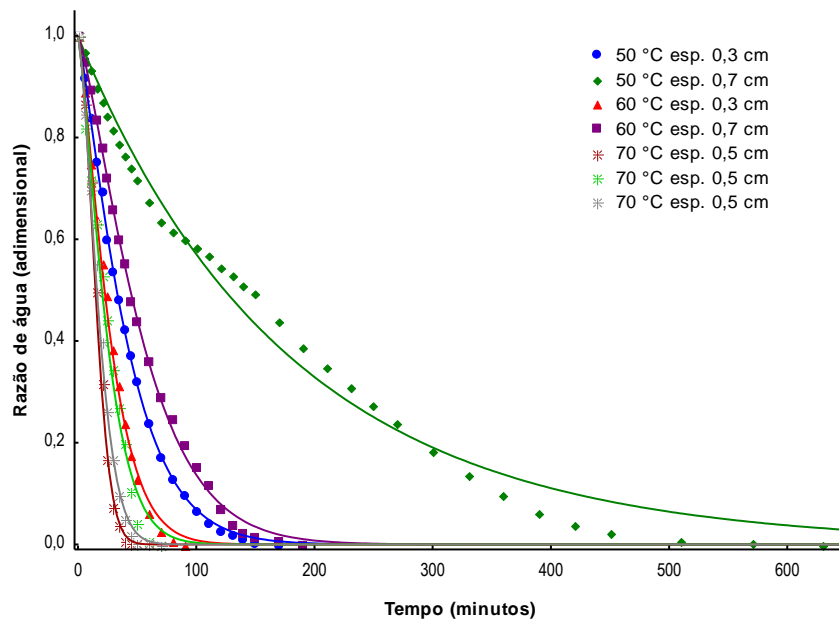


Figura 2 - Ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem da polpa de manga Palmer em camada de espuma.

Conclusões:

A cinética de secagem da polpa de manga adicionada de aditivos foi influenciada por temperaturas mais elevadas e menores espessuras de camada de espuma.

O Modelo de Midilli resultou em melhores ajustes para os dados de secagem, mostrando-se ser satisfatório na predição da cinética de secagem da polpa de manga Palmer adicionada de aditivos para todas as temperaturas e espessuras.

Referências bibliográficas

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA (ABF). Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta**, 2015. 104 p.

CLEMENTE, E.; AFONSO, M. R. A.; SOUZA, A. P.; CORREIA, J. M.; PIRES, R. G.; MAIA, G. A. Application of mathematical models for the prediction of adsorption isotherms in solid mixture for mango powder refreshment. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 614-622, 2011.

CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BOTELHO, F.M.; GONELI, A.L.D.; CARVALHO, F.M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n.5, p. 595-601, 2010.

COSTA, L. DE OLIVEIRA. **Obtenção de polpa de manga em pó pelo processo de liofilização**. Fortaleza, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, 2017. 119 p. Dissertação (Mestrado)

GUIMARÃES, M.K.A.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Foam-mat drying kinetics of keitt mango pulp. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 172 – 180, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil**. 2013. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil. 467 p.

MADUREIRA, I.A.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; SILVA FILHO, E.D. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.Especial, p.525-534, 2012.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z.A. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, v.20, n.7, p.1503-1513, 2002.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. West Lafayette: Purdue University, 1949. 44 p.

SILVA FILHO, E. D.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; M. K. A. GUIMARÃES. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Haden. **Comunicata Scientiae**. Bom Jesus, v.7, n.3, p.354-361, 2016.

STATISTICA. **Versão 7.0 for windows volume IV**. Tulsa-ok, USA: Stasoft Inc (software), 2004.