



Área: Engenharia de Alimentos

CINÉTICA E MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DA POLPA DE JACA (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS* LAM.)

Gabriel Damini^a, Thaynara Melo Yamaguchi^{b*}, Ingridy Alessandretti^a, Bruna Elisangela Pessini Ostwald^a, Claudineia Aparecida Queli Geraldi^b, Raquel Aparecida Loss^b

^a Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS

^b Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Barra dos Bugres, MT

*E-mail: thay_gif@hotmail.com

RESUMO – A polpa da jaca evidencia-se por ser rica em nutrientes e micronutrientes, como carboidratos, minerais e vitaminas. Porém, por possuir alto índice de perecibilidade, acabam por não serem aproveitados em sua totalidade após a colheita. Consequentemente, busca-se um método que preserve os valores nutricionais e maximize o aproveitamento da fruta. Na cinética de secagem em camada de espuma de jaca, evidenciou-se que houve influência da temperatura no processo. Os tempos obtidos foram de 350, 160 e 145, min para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. No que se refere a modelagem matemática, os modelos de Page e o de Midilli e Kucuk apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais para as três temperaturas estudadas, obtendo maiores coeficientes de determinação e o menor valor de erro médio. Em relação às análises físico-químicas, houve elevação dos teores de açúcares redutores, cinzas e vitamina C em decorrência da secagem em camada de espuma.

Palavras-chave: Jaca, secagem, camada de espuma.

1 INTRODUÇÃO

A jaca (*Artocarpus Heterophyllus* Lam.) é uma fruta tropical encontrado, sobretudo, na região nordeste do Brasil e utilizado no preparo de sucos, doces e sorvetes. Em virtude disso, o interesse econômico por esta fruta vem sendo propiciado. (ARAÚJO et al., 2001). Destaca-se, também, por ser rica em substâncias nutritivas, como carboidratos, minerais e vitaminas (BALIGA et al., 2011).

Como os frutos possuem alto índice de perecibilidade, não podem ser aproveitados em sua totalidade após a colheita. Deste modo uma das técnicas que se destacam pela eficiência para minimizar tais perdas é a secagem (FEMENIA et al., 2009). Dentre os métodos de secagem, salienta-se a técnica por camada de espuma. Tendo em vista que este procedimento faz o uso de agentes emulsificantes, o mesmo possui vantagens como, por exemplo, baixo custo, uso de baixas temperaturas, menor tempo de desidratação, remoção rápida de umidade e a formação de um material poroso e Reidratável (GUIMARÃES et al., 2017).

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da temperatura durante a secagem em camada de espuma nas características físico-químicas da jaca, além da cinética e modelagem matemática do processo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de jaca, utilizados como matéria-prima para a realização do presente trabalho, foram provenientes do mercado local de Barra do Bugres-MT. As amostras foram preparadas e analisadas no LMPPB (Laboratório de Matérias-Primas para produção de biodiesel) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Barra do Bugres-MT.

2.1 Preparo da polpa e obtenção da espuma

Os frutos de jaca foram selecionados, conforme seus estados de sazonalidade. Foram, então, higienizados em água corrente, despolpados manualmente e acondicionados sob congelamento a temperatura de -18°C em freezer comercial para o desenvolvimento das análises. Para a obtenção da espuma, a polpa foi triturada e homogeneizada, com o auxílio de um liquidificador comercial. Em seguida, foram testadas as concentrações de 4,0, 4,5 e 5% (m/m) de emulsificante Emustab e, então, homogeneizou-se o conteúdo por 8 minutos em uma batedeira comercial em velocidade máxima. A concentração de 4,5% de emulsificante foi selecionada, por apresentar melhor estabilidade. A espuma formada foi distribuída em placas de Petri e submetidas a uma estufa de circulação de ar para secagem em temperatura controlada.



2.2 Secagem e obtenção do pó

A fim de proceder com a secagem, foram medidas 10g de cada amostra da espuma, sendo distribuídas em placas de Petri e conduzidas a estufa de circulação forçada de ar (Cienlab CE-480) a temperaturas controladas de 50, 60 e 70 °C. Após isso, as espumas das polpas secas foram retiradas da estufa, acondicionadas e identificadas de acordo com o tipo de material, data e condições experimentais.

2.3 Estudo da cinética de secagem

As curvas de secagem da polpa de jaca foram determinadas para as amostras submetidas às temperaturas de 50, 60 e 70 °C, acompanhando, em intervalos de tempo de 15 minutos, a redução de umidade analisada através da variação da massa das amostras. As contrações de massa durante a secagem foram observadas com o auxílio de uma balança semi-analítica com precisão de 0,0001 g. Os ensaios sucederam-se até que atingissem condições de equilíbrio. A razão de umidade (RU) foi calculada conforme a Equação 1.

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (\text{Equação 1})$$

U= teor de água do produto, decimal b.s; U_i = teor de água inicial do produto, decimal b.s; U_e = teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s.

2.4 Modelagem matemática

A cinética de secagem da polpa de jaca foi avaliada através dos modelos matemáticos semi-empíricos de Henderson e Pabis (1961), Midilli e Kucuk (2002) e Page (1949), conforme apresentados na Tabela 1. Utilizou-se o programa Excel para a realização dos cálculos, modelagem e avaliação destes. Analisou-se o comportamento do decréscimo de umidade ao longo do tempo, tendo em vista que a umidade de equilíbrio representa a umidade atingida quando a taxa de secagem se anula, foram calculadas as razões de umidade (RU).

Tabela 1: Modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de secagem.

Designação do modelo	Modelo	Equação
Modelo de Henderson e Pabis	$X_{ad} = a \exp(-kt)$	(2)
Modelo de Midilli e Kucuk	$X_{ad} = a \exp(-kt^n)bt$	(3)
Modelo de Page	$X_{ad} = \exp(-kt^n)$	(4)

X_{ad} = teor de umidade (adimensional); t = tempo de secagem (min); k = coeficiente de secagem (min^{-1}); a, b, n = constante do modelo (adimensional).

2.5 Análises físico-químicas

As amostras de polpas secas de jaca foram submetidas aos estudos de: pH (método 014/IV), teor de umidade por gravimetria (método 014/IV), teor de vitamina C (método 364/IV), teor de cinzas (método 364/IV) e teor de açúcares redutores (método 038/IV), de acordo com o manual do Instituto Adolfo Lutz (2008). Todos os estudos foram realizados em triplicata.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

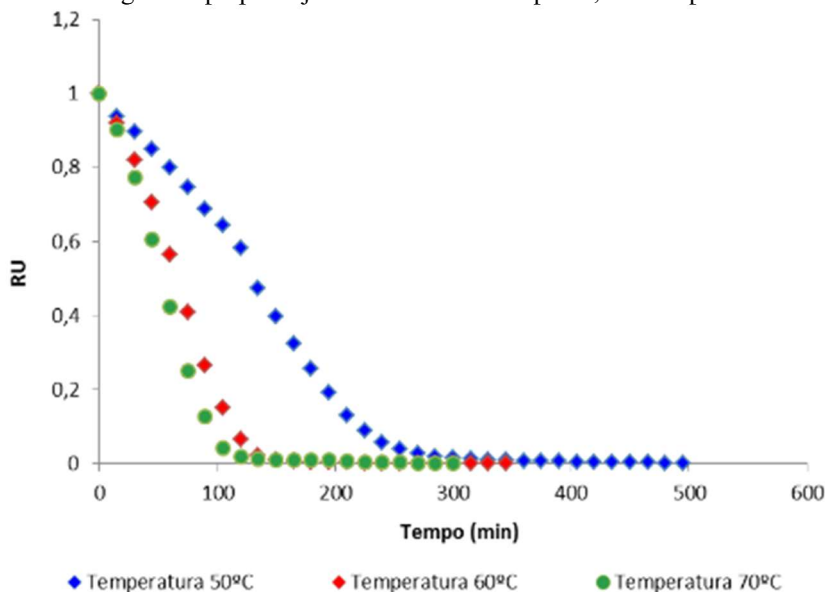
3.1 Cinética de secagem

Com o intuito de obter a cinética de secagem da polpa de jaca em camada de espuma, a mesma foi submetida à secagem com o auxílio de uma estufa com circulação de ar forçada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, conforme apresenta a Figura 1.

Na cinética de secagem da polpa de jaca, é possível constatar, conforme a Figura 1, que a temperatura de 50 °C demandou um tempo prolongado para que as amostras alcancem a massa constante, cerca de 350 minutos. Também é possível averiguar que as temperaturas de 60 e 70 °C manifestaram tempos de equilíbrio de 160 e 145 minutos, respectivamente, expressando perfis cinéticos semelhantes.



Figura 1: Curvas de secagem da polpa de jaca em camada de espuma, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.



3.2 Modelagem matemática

São retratados, na Tabela 2, os dados referentes aos ajustes dos parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson e Pabis, Midilli e Kucuk e Page para a polpa de jaca nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Tabela 2: Parâmetros dos modelos matemáticos ajustados à cinética de secagem da polpa de jaca.

Modelo	Parâmetros	50°C	60°C	70°C
Henderson e Pabis	a	1,189995	1,215435	1,247040
	k (min ⁻¹)	0,009304	0,018275	0,021473
	R ²	0,966749	0,967762	0,974407
	Erro	2,303145	1,361443	0,977014
Midilli e Kucuk	a	0,959856	1,001251	1,000003
	b	0000000	0000000	0,000009
	k (min ⁻¹)	0,000078	0,000451	0,000643
	n	1,855364	1,779185	1,778611
	R ²	0,997884	0,997126	0,998838
	Erro	0,556452	0,372252	0,214838
Page	k (min ⁻¹)	0,000078	0,000162	0,000258
	n	1,887039	2,006366	1,989484
	R ²	0,997528	0,998486	0,999411
	Erro	0,589691	0,271866	0,174691

Analizando a Tabela 2, observa-se que os modelos de Midilli e Kucuk e Page ajustaram-se satisfatoriamente aos resultados experimentais da cinética de secagem da polpa de jaca, pois apresentaram correlações acima de 0,99 e menores erros. Porém, os três modelos se ajustaram satisfatoriamente aos dados da cinética de secagem da polpa de jaca. Chowdhury et al. (2011), utilizando cascas de jaca, mostraram que em temperaturas de 50, 60 e 70 °C o modelo de Page representou de maneira adequada as cinéticas de secagem.

3.3 Análises físico-químicas da polpa seca

A Tabela 3 apresenta os resultados da caracterização físico-química da polpa de jaca *in natura* e secas nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.



Tabela 3: Caracterização físico-química da polpa observada *in natura* e dos pós obtidos após a secagem.

Análises	Polpa <i>in natura</i>	50°C	60°C	70°C
% umidade	80,38±0,142	8,12±0,267	7,25±0,034	6,79±0,441
% cinzas	0,51±0,1020	2,46±0,021	2,46±0,021	2,27±0,088
Açúcares redutores	1,67±0,0200	2,72±0,1600	2,63±0,1850	2,64±0,0440
pH	5,50±0,0730	3,44±0,014	3,52±0,024	3,44±0,004
Vitamina C (mg/100g)	15,93±0,972	17,42±0,558	17,32±0,229	17,36±0,057

Ao comparar os valores de pH da jaca *in natura* e dos pós secos em distintas temperaturas apresentados na Tabela 3, constata-se que os pós denotam de valores de pH mais ácidos. Oliveira (2009) encontrou um valor de 5,43 para a polpa *in natura* e 4,88 para a jaca desidratada. Portanto, é notável a semelhança ao valor do pH da polpa *in natura* do presente trabalho. Nota-se, também, que a umidade foi dependente da temperatura de secagem, com umidades finais equivalentes a 8,12, 7,25 e 6,79% para os pós secos a 50, 60 e 70°C, respectivamente.

Além disso, observa-se que, de acordo com a Tabela 3, o teor de cinzas aumentou em comparação a fruta *in natura*, principalmente em consequência a adição do agente emulsificante (Rigueto *et al.*, 2018). Sobre os estudos referentes ao teor de vitamina C e de açúcares redutores, nota-se que o valor da fruta *in natura* não denotou diferença significativa em relação aos valores das amostras secas em diferentes temperaturas. Medeiros (2007) analisou açúcares redutores da polpa de mangaba e encontrou valores de 53,90, 52,41 e 51,03 %, secas em camada de espuma nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

4 CONCLUSÃO

Na secagem em camada de espuma de jaca, constatou-se que o tempo foi dependente da temperatura de secagem, com cinéticas de 350, 160 e 145 minutos para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Referente à modelagem matemática, os modelos de Midilli e Kucuk e Page se ajustaram melhor aos dados experimentais de secagem nas três temperaturas estudadas, com maiores coeficientes de determinação e menores valores de erros relativos. Nas análises físico-químicas, as amostras demonstraram elevação dos teores de açúcares redutores, cinzas e vitamina C após a secagem em camada de espuma.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e concessão das bolsas de pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F.P. et al. Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 2, p. 36-39, 2001.
- BALIGA, M. S., Shivashankara, A. R., Haniadka, R., Dsouza, J., Bhat, H. P. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): a review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1800-1811, 2011.
- CHOWDHURY, M. M. I., BALA, B. K., HAQUE, M. A. Mathematical modeling of thin-layer drying of jackfruit leather. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, p. 797–805, 2011.
- FEMENIA, A., SASTRE-SERRANO, G., SIMAL, S., GARAU, M. C., EIM, V. S., ROSSELLÓ, C. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. **LWT - Food Sci. and Technol.**, v. 42, p. 106-112, 2009.
- GUIMARÃES, M. K. A., DE FIGUEIRÊDO, R. M. F., QUEIROZ, A. J. M. Foam-mat drying kinetics of keitt mango pulp. **Rev. Caatinga**, v. 30, p. 172-180, 2017.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tigle. 4ª ed. **Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, p. 1020, 2008.
- MEDEIROS, J. **Secagem de polpa de mangaba em camada de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.



OLIVEIRA, L. F. **Efeito dos Parâmetros do Processo de Desidratação de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.)**. Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2009.

RIGUETO, C. V. T., EVARISTO, L. M., GERALDI, C. A. Q., COVRE, L. Influência da temperatura de secagem de uvaia (*Eugenia pyriformis*) em camada de espuma. **Engevista**, v. 20, n. 4, p. 537-547, 2018.