

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM CONVECTIVA DE BAGAS DE JACA (*Artocarpus heterophyllus*): EFEITO DAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SACAROSE

VIRGÍNIA MIRTES DE ALCÂNTARA SILVA¹, NEWTON CARLOS SANTOS², RAPHAEL LUCAS JACINTO ALMEIDA², VICTOR HERBERT DE ALCÂNTARA RIBEIRO³, PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO³

¹Dra em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, virginia.mirtes2015@gmail.com

²Doutorandos em Eng. Química, UFRN, Natal-RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com,
raphaelqindustrial@gmail.com

³Doutorandos em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,
victor_herbert@hotmail.com, paulomegna@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: O presente estudo tem como objetivo realizar a desidratação osmótica de bagas de jaca em três diferentes concentrações de sacarose (40, 50, e 60 °Brix) na temperatura de 50 °C e determinar a sua perda de água, perda de massa e ganho de sólidos. Após esta etapa, o segundo objetivo deste trabalho é realizar a secagem convectiva das bagas desidratadas osmoticamente e calcular a difusividade efetiva do processo, através do ajuste da segunda lei de Fick. Os valores de perda de água (32,12-42,92 g/100g), perda de massa (27,87 - 32,71 g/100g) e ganho de sólidos (4,31 - 9,21 g/100g) foram influenciados significativamente pelo aumento da concentração de sacarose. O ajuste do modelo de Fick aos dados experimentais apresentou coeficiente de determinação superior a 0,99 ($R^2 > 0,99$) para todas as concentrações das soluções. Portanto, a aplicação dos processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva foi viável para as bagas de jaca.

PALAVRAS-CHAVE: Perda de água, ganho de sólidos, perda de massa, difusão de umidade.

OSMOTIC DEHYDRATION AND CONVECTIVE DRYING OF JACA BERRIES (*Artocarpus heterophyllus*): EFFECT OF DIFFERENT SACROSE CONCENTRATIONS

ABSTRACT: The present study aims to perform the osmotic dehydration of jackfruit berries in three different sucrose concentrations (40, 50, and 60 °Brix) at a temperature of 50 °C and to determine their water loss, mass loss and weight gain. solids. After this step, the second objective of this work is to perform the convective drying of the osmotically dehydrated berries and calculate the effective diffusivity of the process, through the adjustment of Fick's second law. The values of water loss (32.12-42.92 g/100g), mass loss (27.87 - 32.71 g/100g) and solids gain (4.31 - 9.21 g/100g) were significantly influenced by the increase in sucrose concentration. The fit of the Fick model to the experimental data showed a coefficient of determination greater than 0.99 ($R^2 > 0.99$) for all concentrations of the solutions. Therefore, the application of the combined processes of osmotic dehydration and convective drying was feasible for jackfruit berries.

KEYWORDS: Water loss, solids gain, mass loss, moisture diffusion.

INTRODUÇÃO

A jaca (*Artocarpus heterophyllus*), da família Moraceae, é uma enorme fruta tropical comestível de origem arbórea. Acredita-se que seja nativo do Ghats Ocidental da Índia, mas agora é mais amplamente cultivado em Bangladesh, Birmânia, Malásia, Indonésia, Tailândia e em menor escala no Brasil e na Austrália. A jaca é rica em proteínas, amido digerível, minerais e vitaminas. É um fruta rica em energia indicada para o tratamento da fadiga física ou mental, stress e fraqueza muscular e também para atletas. Verificou-se que exibe propriedades antimicrobianas, antidiabéticas,

anti-inflamatórias, antioxidantes e anti-helmínticas. Os frutos da são consumidos na forma in natura pelas mais diversas camadas da população e sua alta perecibilidade leva a um índice elevado de perda pós-colheita, acarretando prejuízos para os produtores dessa frutífera (SANTOS FILHO et al., 2021).

A industrialização de frutas é uma alternativa utilizada com o objetivo de diversificar as possibilidades de comercialização e aumentar a vida de prateleira destes produtos, reduzindo assim as perdas nas etapas de pós-colheita. As técnicas de conservação como a desidratação osmótica, secagem e congelamento possibilitam que esses produtos mantenham suas características nutricionais, sensoriais, químicas, físicas e microbiológicas por um maior período de tempo (REIS et al., 2017).

A desidratação osmótica é um pré-tratamento térmico que é usado para remover uma parte da água dos alimentos, como frutas e legumes; é realizada imergindo os alimentos em soluções hipertônicas com alta pressão osmótica, como soluções de açúcares, sais ou álcoois. A secagem é uma das técnicas mais amplamente utilizadas na conservação de frutas, pois possibilita a redução do teor de água, reduzindo a atividade microbiana e deterioração do produto (MONTEIRO et al., 2020a).

Segundo Silva e Pedro (2018), a desidratação osmótica tem sido utilizada para minimizar os efeitos adversos que geralmente aparecem quando o produto é submetido à secagem a ar quente. Esta combinação de métodos de secagem tem sido apontada como alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios, além de possibilitar a obtenção de produtos desidratados de melhor qualidade quando comparado aos produtos desidratados convencionalmente. Portanto, o presente estudo tem como objetivo realizar a desidratação osmótica de bagas de jaca em três diferentes concentrações de sacarose (40, 50, e 60 °Brix) na temperatura de 50 °C e determinar a sua perda de água, perda de massa e ganho de sólidos. Após esta etapa, o segundo objetivo deste trabalho é realizar a secagem convectiva das bagas desidratadas osmoticamente, calcular a difusividade efetiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização da presente pesquisa foram utilizadas jacas (*Artocarpus heterophyllus*). Após aquisição a mesma foi lavada, higienizada e sanitizada. De forma manual foi realizada a remoção dos seus caroços obtendo-se assim a sua baga (polpa).

Desidratação osmótica

As bagas de jaca foram pesados e colocados em cestas teladas de arame galvanizado devidamente numeradas, em seguida submersas na solução osmótica (40, 50 e 60 °Brix) utilizando a proporção de 1:8 (fruto:solução), e em seguida, colocadas na incubadora com agitação mecânica de 100 rpm na temperaturas de 50°C por um intervalo de tempo correspondente a 2 horas. Após o intervalo de tempo pré-determinado, as amostras foram retiradas da solução e lavadas com água destilada para remoção da camada de açúcar aderida a superfície da amostra, em seguida foram levemente enxugadas com papel absorvente e suas massas foram aferidas. Após esta etapa, pode-se realizar os cálculos de perda de água (PA) (Equação 1), perda de massa (PM) (Equação 2) e ganho de sólidos (GS) (Equação 3).

$$PA = \frac{(Ma_0 - Ma_t)}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$PM = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

$$GS = PA - PM \quad (3)$$

Onde: PA é a perda de água; Ma_0 é o teor de água no produto; Ma_t é o teor de água no produto a um tempo t; M_0 é a massa inicial do produto; PM é a perda de massa; M_0 é a massa inicial do produto; M_t é a massa do produto a um tempo t; GS é o ganho de sólidos; PA é a perda de água calculada na Equação 1 e PM é a perda de massa calculada na Equação 2.

Secagem das bagas

Após o processo de desidratação osmótica das bagas de jaca nas diferentes condições de sacarose (40, 50 e 60 °Brix) foram submetido a cinética de secagem na temperatura de 50 °C em estufa de circulação de ar com velocidade fixa de 1,5 m s⁻¹. A perda de umidade foi registrada por meio de balança digital com precisão de 0,001g. O processo de secagem foi continuado até que a leitura constante da massa fosse registrada.

Calculo da difusividade

As difusividades efetivas (*Def*) do processo de secagem das bagas de jaca após desidratação osmótica nas diferentes condições (40, 50 e 60 °Brix) foram determinados usando a equação de difusão Equação (4) para sistemas de coordenadas retangulares (CRANK, 1975). No cálculo de *Def*, a solução analítica para a segunda lei de difusão de Fick foi aplicada em forma de uma série infinita Equação (5):

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(Def \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(Def \frac{\partial Y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(Def \frac{\partial Z}{\partial z} \right) \quad (4)$$

$$X^* = \frac{X(t) - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- (2n+1)^2 \pi^2 \frac{Def}{L^2} t \right] \quad (5)$$

Onde: X^* é a razão de umidade adimensional; n é o número de termos; *Def* é a difusividade efetiva (m² min⁻¹); L é a espessura da parede (m); t é o tempo (min)

Análise estatística

Os dados experimentais foram analisados em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7 (Silva e Azevedo, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados obtidos para a perda de água das bagas de jaca submetidas a desidratação osmótica em soluções de sacarose com concentrações de 40, 50 e 60 °Brix.

Tabela 1 – Valores médios de perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos (GS) das bagas de jaca após o processo de desidratação osmótica nas concentrações de sacarose de 40, 50 e 60 °Brix.

Solução de sacarose	Perda de água (g/100g)	Perda de massa (g/100g)	Ganho de sólidos (g/100g)
40 °Brix	32,12 ± 0,91c	27,87 ± 0,65c	4,31 ± 0,25c
50 °Brix	37,09 ± 0,65b	30,28 ± 0,74b	6,81 ± 0,41b
60 °Brix	42,92 ± 0,82a	32,71 ± 0,22a	9,21 ± 0,19a

Nota: Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria (2022).

Os valores de perda de água foram influenciados significativamente pelo aumento da concentração de sacarose, no qual, os valores tiveram aumento de 32,12 g/100g para 42,92 g/100g. Silva Júnior et al. (2020) ao realizarem a desidratação osmótica de cascas de banana, observaram perda de água de 50,74 g/100 g. Araújo et al., (2010) ao estudarem a otimização da desidratação

osmótica do jambo-vermelho em temperaturas de 20 a 70°C e concentrações da sacarose de 16 a 84 °Brix, observam que o aumento da concentração da solução favorecia a perda de água.

A perda de massa das bagas de jaca após o processo de desidratação osmótica variou de 27,87 g/100g a 32,71 g/100g. Estatisticamente esses valores foram diferentes entre si, quando comparados a concentração de sólidos na solução osmótica. Barros (2020) ao aplicar o processo de desidratação osmótica em fatias de kiwi, obteve valores de perda de água variando de 40,99 g/100 a 43,28 g/100g quando se utilizou soluções nas concentrações de 40, 50 e 60 °Brix e temperaturas de desidratação de 40, 50 e 60 °C. Pessoa et al. (2016) ao estudarem a cinética de desidratação osmótica de goiaba Paluma, concluíram que o aumento da concentração da solução de sacarose promoveu um maior percentual de perda de massa das goiabas.

O ganho de sólidos teve aumento de 4,31 g/100g para 9,21 g/100g quando se teve aumento da concentração de sacarose de 4 0°Brix para 60 °Brix. Estatisticamente os valores foram significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade. Segundo Monteiro et al. (2020b) estes resultados indicando que a alta concentração de sólidos na solução osmótica culminou em maiores taxas de penetração de sólidos nas bagas de jaca. Após o processo de desidratação osmótica, as bagas foram submetida a uma cinética de secagem na temperatura de 50 °C, no qual, foi possível calcular através da Equação 5 os valores da difusividade efetiva do processo.

A Tabela 4 apresenta os valores de difusividade efetiva e o coeficiente de determinação (R^2) para secagem das bagas de jaca submetidas primeiramente a uma desidratação osmótica em soluções de sacarose com concentrações de 40, 50 e 60 °Brix.

Tabela 4 – Difusividade efetiva do processo de secagem das bagas de jaca após o processo de desidratação osmótica nas concentrações de sacarose de 40, 50 e 60 °Brix.

Condições	Difusividade efetiva ($m^2 \text{ min}^{-1}$)	R^2
40 °Brix	$(5,01 \pm 0,05)^a \times 10^{-8}$	0,9908
50 °Brix	$(3,38 \pm 0,11)^b \times 10^{-8}$	0,9936
60 °Brix	$(2,26 \pm 0,03)^c \times 10^{-8}$	0,9981

Nota: Coeficiente de determinação (R^2); Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey.

Fonte: Própria (2022).

O ajuste do modelo de Fick aos dados experimentais apresentou coeficiente de determinação superior a 0,99 ($R^2 > 0,99$) para todas as concentrações das soluções. Os valores de difusividade variaram de $(2,26 \pm 0,03) \times 10^{-8} m^2 \text{ min}^{-1}$ a $(5,01 \pm 0,05) \times 10^{-8} m^2 \text{ min}^{-1}$ para as concentrações de 60 °Brix e 40 °Brix, respectivamente. Estatisticamente esses valores calculados foram influenciados pela concentração da solução de sacarose ao nível de 5%. André (2019) em seus estudos para obtenção de berinjelas passas com incorporação de sabor, a difusividade efetiva variou de $0,593 \times 10^{-9}$ a $5,530 \times 10^{-9} m^2 \text{ s}^{-1}$ para berinjelas incorporadas de 10% de maracujá e secas à 50 °C e para berinjelas incorporadas de 5% erva doce secas à 70 °C, respectivamente. Duarte et al. (2012) em seus estudos com fatias de jaca obtiveram difusividade efetiva média de $0,973 \times 10^{-8} m^2 \text{ s}^{-1}$ para o tratamento a 40 °Brix e $1,11 \times 10^{-8} m^2 \text{ s}^{-1}$ para 50 °Brix.

CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, pode-se concluir que: A aplicação dos processos combinados de desidratação osmótica e secagem convectiva foi viável para as bagas de jaca; O aumento da concentração de sacarose promoveu maiores perdas de água e de massa, e maior ganho de sólidos; O processo de secagem apresentou difusividade variando de $(2,26 \pm 0,03) \times 10^{-8} m^2 \text{ min}^{-1}$ para o tratamento a 60 °Brix a $(5,01 \pm 0,05) \times 10^{-8} m^2 \text{ min}^{-1}$ para o tratamento a 40 °Brix. Como sugestões de trabalhos futuros, pode-se realizar as análises de textura e sensorial das bagas desidratadas.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, A. M. M. C. N. Passa de berinjela com adição de saborizantes elaborada por desidratação osmótica e secagem complementar. 255f. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2019.

- ARAÚJO, L. D.; GUERRA, N.; VASCONCELOS, M.; SHINOHARA, N.; ALBUQUERQUE, S. D.; ANDRADE, S. Otimização da desidratação osmótica do jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*). *Brazilian Journal Food Technology*, v.13, n.2, p.98-106. 2010.
- BARROS, S. L. Modelagem e simulação do processo de secagem convectiva de fatias de kiwi pré-tratadas osmoticamente utilizando geometria de parede infinita. 108f. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2020.
- CRANK, J. (1975). *The mathematics of diffusion* (2nd ed., p. 414). Oxford: Clarendon Press.
- DUARTE, M. E. M., UGULINO, S. M. P., MATA, M. E. R. M. C., GOUVEIA, D. S., & QUEIROZ, A. J. D. M. (2012). Desidratação osmótica de fatias de jaca. *Revista Ciência Agronômica*, 43, 478-483.
- MONTEIRO, S. S., MONTEIRO, S. S., SANTOS, N. C., BARROS, S. L., & PEREIRA, E. M. (2020a). Desidratação osmótica de fatias de mamão, Carica papaya L. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 15(2), 183-192.
- MONTEIRO, S. S., MONTEIRO, S. S., SANTOS, N. C., BARROS, S. L., DA CRUZ, O. N., MARTINS, L. P., & GOMES, J. P. (2020b). Aplicação de processos combinados osmótico e secagem em air fryer em berinjelas condimentadas com hibisco. *Research, Society and Development*, 9(3), 14.
- PESSOA, T.; SILVA, D.R.S.; GURJÃO, F.F.; MIRANDA, D.S.A.; DUARTE, M.E.M.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.R. Cinética de desidratação osmótica e características físico-químicas de goiaba Paluma. *Tecnol. & Ciên. Agropec*, v.10, n.6, p.77-82, 2016.
- REIS, D. R.; FIGUEIREDO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 20, p.1-7, 2017.
- SANTOS FILHO, A. L., ROCHA, A. A., SANTOS, G. A. S., PAIXÃO, L. C., & SANTANA, A. A. (2021). Amêndoa de jaca: caracterização físico-química, tratamento osmótico, cinética de secagem e modelagem matemática. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 11194-11210.
- SILVA JÚNIOR, J. F.; SANTIAGO, A. M.; GALDINO, P. O.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; MARSIGLIA, W. M. L.; ALMEIDA, R. L. J. Aplicação da desidratação osmoconvectiva para o aproveitamento tecnológico da casca de banana. *Research, society and development*, v.9, n.1, p.1-20, 2020.
- SILVA, A. S., & PEDRO, M. A. M. (2018). Estudo da influência da desidratação osmótica na secagem de fatias de abacaxi. *Revista Científica*, 1(1).