

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DA MANGABA (*Hancornia speciosa*) ASSISTIDA POR ULTRASSOM

A. A. L. SILVA¹, L. M. GARCIA¹, G. F. SILVA², A. S. LIMA¹ e O. L. S. ALSINA¹

¹ Universidade Tiradentes, Instituto de Tecnologia e Pesquisa

² Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia de Petróleo
E-mail para contato: acacialima_eng@hotmail.com

RESUMO – A mangaba (*Hancornia speciosa*) é uma fruta nativa do Brasil, fonte de vitaminas, fibras e minerais, ela é altamente perecível, o que representa um obstáculo à comercialização. A desidratação osmótica (DO) assistida por ultrassom é uma tecnologia capaz de melhorar as condições de processamento de frutas, e por esta razão foi aplicada neste trabalho. A desidratação osmótica foi realizada com frutos inteiros à temperatura de 30°C, assistido por ondas ultrassônicas com potências de 30 e 40 W. Os experimentos foram conduzidos durante 510 min. As curvas da perda de massa mostram um pequeno declínio até 200 min., seguido de uma perda mais acentuada a 350 min. e estabilidade a partir de 510 min. O melhor resultado foi obtido trabalhando com 40 W e 40 °Brix, onde foram obtidas frutas com 80% de umidade final e 14 °Brix, atingindo o objetivo do trabalho quando comparado com a umidade e °Brix médio inicial que eram de 85,7% e 12 °Brix respectivamente.

1. INTRODUÇÃO

A mangaba (*Hancornia speciosa*) é um fruto nativo do Brasil, altamente nutritivo, rico em vitaminas A, do complexo B e C além de minerais e proteínas, com alto teor de umidade, apresenta aspecto frágil, sendo suscetível a danos mecânicos durante a colheita, transporte e manuseio, o que representa um obstáculo para a comercialização (Macêdo, *et al.*, 2003). É costumeiramente encontrada vegetando nas regiões Centro-oeste, Sudeste, Norte e Nordeste, sendo nessas duas últimas consumida, *in natura* ou na forma de geleias, sorvete, licor, doce e refresco, portanto apresenta um apelo econômico forte (Vieira Neto *et al.*, 2009).

Sergipe é um grande produtor de mangaba (IBGE, 2012), porém grande parte dessa produção se perde entre a colheita e a mesa do consumidor, esse desperdício é causado principalmente por falhas no armazenamento e transporte. Contudo, algumas perdas são causadas pelo amadurecimento precoce dos frutos e de deficiências na colheita e pós-colheita. Esse fato justifica a utilização de processos capazes de conservar esses produtos por um período maior, como exemplo, o tratamento osmótico tem se apresentado como um processo importante para a conservação e desenvolvimento de novos produtos com valor agregado e com propriedades funcionais (Torreggiani e Bertolo, 2001).

A desidratação osmótica é um tratamento complementar a outros processos mais tradicionais e relatados na literatura, como a secagem. No entanto, sua aplicação tem se renovado e vem aumentando, principalmente em técnicas combinadas, com ultrassom, com pulso de vácuo e a com pulso elétrico (Cárcel *et al.*, 2007). O procedimento envolve mecanismos de incorporação de açúcar e redução da atividade de água, e desta forma promove a diminuição da perecibilidade por deterioração microbiana, inibição de atividade enzimática, sem a perda de suas propriedades sensoriais e nutritivas. O processo facilita o armazenamento e reduz os custos com transporte (Machado *et al.*, 2011; Dincer e Dost, 1995).

O uso das ondas ultrassônicas tem como vantagem a eficiência em baixa temperatura, o que reduz a probabilidade de degradação do alimento (Mason *et al.*, 2005). Além disso, permite a remoção da umidade do material sólido sem produzir mudanças de fase, reduz o tempo do processamento quando utilizado como pré-tratamento na secagem de frutas, aumenta o rendimento, a produtividade e seletividade, reduz danos químicos e físicos. Atualmente, a aplicação dessa tecnologia tem atraído atenção por seu papel na sustentabilidade do meio ambiente, já que não causa danos, enquadrando-se no conceito de tecnologia verde (Fernandes *et al.*, 2008; Fernandes e Rodrigues, 2007; Chemat *et al.*, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a desidratação osmótica da mangaba assistida por ultrassom (30 e 40 W) em solução de sacarose (40 e 60 °Brix), com relação à perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e teor de umidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Alimentos (LPA) do Instituto de Tecnologia e Pesquisa da Universidade Tiradentes.

As mangabas foram obtidas de um único fornecedor que as comercializavam em feira livre da cidade de Aracaju-SE, e foram selecionadas de acordo com o peso, tamanho, firmeza, grau de maturação e ausência de danos mecânicos. As amostras foram lavadas com água corrente para eliminar sujidades, mergulhadas em solução de hipoclorito de sódio (4-6% P.A) e secas com papel absorvente.

2.1. Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica foi realizada com a imersão dos frutos inteiros em solução de sacarose comercial a 40 e 60° Brix e temperatura fixa em 30°C. Para cada variação de solução osmótica foram utilizadas 7 amostras, as quais foram acomodadas em copos de poliestireno perfurados de modo a permitir a entrada da solução, e fixados em recipientes de vidro de 250 mL, como mostra a Figura 1. A razão massa da solução e massa da fruta foi suficientemente grande, de modo que o °Brix da solução ficou praticamente constante ao longo de todo o experimento. O tempo de imersão foi fixado em 510 min., em banho ultrassônico com potência variando entre 30 e 40 W.

As amostras foram retiradas a cada 90 min., onde a solução era drenada e a amostra seca parcialmente em papel absorvente para pesagem em balança analítica, com o objetivo de determinar a perda de água e ganho de sólidos, e posteriormente, divididas em duas partes iguais para a determinação do teor de sólidos solúveis e umidade. O teor de sólidos solúveis, °Brix, foi determinado com o auxílio de um refratômetro (ABC-LAB) e a determinação do teor de umidade em estufa a 105°C durante 24h, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O mesmo procedimento foi adotado para uma amostra sem tratamento com o intuito de comparar a eficiência do método.



Figura 1 – Amostras de manga imersas em solução de sacarose comercial.

2.2. Modelagem Matemática

Para a determinação da cinética de desidratação da manga foi utilizado o modelo empírico e não exponencial proposto por Peleg (1988) e apresentado na Equação 1. Esse modelo apresenta dois parâmetros, K_1 relacionado com a umidade de equilíbrio (Equação 2) e K_2 relacionado com a taxa inicial de desidratação (Equação 3) (Gowen *et al.*, 2007). Os parâmetros foram determinados por regressão não linear ajustado pelo método de ajuste SIMPLEX até a convergência utilizando o software Microcal Origin®. A qualidade do ajuste do modelo foi feita pela comparação com o coeficiente de correlação (R^2).

$$X_0 - X_t = \frac{t}{K_1 t + K_2} \quad (1)$$

$$X_\infty = X_0 - \frac{1}{K_1} \quad (2)$$

$$\left. \frac{dX}{dt} \right|_{t \rightarrow 0} = \left| \frac{1}{K_2} \right| \quad (3)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos do teor de sólidos solúveis inicial ($^{\circ}\text{B}_i$) e final ($^{\circ}\text{B}_f$), bem como da umidade inicial (X_i) e final (X_f) da fruta, para diversas condições de concentração de sacarose na solução ($^{\circ}\text{Brix}$) e potência ultrassônica. O $^{\circ}\text{Brix}$ da solução hipertônica manteve-se praticamente constante ao longo dos experimentos. O grau de desidratação da fruta foi de 3 a 8%, considerado pequeno para o processo nas condições estudadas, pois o produto ainda contém um elevado teor de água. Portanto, estes resultados sugerem que a DO assistida com ultrassom nas condições deste trabalho podem ser consideradas como um protocolo prévio para à secagem convectiva da fruta. Também foi verificado um aumento do teor de sólidos solúveis da fruta que variou entre 15% e 36% em relação ao valor inicial. Como esperado, o aumento do $^{\circ}\text{Brix}$ da solução promove uma maior transferência de soluto para o interior do sólido. Quanto à potência, não foi um fator influente no ganho de sólidos. É possível visualizar que o maior ganho de sólidos foi obtido com solução de 60 $^{\circ}\text{Brix}$ e 30W de potência, enquanto que o melhor resultado para a desidratação foi, contrariamente ao esperado, obtido com a menor potência e o menor $^{\circ}\text{Brix}$ da solução e umidade final. Este resultado pode estar associado ao efeito da viscosidade da solução de maior $^{\circ}\text{Brix}$, cujo aumento pode diminuir os efeitos difusionais. Com relação a efeito ultrassônico, a potência maior pode ter provocado colapso de estruturas celulares internas com efeitos inesperados sobre a desidratação, como encontrado por outros autores trabalhando com DO assistida por ultrassom em fatias de coco impregnadas por curcumina – Bellary *et al.* (2011) e na DO assistida por ultrassom em kiwis – Nowacka *et al.* (2013). Serão necessários experimentos ampliando a faixa operacional, bem como resultados mais detalhados para confirmar os mecanismos envolvidos nos comportamentos observados.

Tabela 1 – Resultados obtidos da umidade e $^{\circ}\text{Brix}$ da fruta

$^{\circ}\text{B}^{\text{S}}$	P(W)	$^{\circ}\text{B}_i$	$^{\circ}\text{B}_f$	$^{\circ}\text{B}_f/^{\circ}\text{B}_i$	X_i	X_f	X_f/X_i
40	30	13	15	1,15	88,40	81,32	0,92
60	30	11	15	1,36	85,90	82,44	0,96
40	40	12	14	1,17	84,17	80,04	0,96
60	40	12	15	1,25	84,65	82,58	0,97

3.1 Evolução da PA, GS e X ao Longo da Desidratação Osmótica

A Figura 2 ilustra os resultados obtidos para a perda de massa (a) e o ganho de sólidos (b) a 40W e 40 $^{\circ}\text{Brix}$. Observa-se na Figura 2 (a) que nos 200 minutos iniciais há uma rápida perda de massa, depois desse momento o sistema passa a diminuir a taxa de transferência líquida até o momento em que atinge o pseudo equilíbrio, em torno de 350 min. Na Figura 2 (b) verifica-se que a transferência de sólidos do meio para a fruta é mais intensa nos minutos iniciais até que se atinge o limite de saturação, em torno de 400 min e o sistema entra em equilíbrio.

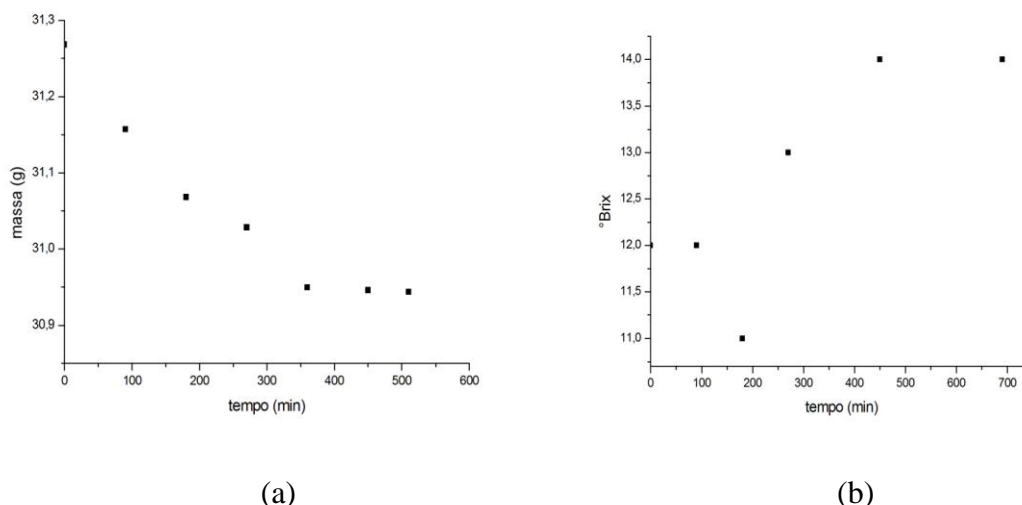


Figura 2 – Perda de massa (a) e ganho de sólidos (b) para 40W e 40°Brix.

A Figura 3 mostra a evolução da umidade da fruta em função do tempo para diversas condições de desidratação osmótica. Observa-se que, salvo para o experimento realizado com 30W e 40°Brix, observa-se uma taxa de desidratação mais rápida até aproximadamente 200 min seguida de uma etapa mais lenta. O comportamento diferente observado no experimento com 30W e 40°Brix pode estar associado ao maior valor de umidade inicial da fruta. Apresenta uma taxa de desidratação mais rápida, devido à maior umidade inicial. Após aproximadamente 350min, a curva de desidratação se comporta de maneira semelhante às outras, com valores de umidade em torno de 80%.

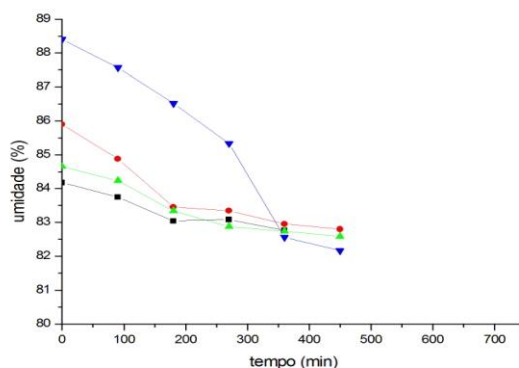


Figura 3 – Umidade da fruta em função do tempo de desidratação.
—■— 40W e 40°Brix, —●— 30W e 60°Brix, —▲— 40W e 60°Brix, —▼— 30W e 40°Brix.

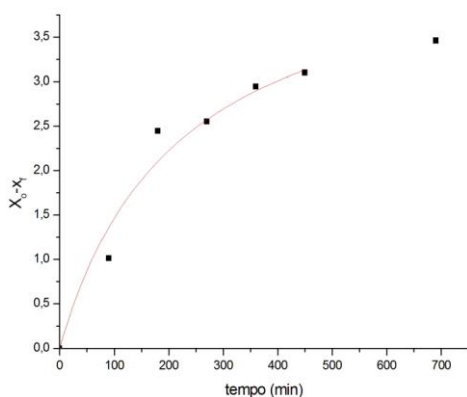
3.2. Modelagem da Cinética de Desidratação

Na Tabela 2 são mostrados os parâmetros K_1 , K_2 , X_∞ e R^2 para cada °Brix e potência

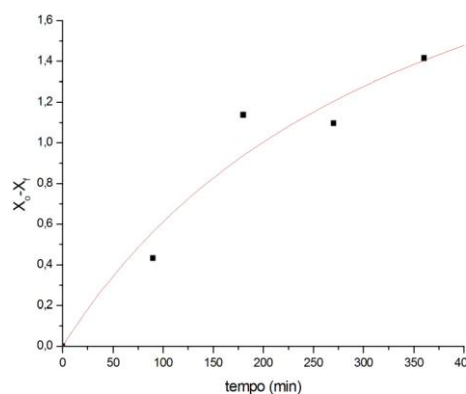
utilizada. Como pode ser observado na tabela, o modelo não se mostrou adequado para representar a cinética no experimento realizado com 30W e 40°Brix, já que o parâmetro K_1 se mostrou negativo, portanto, sem significado físico. O melhor ajuste do modelo de Peleg foi para os dados experimentais obtidos com 30W e 60°Brix, com coeficiente de determinação de 0,974 e uma umidade de equilíbrio (X_∞) de 80,80% de umidade.

Tabela 2 – Dados dos parâmetros K_1 , K_2 , X_∞ e R^2 para cada °Brix e potência aplicada.

°B ^S	P(W)	K_1 (min ⁻¹)	K_2	X_∞	R^2
40	30	-0,032 ± 0,04	86 ± 16	-	0,969
60	30	0,195 ± 0,028	51 ± 10	80,8	0,974
40	40	0,357 ± 0,168	128 ± 45	81,5	0,945
60	40	0,257 ± 0,076	101 ± 26	80,8	0,956



(a)



(b)

Figura 4 – Cinética da desidratação de mangaba. (a) 30W e 60°Brix . (b) 40W e 40°Brix.

4. CONCLUSÃO

A desidratação osmótica assistida por ultrassom funciona como um pré-tratamento à secagem convectiva, sendo possível obter um produto final ainda com um teor de umidade alta, em torno de 80% e ganho de sólidos variando de 15 a 36%.

A potência ultrassônica não se mostrou influente no processo para o ganho de sólidos, sendo possível obter um maior ganho de sólidos solúveis em condições com menor potência (60°Brix/30W), enquanto que o melhor resultado para a desidratação foi, obtido com a menor potência e o menor °Brix da solução e umidade final. Este resultado pode estar associado ao efeito da viscosidade, já que soluções mais viscosas tendem a diminuir a taxa de transferência de massa devido a uma menor difusão na água ou, ainda, aos efeitos da cavitação ultrassônica.

O modelo de Peleg foi capaz de representar a cinética de desidratação, exceto para a condição com 30W de potência e 40°Brix. Apresentou um melhor ajuste para os dados experimentais obtidos com 30W e 60°Brix, com coeficiente de determinação de 0,974 e um pseudo equilíbrio de 80,80% de umidade.

5. REFERÊNCIAS

BELLARY, A. N.; SOWBHAGYA, H. B.; RASTOGI, N. K. Osmotic dehydration assisted impregnation of curcuminoids in coconut slices. *Journal of Food Engineering*, v. 105, p. 453–459, 2011.

CÁRCEL, J. et al. Influence of ultrasound intensity on mass transfer in Apple immersed in a sucrose solution. *Journal of Food Engineering*. Essex, v.78, n. 2, p. 472-479, Jan. 2007

CHEMAT, F.; ZILL-E-HUMA, MUHAMMED KAMRAN KHAN. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonic Sonochemistry*, v.18, n.4, p. 813-835, 2011.

DINCER, I.; DOST, S. An analytical model for moisture diffusion in solid objects during drying. *Drying Technology*, v.13, p.425- 435, 1995.

FERNANDES, F .A. N., GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound as pre-treatment on cell structure: melon dehydration. *Food Science and Technology*, [Zurich], v. 41, p. 604-610, 2008.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, [Oxford], v. 82, p. 261-267, 2007.

GOWEN, A.; ABU-GHANNAM, N.; FRIAS, J. E OLIVEIRA, J. Influence of preblanching on the water absorption Kinetics of soybeans, *Journal of Food Engineering*, 2007, 78, 965–971.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário: banco de dados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 de Fevereiro de 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 98, 2008.

MACÊDO, L. S.; ARAÚJO, I. A.; FRANCO, C. F. O. Caracterização Físico-Química de Frutos da Mangabeira Nativa e Naturalizada da Mata Paraibana. In: Simpósio Brasileiro Sobre a Cultura da Mangaba, Aracaju, 2003. Resumos. Aracaju: Embrapa semi-árido.

MASON, T. RIERA, E.; VERCET, A.; LOPEZ-BUESA, P. Application of ultrasound. In: Sun, D.W. Editor, *Emerging technologies for food processing*, Elsevier Academic Press, California, p. 323-350, 2005.

NOWACKA, M.; TYLEWICZ, U.; LAGHI, L.; DALLA ROSA, M.; WITROWA-RAJCHERT, D. Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration. Food Chemistry, v. 144, p. 18-25, 2013.

PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. Journal of Food Science, 1988, 53 (4), 1216-1219.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. Journal of Food Engineering, v. 49, p. 247-253, 2001.

VIEIRA NETO, R.D.; SILVA JUNIOR, J.F. DA; LEDO, A. DA S. MANGABA. In: Santos-Serejo, J.A. dos; Dantas, J.L.L.; Coelho, C.V.S.; Coelho, Y. da S. (Org.). **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 323-338.