



Estudo da secagem de manga (Mangifera indica L.) variedade Tommy Atkins desidratadas osmoticamente

Anastácia Maria Mikaella Campos Nóbrega¹, Maria Elita Martins Duarte², Leila de Sousa Nunes³, Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata⁴

RESUMO

A desidratação osmótica representa uma alternativa tecnológica à redução das perdas pós-colheita de frutos. Com este trabalho objetivou-se a obtenção de manga passa por meio de desidratação osmótica de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins com posterior secagem convectiva a 50 °C. A desidratação osmótica foi realizada em xaropes de sacarose com 30, 40 e 50 °Brix. Para este processo, acompanhou-se a perda percentual de água, a perda percentual de peso e o ganho de sólidos do produto. Durante a secagem convectiva foi acompanhada a cinética de secagem e avaliado o ajuste aos dados experimentais dos modelos matemáticos Page, Lewis, Verna e Henderson e Pabis. Observou-se que quanto maior a concentração de sacarose no xarope mais eficiente se torna a desidratação osmótica e conseqüentemente à secagem convectiva posterior. Verificou-se ainda que o modelo proposto por Page ajustou-se melhor aos dados experimentais da secagem convectiva de manga Tommy Atkins pré-desidratada osmoticamente em xaropes de sacarose com 30, 40 e 50 °Brix.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L., desidratação osmótica, secagem convectiva

STUDY OF MANGO DRYING (*Mangifera indica* L.) VARIETY TOMMY ATKINS OSMOTICALLY DEHYDRATED

ABSTRACT

Osmotic dehydration represents a technological alternative to reduce post-harvest losses of fruits. This work aimed to obtain raisins of mango through the osmotic dehydration of mango (*Mangifera indica* L.) variety Tommy Atkins with subsequent convective drying at 50 °C. Osmotic dehydration was performed in sucrose syrups with 30, 40 and 50 °Brix. In the process, the water loss percentage, the percentage of weight loss and gain of the solid product were monitored. During convective drying the kinetics of drying was monitored and it was evaluated the fit of experimental data to the mathematical models of Page, Lewis, and Verna Henderson and Pabis. It was observed that the higher the concentration of sucrose in the syrup the osmotic dehydration becomes more efficient and hence the convective drying later. It was also found that the model proposed by Page gave the best fitted to the experimental data of convective drying of Tommy Atkins mango pre-osmotically dehydrated in sucrose syrups with 30, 40 and 50 °Brix.

Keywords: *Mangifera indica* L., osmotic dehydration, convective drying

INTRODUÇÃO

Originária do Sul da Ásia, a manga (*Mangifera indica* L.) da família *Anacardiaceae*, é uma das frutas que se destacam pelo sabor e aroma agradáveis, junto ao seu valor nutritivo tais como vitaminas A, B e C. De acordo com Simões, citado por AGRA (2006), o interesse pela cultura da manga atualmente, não está

¹Aluna de Curso de Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: anastaciamicabella@gmail.com

²Engenheira Agrícola, Prof.^a Dr.^a, Depto. de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: elita@deag.ufcg.edu.br

³Química Industrial, Aluna de doutorado em Engenharia de Processos, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: leilaufcg@gmail.com

⁴Agrônomo, Prof.^o Dr.^o, Depto. de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: mmata@deag.ufcg.edu.br

apenas voltado à produção de frutas para consumo “in natura”, mas, sobretudo para fins de industrialização em polpas, sucos, sorvetes, compotas, geléias e derivados.

Como maioria das frutas tropicais, a manga é produzida em grande quantidade durante um período curto de tempo e deteriora-se rapidamente (SOARES JUNIOR et al., 2003). Segundo Leite citado por SOUZA NETO et al. (2004) estima-se que, no Brasil, as perdas pós-colheita de manga oscilem entre 40% e 50%, principalmente por manuseio e preservação inadequados.

A manga apresenta grandes possibilidades de industrialização, mas ainda não é devidamente explorada. A viabilização do aproveitamento racional da manga, com o desenvolvimento de novos produtos, preservando ao máximo os componentes nutricionais dessa fruta, seria extremamente importante para o Brasil, o qual se apresenta como grande produtor mundial de manga (RIBEIRO & SABAA-SRUR, 1999).

A desidratação osmótica, alternativamente denominada impregnação ou saturação, é uma importante tecnologia que permite tanto a remoção de água do produto, quanto à modificação de suas propriedades pela impregnação de solutos desejados. Esta técnica que consiste na imersão do alimento sólido, inteiro ou em pedaços, em soluções aquosas concentradas de açúcares ou sais, levando a dois fluxos de massa simultâneos: um fluxo de água do alimento para a solução e uma transferência simultânea de soluto da solução para o alimento (MIZRAH et al., 2001; ANDRADE et al., 2003).

A desidratação osmótica tem se apresentado como uma prática tecnológica para se desenvolver produtos derivados de frutas, com valor agregado e com propriedades funcionais (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001).

De acordo com SERENO et al. (2001), por não fornecer produtos com umidade suficientemente baixa para serem considerados estáveis em prateleira sob temperatura ambiente é que o tratamento osmótico é usado principalmente como um pré-tratamento introduzido em alguns processos convencionais, como secagem a ar convectivo, microondas e liofilização, afim de melhorar a qualidade do produto final, reduzir custos de energia ou mesmo formular novos produto. Segundo CÓRDOVA (2006), acredita-se que a desidratação osmótica juntamente com a secagem convectiva seja um processo que permite a obtenção de frutas com melhor estabilidade de cor e textura e aumento da vida de prateleira, em relação ao produto seco convencionalmente e armazenado em temperatura ambiente. A secagem pode ser melhorada conhecendo mais profundamente as interações entre processo, qualidade, combinação de tecnologias e uso de pré-tratamentos (ALVES & SILVEIRA, 2002).

Através desta pesquisa, objetivou-se a obtenção de manga passa por meio de desidratação osmótica de manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins em soluções osmóticas com concentrações de sacarose iguais a 30, 40 e 50 °Brix, seguida de secagem convectiva a 50 °C.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB. A metodologia para obtenção da manga passa consistiu em se desenvolver as etapas contidas no fluxograma, que se encontra na Figura 1.

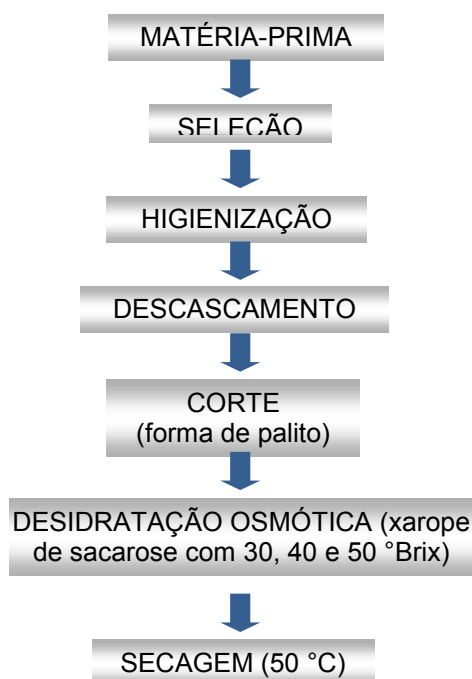


Figura 1. Fluxograma do processo de obtenção da manga passa

Foi utilizada nesta pesquisa, a manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins (Figura 2), adquiridas em uma rede de supermercados da cidade de Campina Grande - PB.



Figura 2. Manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins

Os frutos foram selecionados manualmente, verificando o estado geral de conservação dos frutos, estágio de maturação, tamanho, ausência de danos causados por choques ou insetos e consistência. Foram então lavados em água corrente, para retirar o excesso de sujidades, colocados em água clorada (50 ppm por 10 minutos); depois de lavados foram postos para secar em ambiente natural, antes da próxima fase do processamento. As mangas foram descascadas manualmente e cortadas em palitos com aproximadamente 1,0 cm de espessura (Figura 3). O comprimento destes palitos era variável, devido à forma do fruto.



Figura 3. Corte da manga em forma de palito

Para a preparação dos xaropes osmóticos, utilizou-se açúcar cristalizado granulado que foram dissolvidos em água até que os teores de sólidos solúveis desejados fossem alcançados (30 40 e 50 °Brix). Os palitos foram imersos nos xaropes e mantidos sob osmose a temperatura de 50 °C em um desidratador de frutas com circulação forçada de ar (Figura 4), até que fosse atingido o teor de água de equilíbrio do produto para estas condições.



Figura 4. Desidratador de frutas Polidryer PD-25

Durante a desidratação osmótica três amostras foram identificadas para a realização do acompanhamento da perda de peso da manga. Essas amostras eram subtraídas do xarope e colocadas em um papel absorvente para retirada do excesso de solução osmótica, pesadas com o auxílio de uma balança semi-analítica e, em seguida, devolvidas ao recipiente com xarope. Tais pesagens foram realizadas em diferentes intervalos de tempo e após cada uma delas, pequenas alíquotas de manga eram coletadas para a determinação do teor de água e, conseqüentemente, da quantidade de matéria seca dos frutos. Utilizaram-se os valores obtidos nestas determinações para calcular, durante o processo, a perda percentual de água, a perda percentual de peso e o ganho de sólidos do produto conforme as Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$P_a(\%) = \frac{(m_0 \cdot X_0) - (m_t \cdot X_t)}{m_0} \quad (1)$$

$$P_p(\%) = \frac{(m_0 - m_t)}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$$G_s = m_t - ms_0 \quad (3)$$

em que: X_0 - teor de água do fruto tratado no tempo $t = 0$ (%b.u.); X_t - teor de água do fruto tratado no tempo t (%b.u.); P_a - perda percentual de água (%); P_p - perda percentual de peso (%); G_s - ganho de sólidos (%); m_0 - massa do fruto no tempo $t = 0$ (g); m_t - massa do fruto tratado no tempo t (g); ms_0 - matéria seca do fruto no tempo $t = 0$ (g).

Após a desidratação osmótica os palitos de manga foram retirados do xarope e mantidos no desidratador de frutas, para efetuar a secagem convencional a temperatura de 50°C, até que o produto apresentasse consistência de passa.

A cinética de secagem convectiva da manga Tomy Atkins foi acompanhada através da perda de peso em relação ao tempo, e para isso, utilizou-se uma balança semi-analítica. Os modelos de Page, Lewis, Verna e Henderson e Pabis utilizados no ajuste matemático aos dados experimentais da secagem estão representados, respectivamente, pelas Equações 4, 5, 6 e 7.

$$RX = \exp(-kt^n) \quad (4)$$

$$RX = \exp(-kt) \quad (5)$$

$$RX = a \cdot \exp(-kt) + [(1-a) \cdot \exp(-k_1 t)] \quad (6)$$

$$RX = a \cdot \exp(-kt) \quad (7)$$

em que:

$$RX = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \quad (8)$$

em que: RX - razão de umidade (adimensional); X_e - teor de água de equilíbrio (b.s.); t - tempo (min); k , k_1 , a e n = parâmetros dos modelos.

O ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi feito por meio do software STATISTICA versão 8.0, utilizando-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton. Como critério para avaliação do ajuste de cada modelo aos dados experimentais, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) dado pelo software, e o desvio percentual médio (P) calculado pela Equação 9.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(\gamma_e - \gamma_t)}{\gamma_e} \right| \quad (9)$$

em que: P - desvio percentual médio (%); n - número de dados experimentais; γ_e - valor experimental; γ_t - valor teórico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desidratação osmótica

As curvas obtidas no transporte de massa para avaliação da desidratação osmótica de manga Tommy Atkins, em relação aos parâmetros de perda percentual de peso, perda percentual de água e ganho de sólidos encontram-se, respectivamente, nas Figuras de 5 a 7.

Pode-se observar na Figura 5, a existência de um aumento na perda de massa no decorrer da desidratação osmótica, porém, a tendência à estabilização ao longo do tempo verificada no processo

realizado em xarope com 40 e 50 °Brix não é visível quando se analisa a desidratação no xarope com 30 °Brix.

Verifica-se na Figura 6 que de modo geral para a desidratação em xarope com maior concentração de sacarose a taxa de perda de água durante o processo torna-se mais elevada. Segundo MIZRAHI et al. (2001), isto se deve ao aumento na pressão osmótica no exterior da fruta.

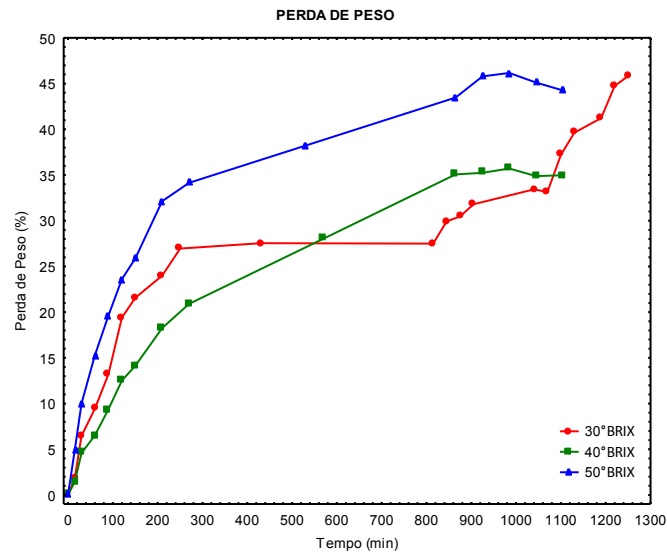


Figura 5. Perda de peso durante a desidratação osmótica de manga Tommy Atkins em xarope de sacarose nas concentrações de 30, 40 e 50 °Brix e temperatura de 50 °C

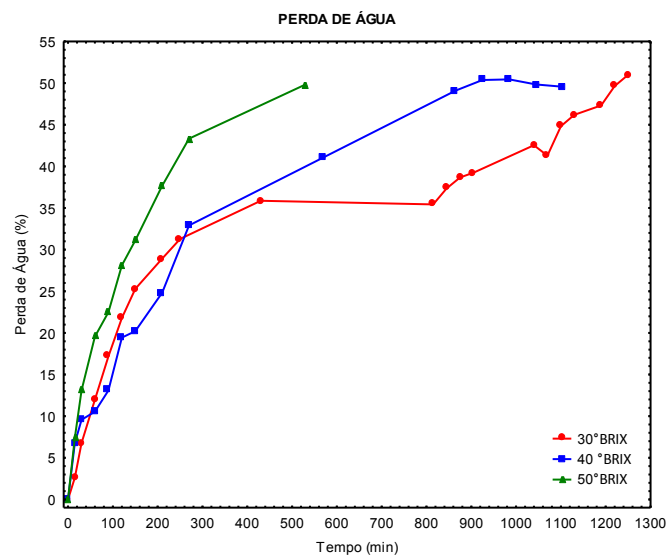


Figura 6. Perda de água durante a desidratação osmótica de manga Tommy Atkins em xarope de sacarose nas concentrações de 30, 40 e 50 °Brix e temperatura de 50 °C

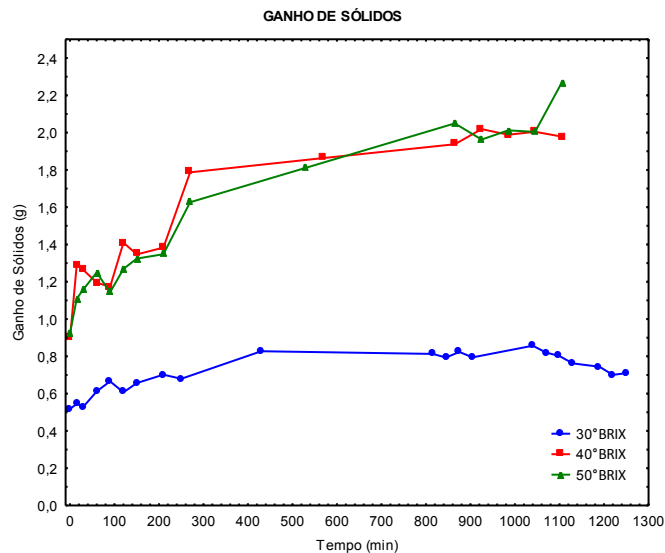


Figura 7. Ganho de sólidos durante a desidratação osmótica de manga Tommy Atkins em xarope de sacarose nas concentrações de 30, 40 e 50 °Brix e temperatura de 50 °C

O aumento da concentração da solução osmótica leva a uma redução do tempo necessário para atingir-se certo nível de desidratação; entretanto, soluções com mais de 75 °Brix tornam-se inapropriadas ao processamento devido aos limites de solubilidade do agente utilizado, dificultando o preparo da solução, além da alta viscosidade, o que dificulta a sua manipulação (MAEDA & LORETO, 1998).

Observa-se através da Figura 7 que o ganho de sólidos por parte da manga foi mais intenso nas primeiras 6 horas de tratamento osmótico, aproximadamente. A partir de aproximadamente quinze horas de tratamento, verificou-se certa tendência a estabilização do ganho de sacarose. Comportamento semelhante foi reportado por SOUZA NETO et al. (2004) em sua pesquisa com desidratação osmótica de mangas da variedade Coité, embora a estabilização do ganho de sólidos avaliado pelos autores tenha ocorrido em um intervalo de tempo de 4 horas, fato este que, possivelmente, pode ser atribuído a maior concentração de sólido solúveis do xarope de sacarose utilizado pelos autores (45, 55 e 65 °Brix). Porém, durante o estudo da desidratação osmótica de jaca em soluções de sacarose com 40 e 50 °Brix, UGULINO (2007) verificou comportamento muito semelhante ao encontrado durante a desidratação osmótica de manga Tommy Atkins.

Secagem convectiva

Nas Figuras 8 e 9, para cada modelo matemático utilizado no ajuste aos dados experimentais, estão as curvas da secagem convectiva representando a redução do teor de água da manga Tommy Atkins em função do tempo de secagem na temperatura de 50 °C.

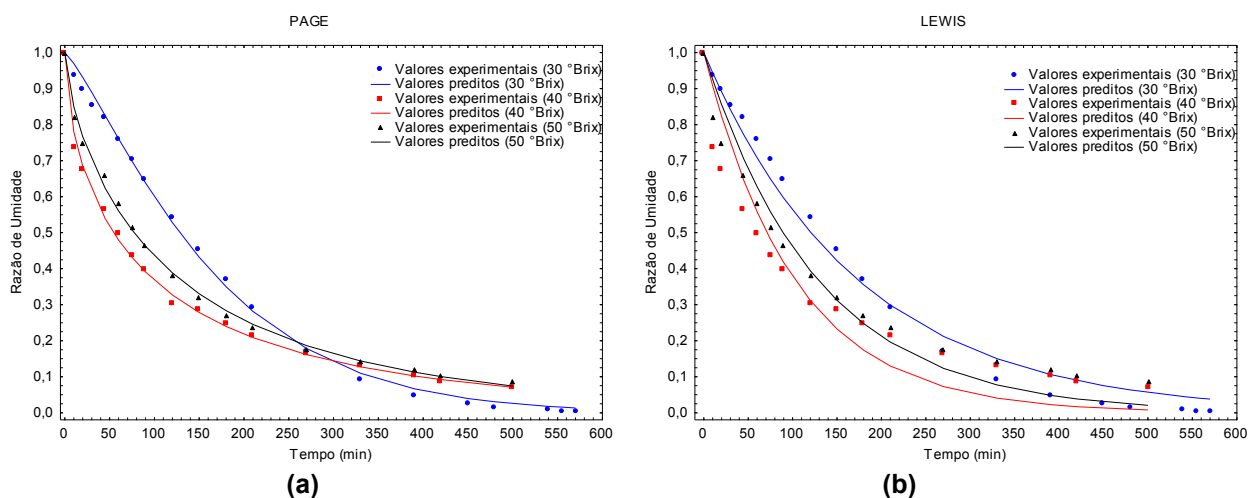


Figura 8. Ajuste matemático para a secagem convectiva, na temperatura de 50 °C, de manga Tommy Atkins desidratada osmoticamente em xarope de sacarose com concentrações de 30, 40 e 50 °Brix: (a) aplicação do modelo de Page e (b) aplicação do modelo de Lewis

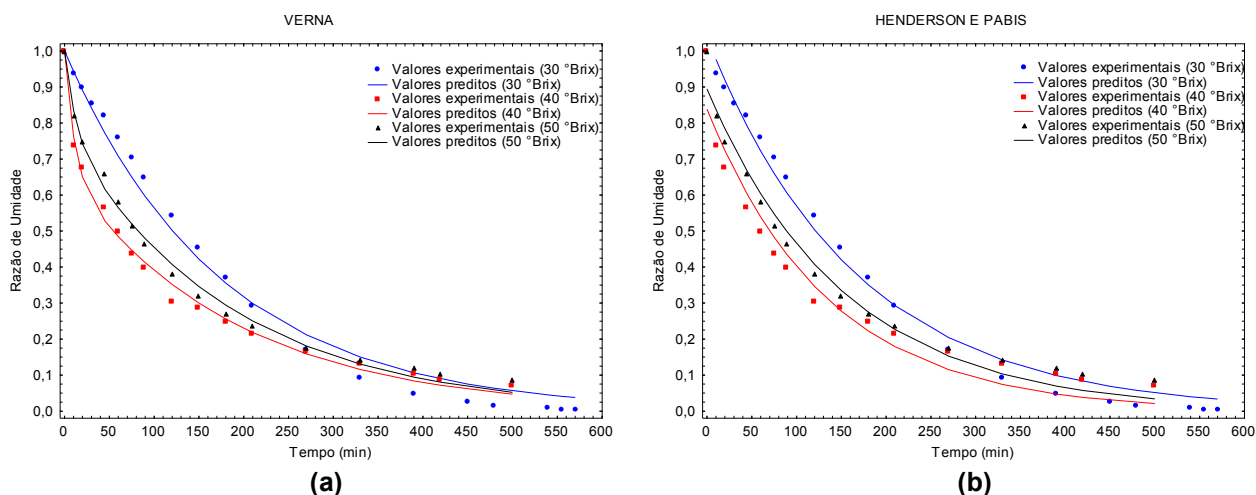


Figura 9. Ajuste matemático para a secagem convectiva, na temperatura de 50 °C, de manga Tommy Atkins desidratada osmoticamente em xarope de sacarose com concentrações de 30, 40 e 50 °Brix: (a) aplicação do modelo de Verna e (b) aplicação do modelo de Henderson e Pabis

Observa-se que nas curvas de secagem apresentadas há uma tendência de equilíbrio para a qual o teor de água de equilíbrio da manga em estudo foi alcançado em cerca de 550, 450 e 450 min após o início da secagem quando pré-desidratadas osmoticamente em xaropes com 30, 40 e 50 °Brix, respectivamente. Os modelos avaliados tiveram ajuste satisfatório aos dados experimentais da secagem convectiva, fato este confirmado através dos valores dos coeficientes de determinação (R^2) e dos valores dos desvios percentuais médios mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes de determinação, desvios percentuais médios e parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos, obtidos na secagem convectiva, na temperatura de 50 °C, de manga Tommy Atkins desidratada osmoticamente em xarope de sacarose com concentrações de 30, 40 e 50 °Brix

Modelo	°Brix	Parâmetros				R^2 (%)	P (%)
		k	n	a	k_1		
Page	30	0,001805	1,225993	*	*	99,744	4,03
	40	0,061650	0,605206	*	*	99,630	2,35
	50	0,031764	0,708889	*	*	99,721	0,311
Lewis	30	0,005749	*	*	*	98,810	11,860
	40	0,009720	*	*	*	92,322	2,299
	50	0,007762	*	*	*	96,547	1,759
Verna	30	0,005749	*	0,317454	0,005750	98,810	11,860
	40	0,093005	*	0,335286	0,005306	99,497	1,022
	50	0,081776	*	0,220749	0,005411	99,438	0,894
Henderson e Pabis	30	0,006027	*	1,037168	*	99,007	10,487
	40	0,007364	*	0,838605	*	96,251	1,215
	50	0,006548	*	0,894468	*	98,246	1,122

Considerando os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e dos desvios percentuais médios (P), dentre os quatro modelos matemáticos aplicados, aquele que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, com valores dos coeficientes de determinação superiores a 99,0% e desvios percentuais médios menores que 5% foi o modelo de Page, apesar do modelo de Verna também apresentar ajuste considerável. A Tabela 2 contém os valores dos teores de água verificados para a manga Tommy Atkins durante o experimento.

Tabela 2. Valores dos teores de água da manga Tommy Atkins in natura e após os processos de desidratação osmótica e secagem convectiva

Concentração do xarope de sacarose	Teor de água da manga Tommy Atkins (% b.u.)		
	"in natura"	após desidratação osmótica	após secagem convectiva
30 °Brix		64,70	16,80
40 °Brix	87,04	58,95	13,62
50 °Brix		46,75	13,31

Ao analisar esta Tabela, percebe-se que a elevação da concentração de sacarose na solução osmótica acarreta maior diminuição no teor de água da manga ao final da desidratação osmótica e conseqüentemente ao final da secagem convectiva. Este fato também pode ser confirmado através da Figura 7, onde se verifica o aumento do ganho de sólidos para o tratamento osmótico realizado em xaropes com teores de sacarose mais elevados.

CONCLUSÕES

- Combinada a outros processos de preservação de alimentos, a desidratação osmótica pode ser uma alternativa considerável para a redução do teor de água presente em manga Tommy Atkins, podendo reduzir o tempo total de processamento, acarretando assim menores perdas quanto aos aspectos nutricionais e sensoriais do produto.
- Quanto maior a concentração de sacarose no xarope mais eficiente se torna a desidratação osmótica e conseqüentemente a secagem convectiva posterior.
- O modelo que melhor representou o fenômeno de secagem convectiva a 50 °C para a manga Tommy Atkins desidratada osmoticamente em xaropes de sacarose com 30, 40 e 50 °Brix foi o modelo de Page.

AGRADECIMENTOS

A UFCG e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, N.G. **Secagem e liofilização de manga: características físico-química e sensoriais**. 2006. 135f. Dissertação (Mestrado pela área de concentração em armazenamento e processamento de produtos agrícolas) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- ALVES, S.M.; SILVEIRA, A.M. Estudo da secagem de tomates desidratados osmoticamente. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p.21-30, 2002.
- ANDRADE, S.A.C; METRI, J.C; BARROS NETO, B.; GUERRA, N.B. Desidratação osmótica do jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.273-281, 2003.
- CÓRDOVA, K.P.V. **Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã fugi comercial e industrial**. 2006.148f. Dissertação (Mestrado na área de tecnologia de alimentos) - Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- MAEDA, M.; LORETO, R. L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.19, n.1, p.60-67, 1998.
- MIZRAHI, S.; EICHLEIR, S.; RAMON, O; Osmotic desydratation phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, Barking, v.49, n.2-3, p.87-96, 2001.
- RIBEIRO, M.S.; SABAA-SRUR, A.U. O. Saturação de manga (*Mangifera indica* L.), var. rosa com açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, 1999.
- SERENO, A.M.; HUBINGER, M.D.; COMESAÑA, J.F.; CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, Barking, v.49, n. 2-3, p.103-114, 2001.
- SOARES JUNIOR, A.M; MAIA, A.B.R.A; NELSON, D.L. Estudo do efeito de algumas variáveis de fabricação no perfil texturométrico do doce de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.1, p.76-80, 2003.
- SOUZA NETO, M.A.; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; FIGUEIREDO, R.W; SOUZA FILHO, M.S.M.; LIMA, S.S. Cinética de desidratação da manga. **Publ. UEPG Exact Soil Sci., Agr. Sci. Eng.**, Ponta Grossa, v.10, n.2, p.37-44, 2004.

STATSOFT, Inc. STATISTICA for windows (data analysis software system), version 8.0. **Computer program manual**. Tulsa: Statsoft, 2008.

TORREGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pré-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Barking, v.49, n.2-3, p.247-253, 2001.

UGULINO, S.M.P. **Técnicas de secagem para elaboração de passa de jaca**. 2007. 112f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande.