

CINÉTICA DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MANGA

OSMOTIC DEHYDRATION KINETICS OF MANGO

**Manoel Alves de Souza Neto^{1*}, Geraldo Arraes Maia², Janice Ribeiro Lima³,
Raimundo Wilane de Figueiredo², Men de Sá Moreira de Souza Filho³,
Andréa da Silva Lima⁴**

¹ Autor para contato: Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil;
(85) 299-1886; e-mail: manoel@cnpat.embrapa.br

² Universidade Federal do Ceará - UFC, Departamento de Tecnologia de Alimentos,
Ceará, Brasil.

³ Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Ceará - UFC, Bolsista FUNCAP, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Recebido para publicação em 31/08/2004

Aceito para publicação em 17/11/2004

RESUMO

A desidratação osmótica representa uma alternativa tecnológica à redução das perdas pós-colheita de frutos. O presente trabalho visou avaliar a influência da concentração da solução e da pressão do sistema sobre a cinética de desidratação osmótica de manga. Pedacos de manga foram imersos em soluções de sacarose de diferentes concentrações (45°, 55° e 65°Brix), e mantidos sob pressão atmosférica (760 mmHg) e vácuo (660 mmHg). A desidratação osmótica foi realizada em temperatura controlada (65°C) por até cinco horas. Verificou-se que a utilização de vácuo durante a desidratação osmótica intensificou a perda de água e o ganho de sólidos em comparação com os tratamentos sob pressão atmosférica, nas mesmas condições de concentração da solução. O tratamento osmótico a vácuo, em que se utilizou solução de sacarose a 65°Brix, mostrou-se eficiente por ter possibilitado alcançar em menos tempo de processo um alto grau de desidratação com uma incorporação de sólidos no produto relativamente pequena, quando comparado aos demais tratamentos estudados. A cinética de desidratação osmótica de manga é influenciada pelas condições de processo, notadamente pela pressão do sistema.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L., processamento, transporte de massa, vácuo.

ABSTRACT

Osmotic dehydration represents a technological alternative to reduce post-harvest losses of fruits. The purpose of this work was to evaluate the influence of the osmotic solution concentration and of the pressure of the system on the kinetics

of the osmotic dehydration of mango. Mango cubes were immersed in sucrose solutions at different concentrations (45°, 55° and 65°Brix) and held under atmospheric pressure and vacuum. Osmotic dehydration was carried out at a controlled temperature (65°C) during five hours. It was observed that the use of vacuum in the osmotic dehydration intensified the loss of water and the gain of solids when compared with other methods under atmospheric pressure, in the same conditions of concentration of the osmotic solution. The osmotic treatment under vacuum, which used a 65°Brix sucrose solution, proved to be efficient in speeding up the loss of water of the product, making a high degree of dehydration possible with a relatively small gain, of solids in a shorter period of time when compared with the other treatments studied. The kinetics of the osmotic dehydration of mango is influenced by the conditions of the process, specially by the pressure of the system..

Key words: *Mangifera indica* L., processing, mass transport, vacuum

1. Introdução

Como a maioria das frutas tropicais, a manga é produzida em grande quantidade durante um período curto de tempo (dezembro a fevereiro) e deteriora-se rapidamente (Soares Junior, 2003). Estima-se que, no Brasil, as perdas pós-colheita de manga oscilem entre 40% e 50%, principalmente por manuseio e preservação inadequados (Leite, 1998). A industrialização é, portanto, uma alternativa para o aproveitamento do excesso de produção, além de possibilitar o consumo do produto nos períodos de entressafra.

Segundo Ribeiro e Sabaa-Srur (1999), 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 importante para o Brasil, que é um grande produtor mundial.

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 e Bertolo, 2001). É geralmente usada como uma etapa anterior ao processo de liofilização, microondas, secagem a vácuo, secagem por ar quente e, mais recentemente, na obtenção de frutas tropicais a alta umidade (Mastrangelo *et al.*, 2000; Sereno *et al.*, 2001). A técnica consiste na imersão do alimento sólido, inteiro ou em pedaços, em soluções aquosas concentradas de açúcares ou sais,

levando a dois fluxos principais simultâneos: saída de água do produto para a solução hipertônica e saída de soluto da solução para o produto (Torreggiani, 1993; Azoubel e Murr, 2000; Kowalska e Lenart, 2001). Através desta transferência é possível se introduzir uma quantidade desejada de componentes fisiologicamente ativos (antioxidantes, vitaminas ou minerais), redutores de atividade de água (Aa) ou pH, antimicrobianos, qualquer outro soluto de interesse nutricional ou um capaz de conferir ao produto uma melhor qualidade sensorial, a fim de obter-se um produto estável e de qualidade (Raoult-Wack, 1994; Fito *et al.*, 2001).

A taxa de perda de água e de ganho de sólidos durante a desidratação osmótica sofre a influência dos seguintes fatores: característica do tecido vegetal, geometria do material, tipo de agente osmótico, concentração da solução, proporção fruto/solução, temperatura, tempo de imersão, pressão do sistema e agitação (Lerici *et al.*, 1985; Rahman e Lamb, 1990). A pressão operacional exerce uma forte influência na cinética de transferência de massa durante a desidratação osmótica de alimentos (Sousa, 2002). Segundo Shi *et al.* (1995) a utilização de vácuo durante o processo osmótico contribui para acelerar a perda de água, em comparação com o tratamento a pressão atmosférica, tornando o processo mais rápido e possibilitando a obtenção de frutos desidratados de boa qualidade.

O presente trabalho teve como objetivo mostrar a influência da concentração da solução osmótica e da pressão do sistema sobre os fenômenos de transporte de massa durante a desidratação de manga.

2. Material e Métodos

No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas mangas (*Mangifera indica* L.) da variedade 'Coité' fornecidas por produtores que exploram a cultura na região de Pindoretama/Ceará, em estádio comercial de maturação. Em cada experimento realizado, num total de 6 tratamentos, foram utilizados 20 kg de polpa de manga.

As soluções osmóticas foram preparadas utilizando açúcar cristalizado granulado, adquirido em mercado local. Os conservantes químicos adicionados à solução foram ácido cítrico de grau alimentício (monohidratado), fabricado pela FERMENTA LTDA-SP, para corrigir o pH e benzoato de sódio de grau alimentício (98%), fabricado por LIQUID QUÍMICA S.A. - Liquid Carbonic, para a estabilização do produto final. As soluções de sacarose foram preparadas por meio da adição de açúcar à água (até atingir o teor de sólidos solúveis desejado), sob aquecimento, para facilitar a dissolução. Em seguida, foram adicionados ácido cítrico (quantidade necessária para se atingir pH 3,0) e benzoato de sódio (concentração de 0,1%). A quantidade de solução osmótica foi calculada para manter a proporção fruto/solução 1:2.

Procedimento experimental. Os frutos foram recebidos na planta piloto, lavados em água clorada (50ppm/15min), descascados e cortados manualmente em cubos (aproximadamente 3,0 cm) e branqueados em vapor saturado fluente (100°C/2min). Foram, então, imersos em soluções de sacarose (45°, 55° e 65° Brix), e mantidos sob pressão atmosférica (760 mmHg) ou vácuo (660 mmHg). Os experimentos foram realizados em tacho de aço inoxidável, com camisa de aquecimento por resistência elétrica e sistema de vácuo por bomba d'água, a uma temperatura de 65°C por até 5 horas. Para o acompanhamento da perda de peso do fruto durante o tratamento osmótico, uma quantidade de amostra de manga foi posta em 3 sacos telados (contendo 15 pedaços cada) devidamente identificados, os quais foram retirados da solução a cada intervalo de uma hora e submetidos a pesagem. Em seguida, os sacos de polietileno retornaram ao processo osmótico.

Determinações analíticas. Para avaliação dos

tratamentos osmóticos foram retiradas amostras de manga em triplicata (15 pedaços por amostra) no início e a cada hora de processo, e realizaram-se as seguintes determinações: 1- atividade de água em aparelho AQUALAB, modelo CX2 (Decagon Devices Inc); 2- umidade conforme procedimento descrito por AOAC (1992); 3- teor de sólidos solúveis totais (expressa em °Brix) em refratômetro de bancada, modelo ABBE; 4 - perda de massa em balança digital, modelo XP1500 (Denver Instrument). Os valores obtidos nas determinações analíticas foram utilizados para calcular os percentuais de perda de água, ganho de sólidos e perda de massa pelo fruto conforme as equações citadas por Sacchetti *et al.* (2001).

Perda percentual de água (com base na massa inicial do material), definida por:

$$P_A (\%) = \frac{(P_o \times U_o) - (P_t \times U_t)}{P_o}$$

Ganho percentual de sólidos (com base na massa inicial do material):

$$G_S (\%) = \frac{(P_t \times B_t) - (P_o \times B_o)}{P_o}$$

Perda percentual de massa:

$$P_m (\%) = \frac{P_o - P_t}{P_o} \times 100$$

Onde:

P_A (%) - Perda de água, em % (p/p)

G_S (%) - Ganho de sólidos, em % (p/p)

P_m (%) - Perda de massa, em % (p/p)

P_o - Peso do fruto no tempo $t = 0$, em gramas

P_t - Peso do fruto tratado no tempo t , em gramas

B_o - °Brix do fruto no tempo $t = 0$

B_t - °Brix do fruto tratado no tempo t

U_o - Umidade do fruto no tempo $t = 0$

U_t - Umidade do fruto tratado no tempo t

3. Resultados e Discussão

3.1. Avaliação da desidratação osmótica de manga sob pressão atmosférica

Nas Figuras 1 a 3 encontram-se as curvas obtidas no transporte de massa durante os experimentos para avaliação da desidratação osmótica de manga sob pressão atmosférica, em relação aos parâmetros de perda de água, ganho de sólidos e perda de massa, respectivamente.

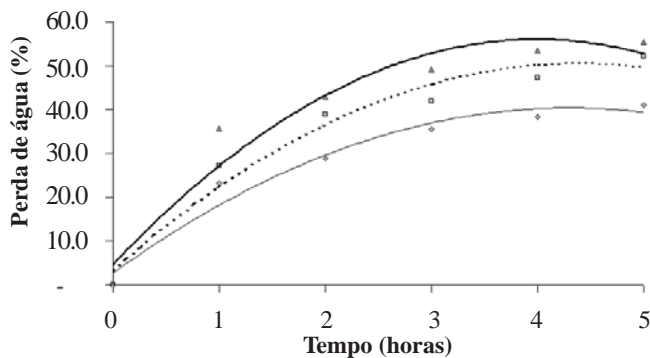


Figura 1 - Perda de água durante a desidratação osmótica da manga a pressão atmosférica, em solução de sacarose nas concentrações de 45° (—), 55° (····) e 65° (—) Brix e proporção fruto/solução 1:2.

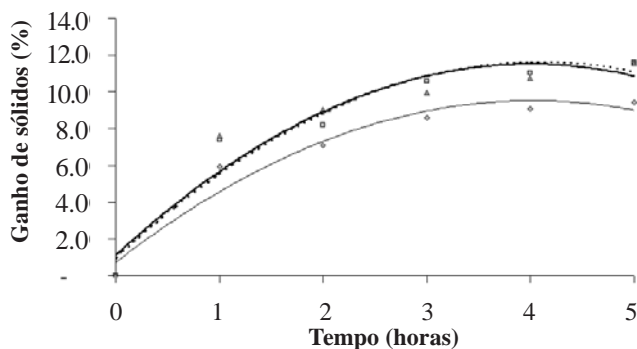


Figura 2 - Ganho de sólidos durante a desidratação osmótica da manga a pressão atmosférica, em solução de sacarose nas concentrações de 45° (—), 55° (····) e 65° (—) Brix e proporção fruto/solução 1:2.

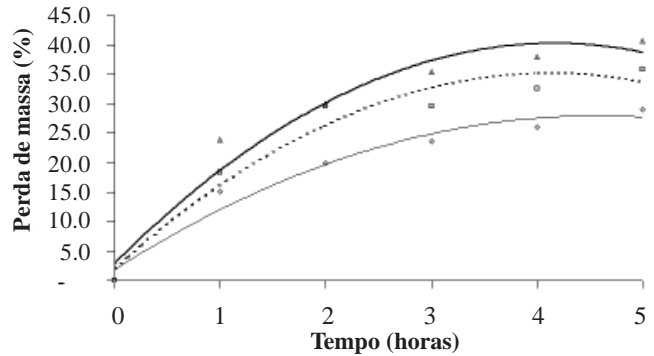


Figura 3 - Perda de massa durante a desidratação osmótica da manga a pressão atmosférica, em solução de sacarose nas concentrações de 45° (—), 55° (····) e 65° (—) Brix e proporção fruto/solução 1:2.

Nas Figuras 1 e 2, observa-se que as velocidades de perda de água e de ganho de sólidos foram maiores no início da desidratação osmótica, atingindo um máximo, a partir do qual o sistema tendeu ao equilíbrio. Este ponto máximo se deu em torno de 4 horas de osmose. Este comportamento do sistema fruto/solução osmótica tendendo ao equilíbrio tem sido relatado por vários pesquisadores (Askar *et al.*, 1996; Panagiotou *et al.*, 1999; Sanjinéz-Argadõna, 1999; El-Aquar e Murr, 2003).

Na Figura 1, verifica-se ainda que o aumento da concentração da solução osmótica promoveu um aumento na taxa de perda de água durante o processo, para todos os tratamentos, devido ao aumento na pressão osmótica no exterior da fruta conforme relatado por Mizrahi *et al.* (2001). Segundo Islam e Flink (1982), a porcentagem de água removida na desidratação osmótica é diretamente dependente da concentração da solução osmótica e da duração do processo e, ainda aumentando a concentração da solução osmótica, a perda de água é mais favorecida que a incorporação de sólidos.

Muitos autores têm estudado o efeito da concentração do xarope osmótico sobre a cinética de desidratação osmótica de frutas (Rahman e Lamb, 1990; Shi e Fito, 1993; Mauro e Menegalli, 1995; Rastogi *et*

al., 1997; Maeda e Loreto, 1998). Segundo Maeda e Loreto (1998), o aumento da concentração da solução osmótica leva a uma redução do tempo necessário para atingir-se um 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.

Nas Figuras 1 e 2, nota-se que o uso de soluções mais concentradas, apesar de ter intensificado a perda de água do produto apresentou também o inconveniente de aumentar o ganho de sólidos. Beristain *et al.* (1990) e Sankat *et al.* (1992) observaram durante a desidratação osmótica à pressão atmosférica de abacaxi e banana, em soluções de sacarose de diferentes concentrações, que a perda de água e o ganho de sólidos aumentaram com o aumento da concentração da solução osmótica.

Durante a desidratação osmótica, a estrutura complexa da parede celular dos alimentos age como uma membrana semipermeável, a qual não é completamente seletiva, resultando em dois fluxos de transferência de massa em contra-corrente: difusão de água do alimento para a solução e difusão do soluto da solução para o alimento (Kowalska e Lenart, 2001). Portanto, a perda de água é acompanhada por uma incorporação de sólidos no alimento, como consequência da trocas difusionais que ocorrem durante o processo. Em certos produtos, esse ganho de sólidos tem sido considerado uma das principais deficiências do processo por modificar a composição e o perfil nutricional natural do produto (Azeredo e Jardine, 2000).

Na Figura 3, verifica-se que há um aumento na perda de massa no decorrer do processo, porém, visualiza-se uma tendência à estabilização ao longo do tempo, devido ao equilíbrio atingido entre o sistema fruto/solução. Observações semelhantes também foram reportadas por Sousa (2002) e Lima *et al.* (2004) durante a desidratação osmótica à pressão atmosférica de banana e melão, respectivamente. Verifica-se ainda que, para todas as concentrações, a taxa de perda de água do produto (Figura 1) foi maior do que à de ganho de sólidos (Figura 2). A predominância da perda de água sobre o ganho de sólidos durante todo o

processo osmótico explica a razão do balanço de massa negativo em todos os experimentos, registrado pela perda de massa (Figura 3). Este fato deve-se à dificuldade de difusão da sacarose através da parede celular em virtude do seu alto peso molecular, ao contrário das moléculas de água, que tem sua difusão favorecida (Torreggiani, 1993; El-Aquar e Murr, 2003).

3.2. Avaliação da desidratação osmótica de manga sob vácuo

Nas Figuras 4 a 6 encontram-se as curvas obtidas no transporte de massa durante os experimentos para avaliação da desidratação osmótica de manga sob vácuo, em relação aos parâmetros de perda de água, ganho de sólidos e perda de massa, respectivamente.

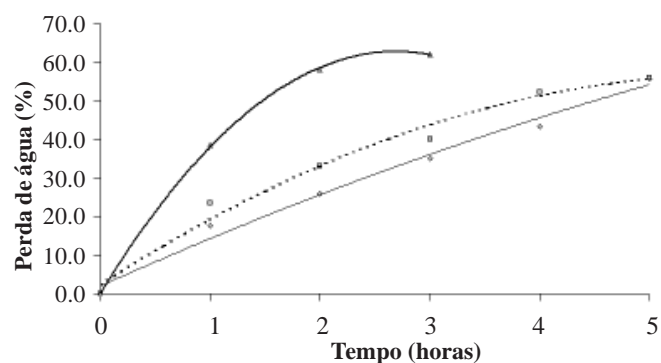


Figura 4 - Perda de água durante a desidratação osmótica da manga a vácuo, em solução de sacarose nas concentrações de 45° (—), 55° (····) e 65° (—) Brix e proporção fruto/solução 1:2.

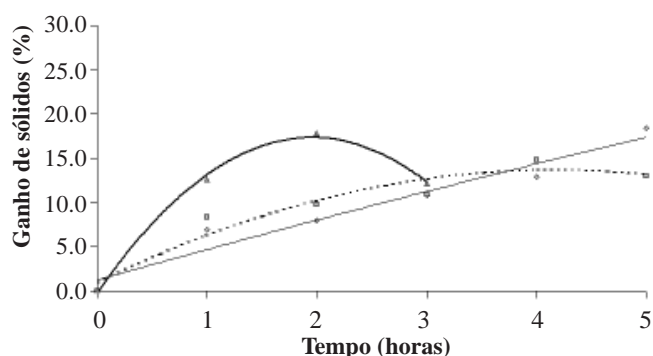


Figura 5 - Ganho de sólidos durante a desidratação osmótica da manga a vácuo, em solução de sacarose nas concentrações de 45° (—), 55° (····) e 65° (—) Brix e proporção fruto/solução 1:2.

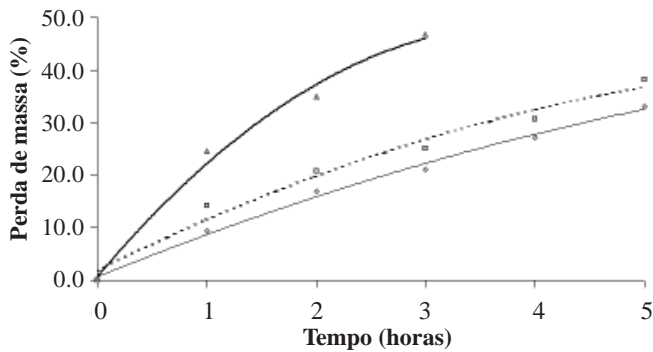


Figura 6 - Perda de massa durante a desidratação osmótica da manga a vácuo, em solução de sacarose nas concentrações de 45° (—), 55° (····) e 65° (—) Brix e proporção fruto/solução 1:2.

Os tratamentos realizados sob vácuo foram avaliados por um período de 5 horas, com exceção do tratamento em que se utilizou solução de sacarose a 65°Brix que foi concluído antecipadamente devido à cristalização da solução osmótica. A utilização de vácuo, na temperatura de trabalho de 65°C, promoveu a concentração da solução devido à evaporação de parte da água da solução osmótica no decorrer do processo, com conseqüente cristalização do açúcar contido na solução, impossibilitando a continuação da desidratação osmótica até o período preestabelecido.

Nas Figuras 4 e 5, observa-se que a utilização de vácuo durante a desidratação osmótica proporcionou uma intensificação dos fluxos de transporte de massa (perda de água e ganho de sólidos) no sistema quando comparados aos da desidratação osmótica sob pressão atmosférica, nas mesmas condições de concentração da solução osmótica. Segundo Chiralt e Fito (1996), a utilização de vácuo durante o processo permite o aumento da interface sólido/líquido devido à ocupação dos poros da matriz sólida (fruto) pela solução osmótica, o que explicaria esse aumento na taxa de perda de água e na de ganho de sólidos durante a osmose conforme demonstrados pelos experimentos realizados sob vácuo.

A transferência de massa na desidratação osmótica a vácuo de frutas é complexa. Além dos fluxos simultâneos de água do interior do fruto para a solução e de soluto da solução osmótica para o tecido do fruto, os quais já acontecem normalmente na desi-

dratação osmótica a pressão atmosférica, um fluxo de gás do interior do tecido da fruta torna-se um importante fator na perda de água e no ganho de açúcar. O aumento da quantidade de água removida na desidratação osmótica a vácuo é atribuído principalmente à ação combinada da difusão e do fluxo capilar (Shi e Fito, 1993).

Na Figura 4, observa-se ainda que a associação do vácuo com o aumento da concentração inicial de sacarose na solução promoveu também uma aceleração na taxa de perda de água, tendo sido necessário menos tempo de processo para que o tratamento em que se utilizou xarope de sacarose a 65°Brix alcançasse uma maior perda de água quando comparado aos demais tratamentos realizados sob vácuo. O fato de manter a duração da desidratação osmótica a mais curta possível, contribuiu para a obtenção de frutas desidratadas de boa qualidade (Shi e Fito, 1993).

Segundo Fito (1994) e Shi *et al.* (1995), a aplicação de vácuo na desidratação osmótica de frutas pode manifestar algumas características que poderiam conduzir a vantagens importantes em sua aplicação industrial, quando comparada a desidratação osmótica sob pressão atmosférica. Entre as vantagens está o aumento das taxas de perda de água pelo fruto permitindo atingir um alto grau de desidratação, e a aceleração da difusão de água do alimento que conseqüentemente reduz o tempo total de processo.

Semelhante à desidratação osmótica sob pressão atmosférica, a perda de água (Figura 4) foi maior do que o ganho de sólidos (Figura 5), o que levou conseqüentemente a uma redução de peso do produto (Figura 6). O uso de agente osmótico com elevado peso molecular, como a sacarose, provoca uma diminuição no ganho de sólidos e um aumento na perda de água, favorecendo com isso a perda de massa (Torreggiani, 1993).

De um modo geral, o tratamento osmótico a vácuo em que se utilizou solução de sacarose a 65°Brix, mostrou-se mais eficiente por ter possibilitado alcançar em menos tempo de processo um alto grau de desidratação (Figura 4) com uma incorporação de sólidos no produto relativamente pequena (Figura 5), quando comparado aos demais tratamentos estudados. Segundo Torreggiani (1993), deve-se favorecer a perda de água com o mínimo possível de ganho de sólidos, visto que a impregnação de solutos ao alimento

pode modificar as propriedades sensoriais e nutricionais dos produtos.

4. Conclusões

A cinética de desidratação osmótica de manga é influenciada pelas condições de processo, notadamente pela pressão do sistema.

A desidratação osmótica, combinada a outros processos de preservação de alimentos, pode ser uma boa alternativa para a redução do teor de água presente no alimento a ser preservado, podendo reduzir o tempo total de processamento e, portanto, melhorar aspectos nutricionais e sensoriais dos produtos.

REFERÊNCIAS

- 1 AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry**. 12th ed. Washington, 1992. 1115 p.
- 2 ASKAR, A.; ABDEL-FADEEL, M. G.; GHONAIM, S. M.; ABDEL-GAID, I.O.; ALI, A. M. Osmotic and solar dehydration of peach fruits. **Journal Food Processing Preservation**, New York, v. 9, n. 1, p. 258-262, 1996.
- 3 AZEREDO, H. M. C.; JARDINE, J. G. Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 74-82, 2000.
- 4 AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. Mathematical modeling of the osmotic dehydration of cherry tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 228-232, 2000.
- 5 BERISTAIN, C. I.; AZUARA, E.; CORTÉS, R.; GARCIA, H. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 25, n. 5, p. 576-582, 1990.
- 6 CHIRALT, A.; FITO, P. Salting of manchego-type cheese by vacuum impregnation. In: FITO, P.; ORTEGA-RODRIGUEZ, E.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. editors. **Food Engineering 2000**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 215-230.
- 7 EL-AQUAR, A. A.; MURR, F. E. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 69-75, 2003.
- 8 FITO, P. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 22, p. 313-328, 1994.
- 9 FITO, P.; CHIRALT, A.; BETORET, N.; GRAS, M.; CHÁFER, M.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; ANDRÉS, A.; VIDAL, D. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering – application in functional fresh food development. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 175-183, 2001.
- 10 ISLAM, M. N.; FLINK, J. N. Dehydration of potato II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 17, n. 3, p. 387-403, 1982.
- 11 KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. p. 137-140, 2001.
- 12 LEITE, L.A.S. O agronegócio manga no Nordeste do Brasil. In: CASTRO, A.M.G. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: Prospecção tecnológica**. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. p. 389-438.
- 13 LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n. 1, p. 1217-1219, 1985.
- 14 LIMA, A. S.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; RIBEIRO, J.; SOUZA NETO, M. A.; SOUZA, A. C. Estudo das variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de melão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 282-286, 2004.
- 15 MAEDA, M.; LORETO, R. L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ci. Agr.**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 60-67, mar. 1998.
- 16 MASTRANGELO, M. M.; ROJAS, A. M.; CASTRO, M. A.; GERSCHENSON, L. N.; ALZAMORA, S. M. Texture and structure of glucose-infused melon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, n. p. 769-776, 2000.
- 17 MAURO, M. A.; MENEGALLI, F. C. Evaluation of diffusion coefficients in osmotic concentration of bananas (*Musa cavendish* Lambert). **International Journal of Food Science and Technology**, London, v.30, n. 2, p. 199-213, 1995.
18. MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 87-96, 2001.
- 19 PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, New York, v. 17, n. 1, p. 175-189, 1999.
- 20 RAHMAN, M. S.; LAMB, J. Osmotic dehydration of pineapple. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 27, n. 3, p. 150-152, 1990.
- 21 RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 5, n. 8, p. 255-260, 1994.

- 22 RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K. Mass transfer during osmotic dehydration of banana: Fickian diffusion in cylindrical configuration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 31, p. 423-432, 1997.
- 23 RIBEIRO, M. S.; SABAA-SRUR, A. U. O. Saturação de manga var. rosa com açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 118-122, 1999.
- 24 SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p. 163-173, 2001.
- 25 SANJINÉZ-ARGADOÑA, E. J. **Desidratação osmótica de goiaba por imersão e secagem**. 102 p. Mestrado em Engenharia de Alimentos. Setor de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1999.
- 26 SANKAT, C. K.; CASTAIGNNE, F.; MAHARAJ, R. Banana dehydration: osmotic, air and solar effects. In: MUJUMDAR, A. S. **Drying'92**. Great Britain: Elsevier Science, 1992. p. 1679-1688.
- 27 SERENO, A.M.; HUBINGER, M. D.; COMESAÑA, J. F.; CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, p.103-114, 2001.
- 28 SHI, X. Q.; FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, New York, v. 11, n. 6, p. 445-454, 1993.
- 29 SHI, X. Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **Food Research International**, Oxford, v. 28, n. 5, p. 445-454, 1995.
30. SOARES JUNIOR, A. M.; MAIA, A. B. 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.
- 31 SOUSA, P. H. M. **Desidratação osmótica de banana com e sem vácuo com complemento de secagem em estufa de circulação de ar**. 90 p. Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará. Setor de Engenharia de Alimentos. Fortaleza. 2002.
- 32 TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.
- 33 TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, 247-256, 2001.