



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Sant'Anna de Souza, Tatiana; Chaves, Modesto Antonio; Ferreira Bonomo, Renata Cristina; Dantas Soares, Rilvaynia; Godinho Pinto, Ellen; Ribeiro Cota, Iara

Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos

Acta Scientiarum. Technology, vol. 31, núm. 2, 2009, pp. 225-230

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226524014>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos

Tatiana Sant'Anna de Souza^{1*}, Modesto Antonio Chaves¹, Renata Cristina Ferreira Bonomo¹, Rilvaynia Dantas Soares², Ellen Godinho Pinto¹ e Iara Ribeiro Cota¹

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Praça da Primavera, 40, 45700-000, Itapetinga, Bahia, Brasil. ²Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: tatieng2@hotmail.com

RESUMO. A desidratação osmótica tem sido sugerida como uma operação unitária importante, na transformação de frutos perecíveis em novos produtos com maior vida de prateleira e maior valor agregado. A aplicação de modelos matemáticos confiáveis torna possível prever o comportamento de diversos fenômenos que ocorrem no processo, bem como possibilita a redução do seu custo operacional. Este trabalho teve como objetivo o estudo da aplicação de modelos matemáticos para as variáveis perda de água, ganho de sólidos, pH e ATT, durante a desidratação osmótica dos frutículos de jaca em solução de sacarose a 64°Brix, para diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70°C) das soluções, no tempo de 2.880 min. O Modelo Decaimento Exponencial 2 se ajustou melhor aos dados experimentais de perda de água, constatando-se variação do coeficiente de determinação de 76,73 a 97,16%, enquanto para as variáveis SST e ATT, o Modelo Logístico ajustou-se melhor aos dados experimentais, obtendo variação de 80,5 a 98,2% e 89,5 a 99,4%. Já para o pH, o Modelo Decaimento Exponencial 1 obteve bom ajuste aos dados experimentais, com coeficientes de determinação variando de 80,5 a 98,2%.

Palavras-chave: secagem, conservação, glicose, sacarose, osmose.

ABSTRACT. **Osmotic dehydration of jackfruit (*Artocarpus integrifolia* L.): application of mathematical models.** Osmotic dehydration has been suggested as an important unitary operation in the processing of perishable fruit into new products with greater shelf life and aggregate value. The application of reliable mathematical models makes it possible to predict the behavior of several phenomena that occur in the process, enabling the reduction of operational cost as well. The objective of this paper was to study the application of mathematical models to water loss, solid gain, pH and titratable acidity (TA) variables during osmotic dehydration of jackfruit in sucrose solution at 64°brix and at different concentrations of sucrose and different solution temperatures (40, 50, 60 and 70°C), for 2,880 minutes. The exponential decay model 2 was better adjusted to water loss experimental data, with the determination coefficient ranging from 76.73% to 97.16%, whereas for the variables total soluble solids (TSS) and TA, the logistic model was better adjusted to the experimental data, obtaining a variation from 80.5 to 98.2% and from 89.5 to 99.4%. For pH, the exponential decay model 1 obtained a good adjustment to the experimental data, with determination coefficients ranging from 80.5 to 98.2%.

Key words: drying, conservation, glucose, sucrose, osmosis.

Introdução

As frutas são de grande importância em todo o mundo no que se refere a aspectos sociais, econômicos e alimentares, sendo fontes indispensáveis de vitaminas, minerais, além de fornecerem fibras. São altamente perecíveis em virtude do elevado grau de umidade, geralmente acima de 80% (JAYARAMAN; DAS GUPTA, 1992). Em alguns países de clima tropical e subtropical, as perdas de frutas podem chegar a aproximadamente 40-50% da produção por

refrigeração e armazenamento inadequados.

O principal objetivo do processamento de alimentos é convertê-los em produtos mais estáveis que possam ser estocados por longos períodos, e as técnicas mais importantes são o enlatamento, o congelamento e a desidratação (JAYARAMAN; DAS GUPTA, 1992).

A desidratação é um dos métodos de conservação mais antigos. O calor do fogo e a energia solar eram utilizados para a obtenção dos produtos desidratados, com a finalidade de preservar os excedentes das

colheitas para serem consumidos nos períodos de escassez (VAN ARSDEL; BROWN, 1973). É definida como a operação unitária que converte um alimento líquido, sólido ou semissólido em um produto com baixo grau de umidade. Baseia-se na redução da atividade de água do alimento, com consequente inibição de crescimento microbiano, atividade enzimática, oxidação de lipídeos e escurecimento não-enzimático que ocorrem em alimentos (CABRAL et al., 1979; UBOLDI EIROA, 1981; JAY, 1994; BARRUFALDI; OLIVEIRA, 1998). Além da preservação, a desidratação reduz o peso e o volume do produto, aumentando a eficiência do transporte e do armazenamento. Também pode fornecer produtos de sabor diferenciado do *in natura*, os quais podem ser adicionados em muitos produtos (biscoitos, cereais em barra, misturas secas para bolos, entre outros) como ingredientes naturais, uma vez que as frutas desidratadas são consideradas nutritivas e com baixo teor de gordura (LABELL, 1990 apud SARANTÓPOULOS et al., 2001).

Dentre as técnicas de desidratação, uma simples e bastante utilizada é a desidratação osmótica, que ocorre por imersão do produto em soluções de açúcar ou sal. Geralmente, porém, este processo não é capaz de reduzir a atividade de água do alimento a níveis suficientemente baixos que garantam a sua estabilidade, de forma que é usada como um pré-tratamento de vegetais em combinação com outras técnicas de preservação, como secagem com ar aquecido, liofilização e secagem a vácuo. Se aplicadas isoladamente, tais técnicas oferecem algumas desvantagens. Por exemplo, a secagem convectiva, quando mal controlada, pode provocar danos e efeitos indesejáveis ao produto em função das temperaturas e taxas de secagem (KARATHANOS et al., 1995).

Para expressar a desidratação osmótica em alimentos, muitos autores, entre eles, Mauro e Menegalli (1995) e Rastogi et al. (1997), têm utilizado a equação de Fick (Equação 01) para expressar a perda de água dos alimentos; no entanto, os autores, em todos os trabalhos, têm relatado as limitações dessa equação, quer pela necessidade de um grande número de termos, quer por não representar os dados experimentais em trechos das curvas.

$$\frac{X-X_e}{X_0-X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[\frac{-(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2} \right] \quad (1)$$

em que:

X = conteúdo de água em base seca;

X_e = conteúdo de água de equilíbrio em base seca;

X_0 = conteúdo de água inicial em base seca;

$\frac{X-X_e}{X_0-X_e}$ = razão de umidade, adimensional;

D_{ef} = difusividade efetiva ($m^2 s^{-1}$);

t = tempo;

L = dimensão característica.

A comercialização de frutas processadas vem aumentando no mercado brasileiro, em virtude da melhoria da qualidade dos produtos ofertados, do maior número de pessoas morando sozinhas, do aumento de renda e da maior facilidade proporcionada pelos produtos já prontos para o consumo, muitas vezes até importados. Desta forma, sucos prontos para beber, frutas minimamente processadas e outros alimentos industrializados têm recebido a preferência do consumidor (FERRAZ et al., 2002).

Existem poucas opções de frutas desidratadas osmoticamente e, sobretudo, falta de estudos em relação ao fruto em questão.

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* L.) é uma árvore de regiões quentes e úmidas, de clima tropical úmido que também se desenvolve em regiões de clima subtropical e semiárido, desde que haja a utilização da irrigação artificial (Estado do Ceará), cujo fruto é conhecido como jaca. Pela facilidade com que se dissemina, prolifera espontaneamente nas regiões mais quentes do país. Atualmente, é cultivada em toda a região Amazônica e toda a costa tropical brasileira, do Estado do Pará ao Rio de Janeiro.

A jaca apresenta característica de sazonalidade bem específica, marcada pela concentração da oferta no período de dezembro/abril.

A coloração amarelada, o sabor doce e o cheiro forte característico, reconhecível a longa distância, são os principais atributos a seu favor. Os bagos podem ser de consistência um pouco endurecida ou totalmente mole, daí a distinção de duas variedades muito conhecidas e denominadas popularmente de 'jaca-mole' e 'jaca-dura' (MITRA; MAITY, 2002). É uma fruta rica em fibras, sendo indicada às pessoas com problemas intestinais. É rica também em cálcio, fósforo, ferro e vitaminas do complexo B, principalmente as vitaminas B2 (Riboflavina) e B5 (Niacina).

Oliveira (2006) mediu características físico-químicas, dentre as quais são citadas: umidade $71 \pm 0,16\%$; matéria seca $28,50 \pm 0,16\%$; proteína

$1,45 \pm 0,001\%$; lipídeos $0,16 \pm 0,02\%$; cinzas $0,0072 \pm 0,001\%$; pH $5,32 \pm 0,01$; acidez total $0,53 \pm 0,015\%$; açúcares totais $17,40 \pm 1,51$; açúcares redutores $4,49 \pm 0,25$; açúcares não-redutores $11,66 \pm 1,76$ e compostos fenólicos $103,70 \pm 0,43$ mg 100 g^{-1} .

Neste trabalho, teve-se como objetivo o estudo da aplicação de modelos matemáticos para as variáveis perda de água, ganho de sólidos, pH e ATT, durante a desidratação osmótica dos frutícios de jaca em solução de sacarose a 64°Brix para diferentes temperaturas (40, 50, 60 e 70°C) das soluções, no tempo de 2.880 min.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Secagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/UESB, campus de Itapetinga.

Materiais

A matéria-prima utilizada foi a jaca (*Artocarpus integrifolia* L.), utilizada no estágio maduro, variedade jaca-dura, que foi adquirida no mercado local e armazenada em temperatura ambiente. Como agente osmótico, utilizou-se a sacarose (açúcar refinado comercial), a glicose de milho (glicose comercial), ácido ascórbico e benzoato de sódio como conservante e ácido cítrico como acidulante.

Foram estudadas as soluções com as combinações de sacarose:glicose discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1. Soluções desidratantes 64°Brix, combinação de sacarose:glicose, avaliadas no experimento.

Solução	Agentes Osmóticos	
	Glicose (%)	Sacarose (%)
A	0	100
B	25	75
C	40	60
D	50	50
E	75	25
F	100	0

Inicialmente, os frutícios foram submetidos a branqueamento, para evitar o escurecimento enzimático, sendo utilizado vapor saturado fluente a 100°C, por 2 min.

Em seguida, os frutícios foram pesados e imersos em frascos de vidros de 500 mL, com tampa rosqueável, contendo 200 mL de solução desidratante mantida nas temperaturas 40, 50, 60 e 70°C, utilizando-se, para tal, o banho termostático (Figura 1).

Para o estudo da cinética de secagem, as amostras foram retiradas do banho termostatizado em

diferentes tempos de processo (15, 45, 90, 150, 240, 420, 720, 1.440, 2.160 e 2.880 min.).

Depois de retirados da solução, os frutos foram enxaguados com água destilada, para resfriamento e remoção do filme de açúcar formado na superfície, e, em seguida, envolvidos em papel absorvente para retirada do excesso de água, antes da pesagem do produto.

Amostras dos frutícios, no instante inicial e nos diferentes tempos de processo, foram determinados o teor de sólidos solúveis (°Brix) e a acidez total titulável (ATT), de acordo com o método da AOAC (1984); pH utilizando um pHmetro digital portátil, marca COMBO; e umidade, conforme recomendado pela IAL (1985). Cada determinação foi realizada em triplicata.



Figura 1. Banho termostático desenvolvido na UESB.

Análise dos Resultados

Os dados foram submetidos à análise de regressão não-linear, para verificar a existência de relação funcional entre as variáveis dependentes – perda de água, ganho de sólidos solúveis, pH e acidez – e as variáveis independentes – temperatura, tempo e diferentes níveis de sacarose:glicose. Portanto, foram obtidas equações que expliquem o comportamento da variação das variáveis dependentes pela variação dos níveis das variáveis independentes.

Foram utilizados os softwares SPSS (versão 13,0), NCSSPAS (versão 13,0) e MICROCAL-ORIGIN (versão 6,0).

Para o estudo do comportamento da variação da perda de água, dos sólidos solúveis (SST), do pH e da acidez titulável, foram testados os modelos de regressão não-linear: Decaimento exponencial de um e dois termos; Função Logística; Hiperbólico e Sigmoidal.

Resultados e discussão

Caracterização da fruta *in natura*

A caracterização dos frutícios de jaca *in natura* encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. pH, acidez titulável, teor de sólidos solúveis e teor de água dos frutícios de jaca *in natura* utilizados no experimento.

Variável	Média	Desvio-Padrão
pH	5,8	0,28
ATT (% ácido cítrico)	1,6	0,68
SST (°Brix)	30,5	4,24
Teor de água (%)	69,5	10,39

Observou-se que esses valores estão próximos dos obtidos por Oliveira (2006), confirmando o estádio de maturação dos frutícios.

Perda de Água

Para o estudo do comportamento da variação da perda de água, o Modelo Exponencial de dois termos (Equação 2) apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, obtendo valores de R^2 que variaram de 96,78 a 99,40% e χ^2 entre 0,00093 a 0,00406, respectivamente.

$$y = y_0 + A_1 e^{-(x-x_0)/t_1} \quad (2)$$

sendo y a perda de água; x o tempo (minutos) e y_0 ; A_1 ; A_2 ; x_0 ; t_1 e t_2 constantes de regressão.

No ajuste feito neste experimento, foi estabelecido um valor fixo para o parâmetro x_0 igual a zero, com base na análise das curvas de cinética obtidas.

Na Figura 2, observa-se que, até próximo de 750 min. de processamento, obtém-se maior perda de água para a temperatura de 50°C; logo após 750 min., à temperatura de 40°C perde-se mais água, em comparação com outras temperaturas, até o final do processo.

Ganho de sólidos

Para o estudo do comportamento da variação dos SST, o Modelo da Função Logística (Equação 3) apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, obtendo valores dos coeficientes de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) que variaram entre 92,70 a 98,60% e 2,34 a 15,78, respectivamente.

$$y = \left(\frac{A_1 - A_2}{1 + (x/x_0)^p} \right) + A_2 \quad (3)$$

sendo o parâmetro y o teor de sólidos solúveis (°Brix); x o tempo de desidratação (min.) e A_1 ; A_2 ; x_0

e p são parâmetros estimados pela análise de regressão.

No ajuste feito neste experimento, foi estabelecido um valor fixo para o parâmetro x_0 de 2.880 min., com base na análise das curvas de cinética obtidas.

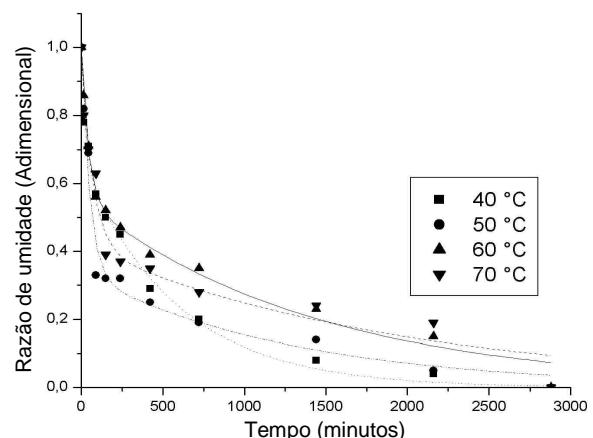


Figura 2. Variação da perda de água em função do tempo durante a desidratação osmótica dos frutícios de jaca a diferentes temperaturas, em solução de sacarose a 64°Brix.

Observou-se (Figura 3) que, com o aumento da temperatura, obteve-se maior ganho de SST.

O efeito da temperatura também foi observado no trabalho de Khoyi e Hesari (2006) com desidratação osmótica de fatias de damascos, e o tratamento com sacarose a 70% apresentou maior ganho de sólidos nas amostras desidratadas a 60°C que naquelas tratadas a 30°C, até 4h de desidratação.

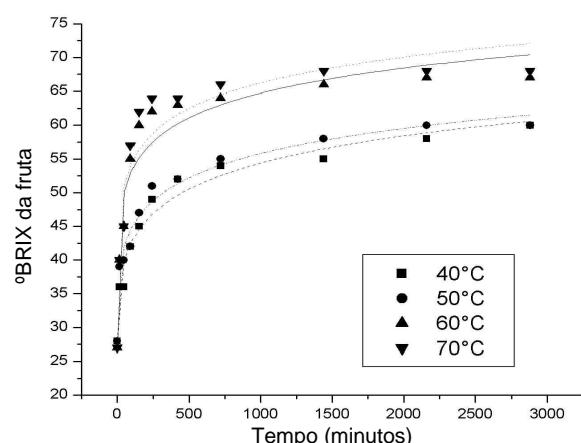


Figura 3. Variação do teor de sólidos solúveis (°Brix) em função do tempo durante a desidratação osmótica dos frutícios de jaca a diferentes temperaturas, em solução de sacarose a 64°Brix.

pH

Para o estudo do comportamento da variação do pH, o Modelo Decaimento Exponencial de um

termo (Equação 4) apresentou melhor ajuste aos dados experimentais, obtendo valores dos coeficientes de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) que variaram entre 89,5 a 98,2% e 0,004 a 0,017, respectivamente.

$$y = y_0 + A_1 e^{-(x-x_0)/t_1} \quad (4)$$

sendo y o pH; x o tempo (minutos) e y_0 ; A_1 ; x_0 e t_1 constantes de regressão.

Neste experimento, o melhor ajuste do modelo teve x_0 com valor fixo igual a zero.

À temperatura de 40°C (Figura 4), o valor médio do pH, ao final da desidratação osmótica, é de 4,9; à temperatura de 70°C, o valor médio foi de 4,4 ao final do processo.

Segundo Atkinson et al. (1952) e Grosso (1972) citados por Andrade et al. (2003), a acidificação do agente osmótico induz a aumento da porosidade do tecido da fruta, facilitando a difusão dos açúcares para o seu interior.

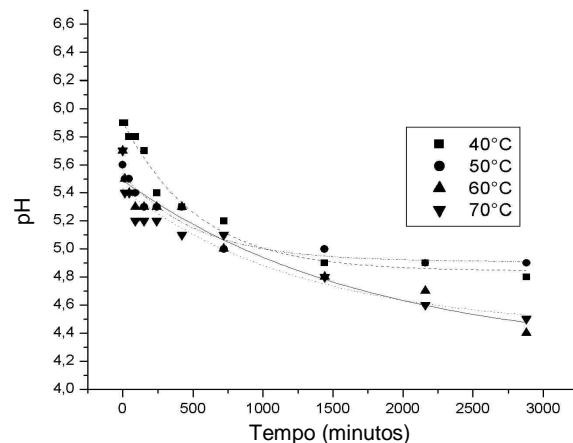


Figura 4. Variação do pH em função do tempo durante a desidratação osmótica dos frutículos de jaca a diferentes temperaturas, em solução de sacarose a 64°Brix.

Acidez Titulável

Para o estudo do comportamento da variação da ATT, o Modelo Função Logística (Equação 3) apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, obtendo valores dos coeficientes de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) que variaram entre 89,5 a 97,4% e 0,007 a 0,29, respectivamente.

Observou-se que a temperatura tem influência direta no aumento da ATT durante o processo de desidratação osmótica. A Figura 5 indica que, com o aumento da temperatura, há um aumento da ATT; à temperatura de 70°C, os frutículos apresentaram maior ATT, com valores médios próximos a 2,9% de ácido cítrico.

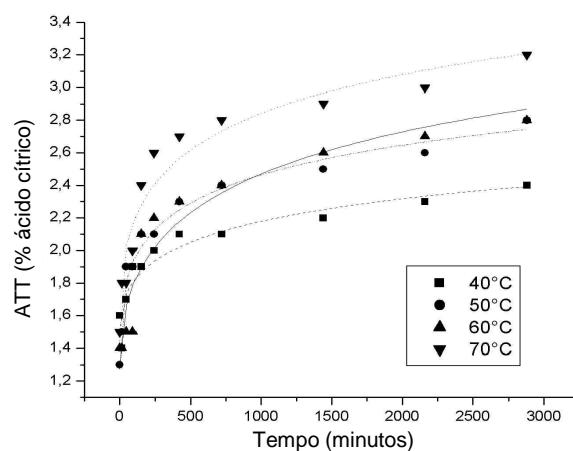


Figura 5. Variação da ATT em função do tempo durante a desidratação osmótica dos frutículos de jaca a diferentes temperaturas, em solução de sacarose a 64°Brix.

Conclusão

O Modelo Exponencial de dois termos se ajustou melhor aos dados experimentais para perda de água, pois seus valores de R^2 variaram entre 96,78 a 99,40%.

A Função Logística apresentou melhor ajuste aos dados experimentais para o ganho de SST, visto que seus valores de R^2 variaram entre 92,70 a 98,60%.

O Modelo Decaimento Exponencial de um termo apresentou melhor ajuste aos dados experimentais para o pH, porque seus valores de R^2 variaram entre 89,5 a 98,2%.

A Função Logística apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais para a ATT, e os seus valores de R^2 variaram entre 89,5 a 97,4%.

Para as variáveis ganho de sólidos, pH e acidez titulável, a temperatura de 70°C obteve melhores resultados, quando comparada às temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Referências

- ANDRADE, S. A. C.; METRI, J. C.; BARROS NETO, B.; GUERRA, N. B. Desidratação osmótica de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 276-281, 2003.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**, 14. Ed. Arlington: AOAC, 1984.
- ATKINSON, F. E.; STRANCHAN, C. C.; MOLYS, A. W.; KITSON, J. A. Improvements in the candying of fruits. **Food Technology**, v. 6, n. 9, p. 431-436, 1952.
- BARRUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998.
- CABRAL, A. C.; SALES, A. M.; TRAVAGLINI, D. E.; ARDITA, E. F. G.; SILVEIRA, E. T. F. S.; DELAZARI, I.; AGUIRRE, J. M.; TRAVAGLINI, M. M. E.; OKADA, M.;

- LEITÃO, M. F. F.; NETO, R. O. T.; PICCHI, V. **Curso de alimentos desidratados**. Campinas: ITAL, 1979.
- FERRAZ, M. A.; SILVA, C. A. B.; VILELA, P. S. **Programa de Desenvolvimento da Fruticultura no Estado de Minas Gerais**: caracterização da agroindústria de frutas no Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2002.
- GROSSO, A. L. **Candies and glaces fruit**. Buenos Aires: Refineas de Maiz S.A.I.C., 1972.
- IAL-Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 1985.
- JAY, J. M. **Microbiología moderna de los alimentos**. 3. ed. Zaragoza: Acribia, 1994.
- JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. Dehydration of fruits and vegetables: recent developments in principles and techniques. **Drying Technology**, v. 10, n. 1, p. 1-50, 1992.
- KARATHANOS, V. T.; KOSTRAPOULOS, A. E.; SARAVACOS, G. K. Air-drying of osmotically dehydrated fruits. **Drying Technology**, v. 13, n. 5-7, p. 1503-1521, 1995.
- KHOYI, M. R.; HESARI, J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. **Journal of Food Engineering**, v. 72, n. 30, p. 1-6, 2006.
- 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**, v. 30, n. 2, p. 199-202, 1995.
- MITRA, S. K.; MAITY, C. S. A summary of the genetic resources of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lank.) in west bengal, india. **Acta Horticulturae**, v. 27, n. 575, p. 269-271 2002.
- OLIVEIRA, L. P. **Seleção e aproveitamento biotecnológico de frutos encontrados na Amazônia para elaboração de bebida alcoólica utilizando levedura imobilizada**. 177f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) Universidade Federal do Amazonas/PPGCIFA, 2006.
- RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRAJAN, K. Mass transfer during osmotic dehydration of banana: fickian diffusion in cylindrical configuration. **Journal of Food Engineering**, v. 32, n. 4, p. 423-432, 1997.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001.
- UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, p. 353-383, 1981.
- VAN ARSDEL, W. B.; BROWN, A. H. Drying rates and estimation of drier capacity. In: VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J.; MORGAN JR., A. I. (Ed.). **Food dehydration**. 2. ed. Westport: The Avi Publishing, 1973. v. 1, p. 1-82.

Received on March 6, 2008.

Accepted on September 24, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.