

# Avaliação das curvas de secagem e da alteração de cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem<sup>1</sup>

## Evaluation of drying curves and color and texture alterations of banana processed by osmotic dehydration followed by air-drying

Paulo Henrique Machado de Sousa<sup>2</sup>, Men de Sá Moreira de Souza Filho<sup>3</sup>, Geraldo Arraes Maia<sup>4</sup>, Raimundo Wilane de Figueiredo<sup>5</sup>, Manoel Alves de Souza Neto<sup>6</sup> e Joélia Marques de Carvalho<sup>7</sup>

### RESUMO

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo levantar parâmetros do processo de desidratação osmótica da banana e avaliar a influência da concentração da solução osmótica nas características químicas e físico-químicas do fruto após o tratamento osmótico e secagem. As bananas foram submetidas a um pré-tratamento osmótico em xaropes de sacarose de 45°, 55° e 65°Brix e proporção fruto:xarope 1:2 a 65°C por 2h. Após a osmose, realizou-se a secagem em estufa de circulação de ar a 65°C até atingir-se atividade de água menor que 0,8. Para a determinação da curva de secagem e a avaliação do processo levantaram-se, no início e ao final da osmose, bem como no decorrer da secagem, os valores de sólidos solúveis totais (°Brix), atividade de água, umidade, cor (L\*) e textura. Concluiu-se ser possível obter banana por desidratação osmótica, sendo as características químicas e físico-químicas influenciadas pela concentração do soluto utilizado como agente osmótico no tratamento realizado, principalmente cor e textura, após a osmose e durante a secagem, diminuindo, inclusive, o tempo de secagem com o aumento da concentração.

**Termos para Indexação:** alimentos de umidade intermediária, *Musa* spp., propriedades sensoriais.

### ABSTRACT

This research work objectives to evaluate parameters of the osmotic dehydration process of banana and the influence of concentration of the osmotic solution over the chemical and physical-chemical characteristics of the fruit after osmosis and drying. The fruits were submitted to an osmotic pre-treatment into 45°, 55° and 65°Brix sucrose syrups and 1:2 fruit:syrup ratio at 65°C during 2 hours. After osmosis, drying was carried out in oven with air circulation at 65°C until water activity lower than 0.8 was achieved. At the beginning and the end of osmosis, as well as during the drying, the values of total soluble solids (°Brix), water activity, moisture content, color (L\*) and texture were evaluated. It was concluded that it is possible to obtain banana by osmotic dehydration, where the chemical and physical-chemical characteristics are influenced by the concentration of the solute used as osmotic agent, mainly color and texture, after osmosis and drying, decreasing time of drying with the concentration increase.

**Index terms:** intermediate moisture foods, *Musa* spp., sensorial properties.

<sup>1</sup> Trabalho extraído de dissertação do Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos da UFC, desenvolvida na Embrapa Agroindústria Tropical

<sup>2</sup> Químico, Mestre, Bolsista FUNCAP/UFC. E-mail: phmachado@uol.com.br

<sup>3</sup> Eng. Químico, Mestre, Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical. E-mail: sa@cnpat.embrapa.br

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Ph.D., Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC. E-mail: gmaia@secrel.com.br

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC. E-mail: figueira@ufc.br

<sup>6</sup> Eng. Químico, Mestre, Embrapa Agroindústria Tropical. E-mail: manoel@cnpat.embrapa.br

<sup>7</sup> Eng. Alimentos, Bolsista CNPq. E-mail: lia\_marques@ig.com.br

## Introdução

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo produzida na maioria dos países tropicais. Em 2000, a produção mundial chegou a 64 milhões de toneladas, figurando a Índia como o principal país produtor. Em terceiro lugar, depois do Equador (segundo produtor mundial), vem o Brasil, com 10% da produção total, sendo também o maior consumidor mundial. China, Filipinas, e Indonésia também são importantes produtores da fruta (FAO, 2001).

A alta perecibilidade dos frutos aliada a dificuldades de armazenamento nos meses de safra contribui para uma perda em torno de 40% da produção nacional, gerando a necessidade do desenvolvimento de processos para preservação “in situ” (Neves Filho, 1994). Como alternativa tecnológica à redução das perdas pós-colheita, a desidratação osmótica de frutos vem despertando grande interesse devido ao seu baixo custo energético frente a outros métodos de desidratação, além de adequar-se a todas as escalas de produção. Esta técnica para a desidratação de frutos emprega soluções de alta pressão osmótica (Torregiani, 1993; Shi e Fito, 1993; Mauro e Menegalli, 1995; Rastogi et al., 1997; Maeda e Loreto, 1998; Barat et al., 1998), onde dois fluxos são estabelecidos, um de água do alimento para a solução e outro do soluto da solução para o alimento, devido a um gradiente de atividade através da membrana celular (Alzamora, 1997; Panagiotou, 1998; Spiess e Behnsilian, 1998).

Neste processo uma redução da atividade de água depende do aumento da concentração da solução de sacarose. Por outro lado, soluções de sacarose com concentrações maiores que 75°Brix são difíceis de serem preparadas devido à solubilidade da sacarose e por apresentarem altas viscosidades, o que dificulta sua manipulação e o processo de agitação, além do fato de que a intensificação pelo aumento da temperatura e gradiente de concentração é limitada (Maeda e Loreto, 1998).

A desidratação osmótica tem sido bastante utilizada como pré-tratamento para a secagem convectiva de frutas e hortaliças. Apesar da secagem oferecer uma longa vida de prateleira, um decréscimo na qualidade do produto final pode ser observado, e a desidratação osmótica minimiza os efeitos adversos que geralmente aparecem com a utilização dos métodos convencionais, como dureza excessiva, degradação da cor, aroma e sabor, além

da dificuldade de reidratação (Clydesdale, 1993). Também está relacionada à melhoria de muitas propriedades nutricionais e funcionais dos produtos quando comparados com outros processos de desidratação direta (Torregiani, 1993).

Em estudos realizados com bananas, observou-se que, após a desidratação sob condições adequadas, não houve escurecimento enzimático, mesmo sem o uso de tratamentos antioxidantes. A textura e o sabor da banana também foram superiores aos de produtos encontrados normalmente no comércio, feitos a partir de métodos tradicionais de secagem (Maeda e Loreto, 1998).

De acordo com Torregiani (1993), a textura está associada com a plasticidade e efeito de incorporação de água sobre a matriz pectínica e celulósica dos tecidos dos frutos, o qual é dependente do teor de sólidos insolúveis e conteúdo de água, além dos sólidos solúveis e atividade de água.

O presente trabalho objetivou levantar parâmetros do processo de desidratação osmótica da banana e avaliar a influência da concentração da solução osmótica nas características químicas e físico-químicas do fruto após o tratamento osmótico e secagem.

## Material e Métodos

Nos experimentos foram utilizadas bananas da variedade Prata (*Musa sapientum* L.), selecionadas junto ao mercado varejista de Fortaleza - CE, vindas da CEASA. A variedade Prata foi escolhida principalmente por causa da sua predominância na região nordestina.

O açúcar utilizado durante osmose foi sacarose cristalizada granulada adquirida no mercado varejista de Fortaleza.

Na preparação dos xaropes, sob aquecimento, foi adicionado açúcar à água mexendo-se manualmente com o auxílio de uma colher de inox até atingir a quantidade de sólidos solúveis desejada com o uso de aquecimento.

Foi utilizado ácido cítrico de grau alimentício (monohidratado), fabricado pela FERMENTA LTDA/SP, adicionado ao xarope para promover o abaixamento do pH, e como conservante, o benzoato de sódio de grau alimentício (98%), ácido ascórbico e bissulfito de sódio, fabricados por LIQUID QUÍMICA S. A. – Liquid Carbonic, para estabilização do produto final.

As bananas foram recebidas na planta piloto e selecionadas de acordo com seus atributos de qualidade: cor (amarelas sem pontos pretos), uniformidade, grau de maturação (estágio  $\frac{3}{4}$  gorda) e isenção de defeitos. Em seguida, foram lavadas em água clorada (50ppm/15 min) e branqueadas em vapor livre (100°C/2 min), sendo, então, imersos em xaropes de sacarose (45°Brix, 55°Brix e 65°Brix) de proporção fruto:xarope 1:2. Os frutos foram mantidos sob osmose a 65° C por 2h. Após a osmose, realizou-se a secagem em estufa de circulação de ar a 65°C até atingir valores de atividade de água menor que 0,8.

Na formulação dos xaropes empregados na osmose, adicionaram-se 300ppm de ácido ascórbico, 600ppm de SO<sub>2</sub>, 1000ppm de benzoato de sódio e ácido cítrico para o ajuste do pH do xarope até pH=3,5.

Para as análises químicas e físico-químicas, foram coletadas aleatoriamente três amostras para cada tratamento, sendo as análises realizadas no

mínimo em triplicatas, e coletas feitas antes da osmose, no final da osmose, e a intervalos de 2 horas durante a secagem. Foram levantadas as características de pH, teor de sólidos solúveis (°Brix) e acidez total titulável expressa em ácido cítrico (%ATT) conforme Instituto Adolfo Lutz (1985), vitamina C conforme Pearson (1976), umidade de acordo com Association of Analytical Chemists (1992), cor L\*a\*b\* (valor L\*), textura (força de corte em Newton) instrumental em equipamento Analyser Stable TX-2 e atividade de água em Aqualab CX-2 para confecção de curvas de acompanhamento do processo.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as características químicas e físico-químicas após a sua desidratação osmótica, seguida de secagem por 14 horas em estufa.

**Tabela 1** - Acompanhamento das características químicas e físico-químicas durante o processo de desidratação da banana seguido de secagem.

Determinação	Fruto "in natura"	Final da Osmose			Final da Secagem		
		Xarope Osmótico (°Brix)			Xarope Osmótico (°Brix)		
		45°Brix	55°Brix	65°Brix	45°Brix	55°Brix	65°Brix
Sólidos Solúveis (°Brix)	26,20	32,30	35,13	38,03	54,45	61,30	66,00
Atividade de Água (Aw)	0,974	0,956	0,946	0,939	0,797	0,782	0,690
Umidade (%)	71,42	62,59	62,00	58,47	23,77	30,68	23,73
Textura (N)	-	4,344	4,741	4,918	-	13,97	27,27
Cor (Valor -L)	-	72,61	71,35	67,05	59,89	57,34	57,28
Perda de Peso (%)	-	-	-	-	36,22	37,44	39,48
pH	-	4,07	4,22	4,21	4,15	4,13	4,15
Acidez Total Titulável							
(% ác. Cítrico)	-	0,46	0,48	0,48	0,89	0,83	0,88
Ácido Ascórbico (mg/100g)	-	20,29	9,57	21,5	31,47	15,65	27,68

Verifica-se na Tabela 1 que os valores de umidade e atividade de água no final da osmose foram respectivamente de 62,59% e 0,956 quando se empregou o xarope de 45°Brix; 62,00% e 0,946 com o xarope de 55°Brix e 58,47% e 0,939 com o xarope de 65°Brix. Constata-se haver durante a osmose uma influência do xarope osmótico sobre a redução da umidade e atividade de água, sendo esta diretamente proporcional à elevação da concentração do

mesmo. Ressalte-se, ainda, que, na secagem final, observou-se a mesma tendência para a redução de umidade e atividade de água que na osmose.

Esta tendência durante a osmose é explicada pela maior absorção de sólidos solúveis e perda de água (Tabela 1) com a conseqüente redução da atividade de água, uma vez que a elevação da concentração do xarope osmótico acentua as trocas difusionais e a pressão osmótica exercida sobre o tecido do fruto.

Observações semelhantes foram feitas por Sankat et al. (1992) em seus experimentos utilizando banana em concentrações de sacarose entre 35 e 65 °Brix, onde a perda de água e a quantidade de açúcar absorvida aumentaram com o aumento inicial da concentração de sacarose. Rastogi e Raghavarao (1994) também observaram um acréscimo na transferência de massa durante a realização de experimentos de desidratação osmótica de banana com o acréscimo da concentração da solução osmótica.

Pokharkar et al. (1997) relatam que, em seu trabalho sobre desidratação osmótica de fatias de banana, foi observado que com o aumento de 10°Brix na solução de açúcar, houve um aumento quase igual na perda de água final.

No começo da desidratação osmótica há uma transferência por osmose da água da fruta para a solução causada pela diferença de suas pressões osmóticas. A sacarose, por ter grandes moléculas, pode não se difundir facilmente através da membrana celular. Assim, a aproximação do equilíbrio é obtida primariamente pela perda de água dos tecidos do fruto (Shi et al., 1995).

Na Tabela 1 observam-se, no final da secagem, valores de umidade e atividade de água de, respectivamente, 23,77% e 0,797 para o tratamento osmótico de 45°Brix; 30,68% e 0,782 para o de 55°Brix e 23,73% e 0,690 para o de 65°Brix. Verifica-se que, para todos os tratamentos, a umidade e atividade de água mantiveram-se dentro da faixa citada por Karel (1975) para produtos de umidade intermediária, que é de 20% a 50% para umidade e 0,65 a 0,85 para atividade de água.

Conforme Torregiani (1993), o papel específico do pré-tratamento osmótico é o enriquecimento em sólidos solúveis além da remoção de água. Nesse sentido, uma queda da atividade de água é dependente da concentração de sólidos solúveis obtida com somente um limitado decréscimo do conteúdo de água e uma limitada textura. Conforme o mesmo autor, a textura está associada com a plasticidade e efeito de incorporação de água sobre a matriz pectínica e celulósica dos tecidos dos frutos, a qual é dependente do teor de sólidos insolúveis e conteúdo de água além dos sólidos solúveis e atividade de água.

Com relação à cor (Tabela 1), no final da osmose e da secagem, verificou-se uma maior tendência ao escurecimento (redução do valor L) com

o incremento da concentração do xarope osmótico, apresentando, respectivamente, na fase de osmose e secagem final, valores L de 72,61 e 59,89 para o tratamento com 45°Brix; 71,35 e 57,34 com o 55°Brix e 67,05 e 57,28 com 65°Brix. As mudanças de cor (valor L) podem ser explicadas pela absorção de açúcares durante a osmose e o incremento dos mesmos durante a secagem, bem como pelo efeito da temperatura que favorece processos de escurecimento, como a reação de Maillard e a caramelização.

Observa-se, ainda, na Tabela 1, que a textura seguiu a mesma tendência que a cor (valor L), com relação ao efeito da concentração do meio osmótico, após a osmose e a secagem final, o que pode ser explicado pelo acréscimo de sólidos durante a osmose e seu incremento durante a secagem associada à perda de água com a conseqüente redução de atividade de água.

Observou-se que, após a secagem, a acidez em todos os tratamentos apresentaram valores mais elevados do que os apresentados ao final da osmose, o que se justifica pelo processo de concentração de sólidos associado à absorção do ácido cítrico adicionado aos xaropes osmóticos (Tabela 1).

Constata-se ainda na Tabela 1 uma concentração razoável de ácido ascórbico retido no produto final após a secagem.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as curvas de redução de umidade e atividade de água durante a secagem da banana após os diferentes tratamentos osmóticos.

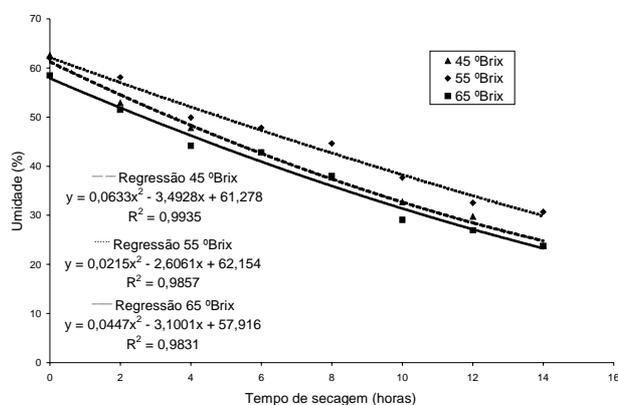


Figura 1 - Efeito do tempo de secagem na umidade da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

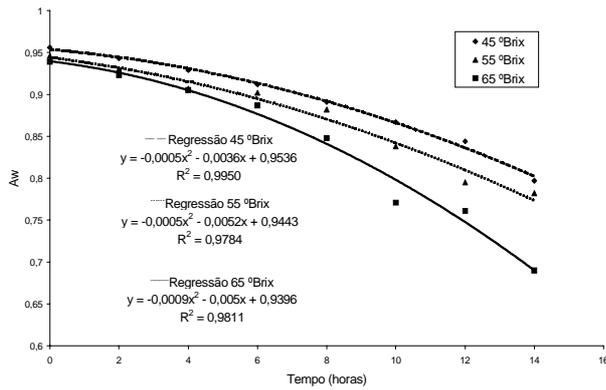


Figura 2 - Efeito do tempo de secagem na atividade de água da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

Observou-se uma diferença nos valores de umidade e atividade de água, ao final da osmose (tempo zero de secagem), o que pode ser justificado por diferentes capacidades de remoção de água do tecido dos frutos e incorporação dos sólidos ao mesmo, para as várias concentrações de xaropes osmóticos empregados, onde concentrações maiores levam, num balanço geral, a acentuação da redução de atividade de água. Nas Figuras 1 e 2 constata-se que a concentração do xarope empregado na osmose apresenta influência na velocidade de redução de atividade de água e umidade durante a secagem, sendo estas acentuadas com a elevação da concentração do xarope osmótico.

Verificam-se, nas Figuras 3 e 4, as variações de textura e cor (valor L) durante a etapa de secagem da banana após os diferentes tratamentos osmóticos.

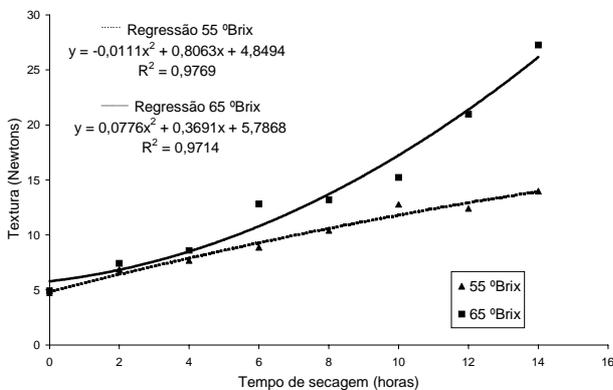


Figura 3 - Efeito do tempo de secagem na textura da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

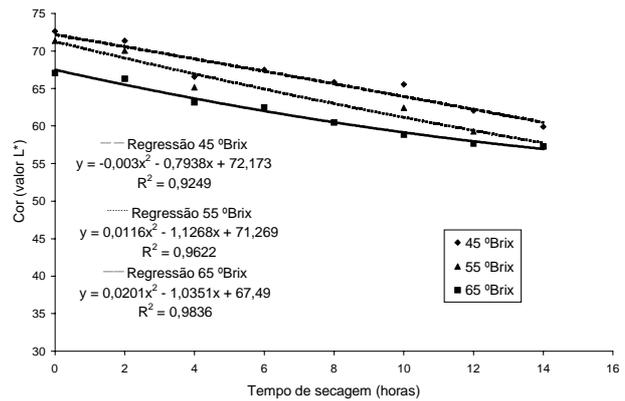


Figura 4 - Efeito do tempo de secagem na cor (valor L\*) da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

Constatou-se haver diferenças na textura (Figura 3) ao final da osmose e ao final da secagem, provavelmente em virtude das diferentes taxas de ganhos de sólidos durante a osmose, bem como devido a taxas de incremento de sólidos (Figura 5) e perda de água (Figura 1) no produto durante a secagem, onde a elevação da textura apresentou um crescimento proporcional ao tempo e à elevação da concentração do meio osmótico.

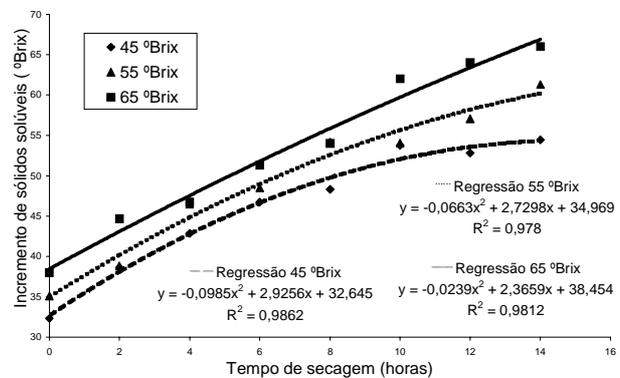


Figura 5 - Efeito do tempo de secagem no incremento de sólidos solúveis (°Brix) da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

Verificou-se haver influência da concentração do xarope osmótico na taxa de escurecimento (redução do valor L\*), visto que os valores de L\* variam de 0 (preto) ao 100 (branco), o que se deve ao escurecimento do produto através de reações enzimáticas e não enzimáticas. Durante a secagem, o escurecimento é proporcional ao teor de sólidos solúveis do xarope empregado na etapa de osmose (Figura 4). Esta influência pode ser explicada pela

concentração de sólidos solúveis (açúcares) absorvidos pelo fruto durante a osmose, o que proporcionou, no início da secagem, lotes com diferentes concentrações de açúcares para cada tratamento osmótico que foi previamente realizado, onde maiores concentrações de açúcares no início da secagem e maior grau de escurecimento estão relacionados a uma maior concentração do xarope osmótico empregado. Ressalta-se, ainda que as influências do pH do xarope (pH=3,5) e ação da temperatura durante a osmose e secagem favorecem a hidrólise da sacarose adicionada ao xarope, elevando a concentração de grupos redutores, o que promove o avanço de rotas de escurecimento como caramelização e de Maillard.

## Conclusões

É possível obter banana por desidratação osmótica como produto de umidade intermediária, sendo as características químicas e físico-químicas, principalmente cor e textura, após a osmose e durante a secagem, influenciadas pela concentração do soluto utilizado como agente osmótico no tratamento realizado, diminuindo, inclusive, o tempo de secagem com o aumento da concentração.

## Referências Bibliográficas

- ALZAMORA, S. M. Preservación I: alimentos conservados por factores combinados. In J. M. Aguilera (Ed.), **Temas en Tecnología de Alimentos**. v.1, p.45-89, Mexico, DF: CYTED e Instituto Politécnico Nacional, 1997.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY - Official Methods of **Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12ed. Washington, 1992.
- BARAT, J. M.; ANDRÉS, A.; FITO, P. **Deshidratación osmótica de alimentos**. Valência: Departamento de Tecnología de Alimentos / Universidade Politecnica de Valência, 1998. 73p.
- CLYDESDALE, F. M. Color as a factor choice. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.33, n.1, p.83-101, 1993.
- FAO. **FAOSTAT** Database Result: banco de dados. Disponível em: <<http://www.fao.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2001.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ed. São Paulo : Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. V.1, 1985, 553p.
- KAREL, M. Osmotic drying. In: FENNEMA, O. **Principles of Food Science**. New York:[s.n], part 2, p.348-357, 1975.
- MAEDA, M.; LORETO, R. L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina**, Londrina, v.19, n.1, p.60-67, mar.1998.
- 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, p.199-213, 1995.
- NEVES FILHO, L. G., Alimentos resfriados e congelados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 14., 1994 Sao Paulo p.12-19.
- PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T; MAROULIS, Z.B. Mass transfer modeling of the osmotic dehydration of some fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v.33, p.267-284, 1998.
- PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el análisis de alimentos**. Zaragoza, España: Acribia, 1976. 331p.
- POKHARKAR, S. M.; PRASAD, S.; DAS, H. A. Model for osmotic concentration of bananas slices. **Journal Food Science and Technology**, v.34, n.3, p.230-232, 1997.
- RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Effect of temperature and concentration on osmotic dehydration of coconut. **Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft e Technologie**, v.27, p.564-567, 1994.
- 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**, n.31, p.423-432, 1997.
- SANKAT, C. K.; CASTAIGNNE, F.; MAHARAJ, R. Banana dehydration: osmotic, air and solar effects. **Drying'92**, edited by A.S. Mujumdar, p.1679-1688, 1992.

SHI, X.Q.; FITO, P. Vacuum osmotic dehydration of fruits. **Drying technology**, v.11, n.6, p.1429-1442, 1993.

SHI, X. Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **Food Research International**, v.28, n.5, p.445-54, 1995.

SPIESS, W. E. L.; BEHSNILIAN, D. Osmotic treatments in food processing: current state and future needs. In: DRYING'98 – PROCEEDINGS OF 11<sup>TH</sup> INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM (p.47-56), Halkidiki, Greece, 1998.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v.26, p.59-68, 1993.