

Avaliação das curvas de secagem e da alteração de cor e textura da banana processada por desidratação osmótica seguida de secagem¹

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

Paulo Henrique Machado de Sousa², Men de Sá Moreira de Souza Filho³, Geraldo Arraes Maia⁴, Raimundo Wilane de Figueiredo⁵, Manoel Alves de Souza Neto⁶ e Joélia Marques de Carvalho⁷

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.

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

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

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

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

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

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

⁷ 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 SO₂, 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.

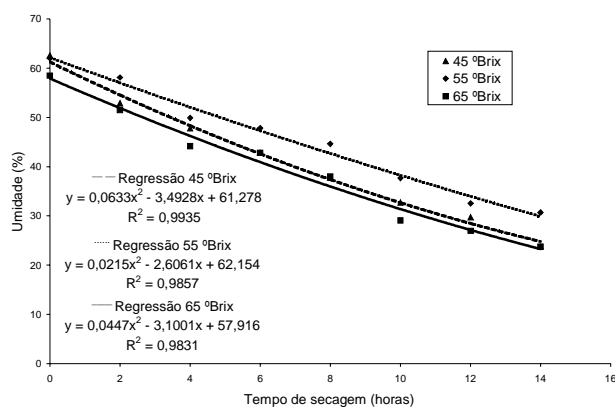


Figura 1 - Efeito do tempo de secagem na umidade da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

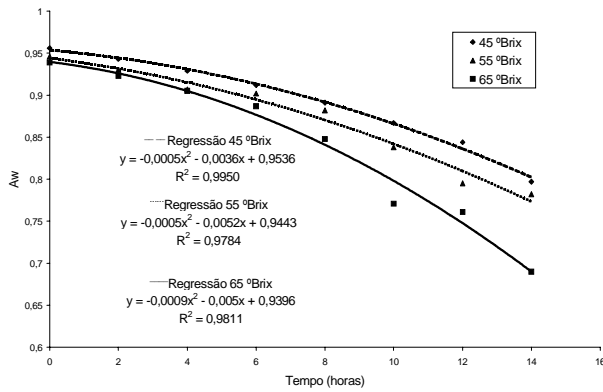


Figura 2 - Efeito do tempo de secagem na atividade de água da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

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.

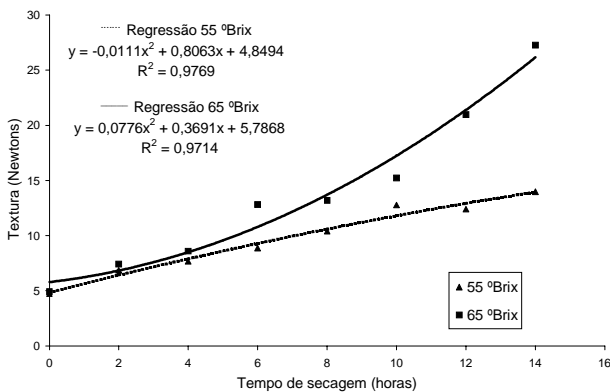


Figura 3 - Efeito do tempo de secagem na textura da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

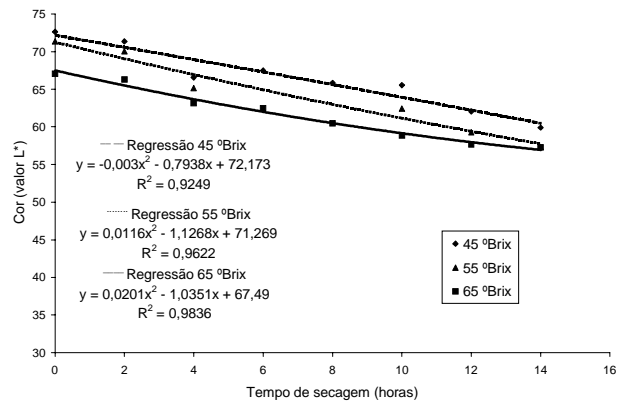


Figura 4 - Efeito do tempo de secagem na cor (valor L*) da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

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.

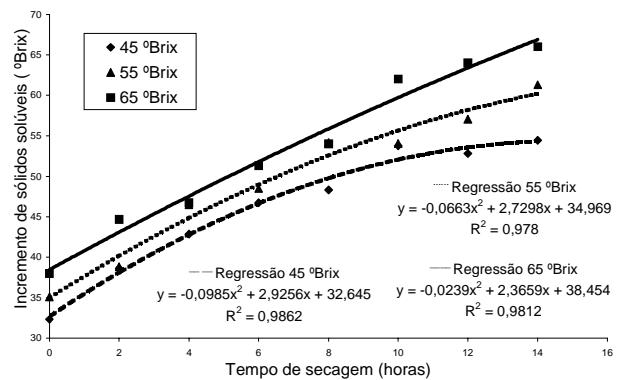


Figura 5 - Efeito do tempo de secagem no incremento de sólidos solúveis (°Brix) da banana após diferentes tratamentos osmóticos.

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 Tecnologia 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 11TH 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.