

# INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA SOBRE A CINÉTICA DE SECAGEM DE MANGA<sup>1</sup>

SORAIA VILELA BORGES<sup>2</sup> e FLORÊNCIA CECÍLIA MENEGALLI<sup>3</sup>

RESUMO – Foi estudada a influência da desidratação osmótica, realizada antes da secagem da manga (*Mangifera indica*) em secador de bandeja. Foi utilizada, como solução desidratante, sacarose a 65%, a 30°C por cinco horas. A cinética de secagem foi estudada a 40, 50 e 60°C. O tratamento osmótico resultou numa redução da umidade de até 72% e um aumento de açúcares totais de até 21%. Este tratamento, ainda, provoca uma redução das taxas posteriores de secagem. A cinética de secagem foi correlacionada através de equações tipo  $X/X_0 = Ae^{-Bt}$ .

Termos para indexação: secador de bandeja, sacarose, umidade.

## EFFECT OF OSMOTIC DEHYDRATION ON DRYING KINETICS OF MANGO FRUIT

ABSTRACT – The influence of previous osmotic dehydration on drying of mango (*Mangifera indica*) fruit was studied. The fruit was dehydrated with 65% saccharose solution at 30°C, for five hours. Kinetics of drying was conducted at 40, 50 and 60°C. Osmotic treatment decreased water contents down to 72%, while total sugar content was increased up to 21%. Drying rates were reduced by previous osmotic treatment, Kinetics of drying were correlated by experimental equations of  $X/X_0 = Ae^{-Bt}$  type.

Index terms: tray dryer, saccharose, water content decrease

## INTRODUÇÃO

Frutas tropicais de apreciável sabor e aroma, porém altamente perecíveis, requerem remoção de água para sua preservação, sendo frequentemente utilizada a desidratação.

Foi verificado, em vários trabalhos (Conway et al., 1983; Lerici et al., 1983 e Mauro, 1992), que a desidratação osmótica de frutas apresenta vantagens sobre outros métodos, vantagens estas que consistem, entre outras, em minimizar os danos causados pelo calor à cor, à textura e ao sabor, e diminuir o escurecimento enzimático, não havendo necessidade de tratamento com dióxido de enxofre. No entanto, para uma estabilidade mais prolongada, o alimento deve atingir níveis mais baixos de atividade da água, o que pode ser conseguido através de uma secagem adicional em outros equipamentos. Além disso, segundo Lenart &

Lewick (1988), dependendo dos níveis de umidade final atingidos, a desidratação osmótica combinada com secagem pode ser vantajosa com relação à secagem por convecção, pois reduz significativamente os custos energéticos por unidade do produto.

Por estas razões, diversas pesquisas têm sido feitas com frutas e verduras (banana, pera, manga, maçã, abacaxi, batata e cenoura), dando ênfase aos parâmetros que influem neste processo misto (Ponting et al., 1966; Ponting, 1973; Hawakes & Flink, 1978; Islam & Flink, 1982; Bolin et al., 1983; Falcone & Suazo, 1988; Lenart & Lewicki, 1988 e Lenart & Grodecka, 1989). Dentre as variáveis estudadas, podemos citar: temperatura e concentração da solução, branqueamento da matéria-prima, e temperatura do gás de secagem, por convecção.

A desidratação osmótica envolve difusão simultânea de água e soluto, o que causa alteração na umidade, composição química e características estruturais do produto final. Estas mudanças ainda influenciam a posterior taxa de secagem por convecção. Durante este processo, a incorporação prévia de sacarose, açúcar mais comumente em-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 14 de dezembro de 1993

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>.-Química, M.Sc., Dep. Eng. de Alimentos / FEA-UNICAMP.

<sup>3</sup> Dr<sup>a</sup> em Ciências Químicas. Prof<sup>a</sup>. Livre Docente DEA/FEA - UNICAMP Cidade Universitária "Zeferino Vaz", Barão Geraldo, Campinas/SP.

pregado, dadas as boas características organolépticas do produto, forma uma camada superficial que se espessa com o tempo, aumentando a resistência ao movimento da água, diminuindo, assim, a taxa de secagem.

O estudo cinético é importante para se determinar o tempo de secagem, o qual está diretamente relacionado com o desempenho e com os gastos energéticos do processo.

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da desidratação osmótica em manga, variedade Tommy Atkins, sobre a cinética de secagem posterior.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nos diversos processos testados, utilizou-se manga, variedade Tommy Atkins. Os lotes de matéria-prima (a-f) empregados foram escolhidos de modo a se obter um grau similar de maturação, mediante observação da coloração da casca e determinação da umidade e açúcares redutores e totais. As mangas descascadas, fatiadas em 2 cm de espessura, branqueadas em vapor por dois minutos, foram desidratadas em solução de sacarose a 65% e 30°C, num banho termostático com recirculação, até atingir equilíbrio osmótico ( $\pm 5$  hs). Posteriormente, cerca de 260 g deste material foi transferido para um secador de bandejas, e a secagem continuou por sete horas e meia. Este secador é do tipo leito fixo, com bandejas de 400 cm<sup>2</sup> de área e 10 cm de altura. Cálculos segundo Telis (1988) foram feitos para o ajuste de velocidade do ar, a qual foi mantida a 1.0-1,5 m/s. Os testes foram conduzidos nas temperaturas de 40, 50 e 60°C. Procedimento análogo foi feito para manga não submetida à desidratação osmótica. Destes dados, obtiveram as taxas de secagem. As determinações de umidade foram feitas por método gravimétrico, usando estufa a vácuo a 70°C; os açúcares totais foram dosados pelo método de Lane & Eynon (Association of Official Analytical Chemists, 1970).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Influência da desidratação osmótica na secagem

Na Tabela 1 se apresenta a composição do produto final em função das diversas condições de tratamento. A fruta "*in natura*" é rica em açúcares

não-redutores, principalmente sacarose, cujos teores estão na faixa de 7,7-10,9%. Pode-se verificar que a partir de uma matéria-prima com 81-85% de umidade e desidratação osmótica elimina água até uma umidade mínima de 72%. Com respeito aos açúcares totais de um conteúdo médio de 11 a 15% o produto tratado atinge no máximo 21% no final do tratamento osmótico. Estes teores são relativamente diversos dos resultados obtidos para banana em condições similares, onde teores finais de água e açúcar em cinco horas de tratamento são, respectivamente, 45 e 32% (Mauro, 1992), o que reflete a resistência à transferência de massa na manga.

Nas Figs. 1 e 2 se apresentam as curvas de umidade adimensional para diversas condições de temperatura de secagem. Em ambas verifica-se o esperado aumento da secagem com a temperatura. No caso da manga com prévia desidratação osmótica, as curvas não são suaves no primeiro estágio de secagem, devido, provavelmente, aos diferentes teores de açúcares totais.

Na Fig. 3 se comparam as curvas de secagem com e sem desidratação osmótica à temperatura de 50°C. A partir das informações contidas neste gráfico, construiu-se um segundo gráfico (Fig. 4), com a finalidade de se fazer um estudo comparativo para produtos apresentando o mesmo teor de água inicial. Observam-se taxas ligeiramente maiores quando não se tem desidratação osmótica prévia. Comportamento similar foi mostrado na temperatura de 60°C, porém a 40°C o comportamento foi inverso. Conseqüentemente, temos aqui que colocar uma redução do tempo de secagem pela redução da umidade inicial provocada pelo uso da desidratação osmótica prévia, porém esta redução pode não ser tão grande como se espera pelo aumento dos tempos de tratamento na redução posterior da secagem. Analisando a Fig. 3, onde se comparam os dois processos à temperatura de 50°C, para umidade final de 1.5 (b.s.) ou 0.60 (b.u.), pode-se verificar que estes dois processos combinados resultam numa redução em torno de uma hora no processo (18% do total).

As curvas das Figs. 1 e 2 foram ajustadas através de um polinômio de quarto grau. Derivando estes, calcularam-se as taxas de secagem que são

**TABELA 1. Composição final do produto em função do processo (base úmida) Açúcares.**

Amostra	Tratamento	% Umidade	% Açúcares reductores	% Sacarose (glicose)	% Totais
a	N	82,1	3,1	10,9	14,6
a	S (40)	69,1	6,7	14,0	21,4
b	N	85,1	4,4	7,9	12,7
b	O	72,5	4,1	16,2	21,2
b	OS (40)	48,0	7,4	24,9	33,6
c	N	81,4	4,2	7,7	12,3
c	S (50)	60,8	6,3	16,8	24,0
d	N	81,7	3,3	7,9	11,5
d	O	75,4	5,1	10,2	15,8
d	OS (50)	47,1	10,0	24,7	36,0
e	N	81,6	3,7	7,8	11,9
e	S (60)	49,6	10,8	19,6	31,5
f	N	82,2	3,1	7,8	11,3
f	O	74,2	5,0	12,9	18,6
f	OS (60)	35,6	13,8	25,3	40,4

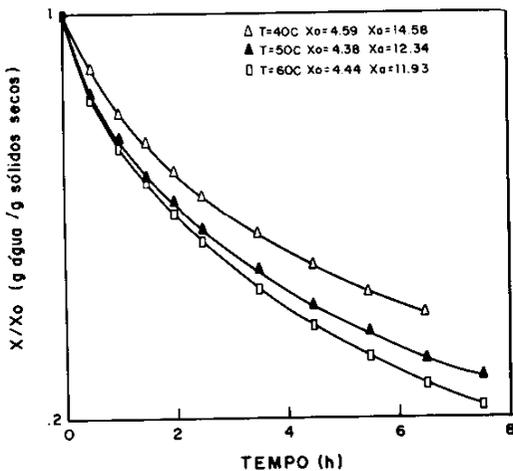
N: in natura

S: secagem (7,5h)

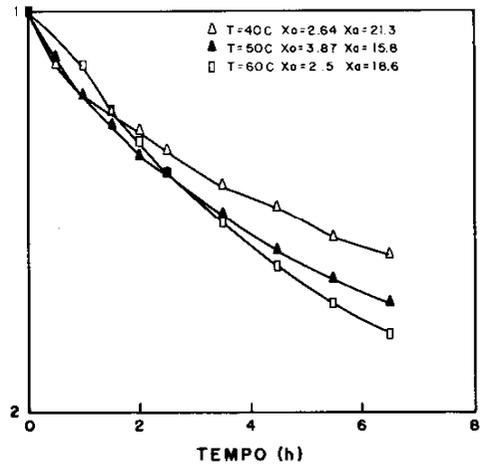
O: desidratação osmótica (5h, 30°C)

OS: desidratação osmótica + secagem (7,5h)

Amostras com a mesma letra representam processo que utilizam a mesma matéria-prima.



**FIG. 1. Efeito da temperatura sobre a secagem de manga (sem desidratação osmótica).**



**FIG. 2. Efeito da temperatura sobre a secagem de manga (com desidratação osmótica).**

graficadas com o conteúdo de umidade, para as temperaturas de 40, 50 e 60°C (Figs. 5, 6 e 7). Nota-se que a 60°C, para quaisquer níveis de umidade, existe uma tendência a taxas menores para processos com prévio tratamento osmótico; a

40 e 50°C, comportamento similar somente ocorre em faixas de umidade abaixo de 70% bu. No primeiro caso, temos a formação de uma crosta açucarada que dificulta a secagem, a qual se forma em ambientes de umidades médias maiores, na

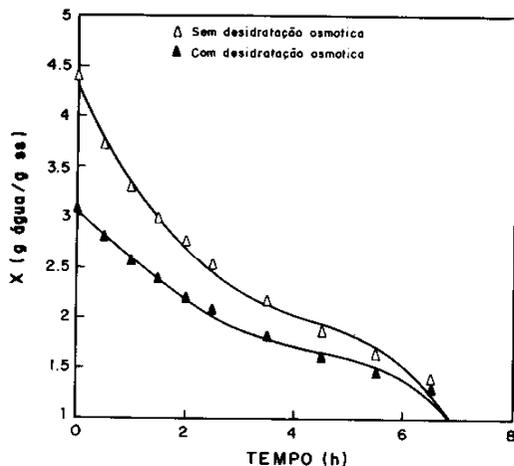


FIG. 3. Osmose versus secagem em Bandeja T = 50°C.

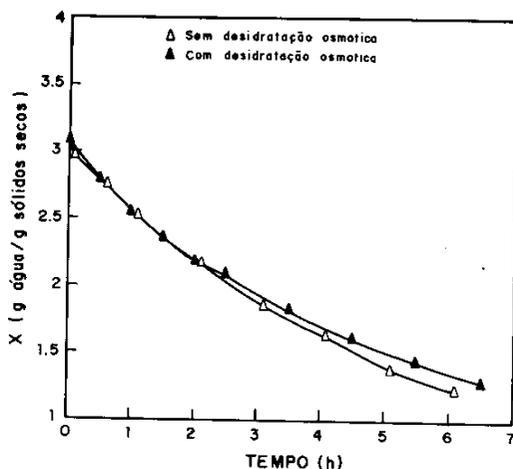


FIG. 4. Osmose versus secagem em Bandeja T = 50°C.

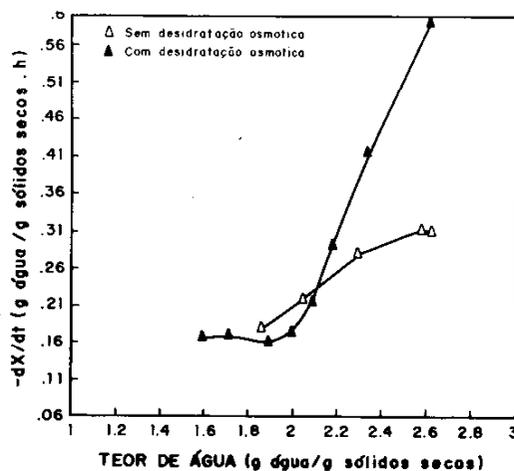


FIG. 5. Taxa de secagem (T = 40°C).

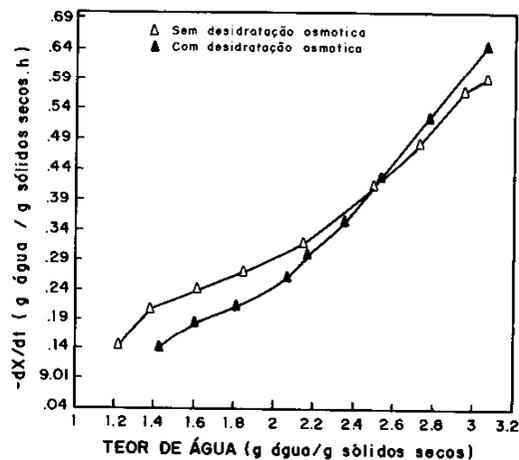


FIG. 6. Taxa de secagem (T = 50°C).

medida em que se eleva a temperatura de secagem; no segundo, em altas umidades, o açúcar permanece em solução com uma concentração maior na superfície, e desta forma ajuda na difusão da água por fluxo osmótico e, conseqüentemente, acelera o processo de secagem.

#### Equações cinéticas

A cinética de secagem com e sem desidratação os-

mótica foi correlacionada através da equação do tipo:  $X/X_0 = A.e^{-Bt}$ . Os valores de A e B de cada processo estão apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que os coeficientes B, que refletem a queda da umidade com o tempo, são menores no caso de desidratação osmótica, dando tempos de secagem maiores. Utilizando-se as equações cinéticas obtidas e dados previamente obtidos por isotermas de adsorção, (Hübinger et al., 1992), estimou-se o tempo necessário para se obter um produto de

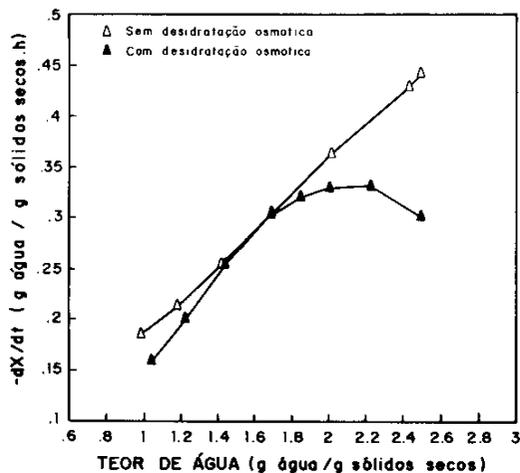


FIG. 7. Taxa de secagem (T = 60°C).

TABELA 2. Constantes da equação da cinética de secagem

Processo	Temperatura	A	B	(hr <sup>-1</sup> )
S	40	0,9185	0,1286	
S	50	0,8960	0,1620	
S	60	0,9112	0,1906	
OS	40	0,9309	0,0942	
OS	50	0,9443	0,1268	
OS	60	1,0171	0,1596	

S: secagem por convecção

SO: secagem osmótica + convecção

umidade intermediária (aw=0,6 e X=0.1494/g sólidos secos). Os resultados mostraram que a 40 e 50°C, os tempos de secagem para passar de 75% b.u. até esta umidade final no produto tratado osmoticamente são maiores que os tempos de secagem direta do produto "in natura". Para 60°C, os tempos são da mesma ordem.

### CONCLUSÕES

1. Uma primeira análise indica que o processo osmótico combinado com secagem até umidades tão baixas só poderá ser rentável, comparado com secagem direta, se for acompanhado por um substancial aumento de qualidade.

2. A desidratação osmótica de manga poderia ser utilizada se a umidade final pudesse ser man-

tida mais elevada pela ação de outros agentes preservantes.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington: 1970, 1015p.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C.; JACKSON, R.; NG, K. C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science*, v.48, p.202-205, 1983.

CONWAY, J.; CASTAIGNE, F.; PICARD, G.; VOVAN, X. Mass transfer consideration in the osmotic dehydration of apples. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, v.16, n.1, p.25-29, 1983.

FALCONE, M. A.; SUAZO, C. A. T. Desidratação osmótica do abacaxi. Parte I: Influência da temperatura e concentração do xarope sobre a velocidade de secagem. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.22, n.1/2, p.17-35, 1988.

HAWAKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.2, p.264-284, 1978.

HUBINGER, M. D.; MENEGALLI, F. C.; AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C. Water vapor adsorption isotherms of guava, mango and pineapple. *Journal of Food Science*, v.57, n.6, p.1405-1407, 1992.

ISLAM, M. N.; FLINK, J. M. Dehydration of potato. II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. *Journal of Food Technology*, v.17, n.3, p.387-403, 1982.

LENART, A.; GRODECKA, E. Influence of the osmotic substance on the kinetics of convection drying of apples and carrots. *Food Technology and Nutrition*, v.18, p.27-35, 1989.

LENART, A.; LEWICKI, P. P. Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue. *Acta Alimentaria Polonica*, v.14, n.38, p.65-72, 1988.

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; MASTROCOLA, D. Applicazione del osmosi

- diretta nella disidratazione della frutta. **Industrie Alimentarie**, v.203, n.3, p.184-190, 1983.
- MAURO, M. A. **Cinética da desidratação osmótica de banana nanica**. Campinas: UNICAMP-FEA, 1992. Tese de Mestrado.
- PONTING, J. D. Osmotic dehydration of fruits. Recent modifications and application. **Process Biochemistry**, v.8, n.12, p.18-22, 1973.
- PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY, R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, v.20, n.10, p.125-128, 1966.
- TELIS, J. R. **Secagem de proteína texturizada de soja em leite estático e deslizante**. Campinas: UNICAMP-FEA, 1988. Tese de Mestrado.