

Efeito do branqueamento e da solução desidratante na desidratação osmótica de fatias de cenoura

Ivanise Guilherme Branco, Eliana Janet Sanjinez Argandoña,
Juliana Sávio, Silmara Ramos

Departamento de Engenharia de Alimentos - UNICENTRO
85010-990 - Guarapuava, PR

(Recebido: 25 de outubro de 2004)

Resumo: Neste trabalho, foram estudadas as cinéticas de desidratação osmótica de fatias de cenoura com e sem branqueamento, em quatro diferentes soluções desidratantes de cloreto de sódio (5 e 10%) e sacarose (25 e 35%), a 40°C e sob agitação. O estudo mostrou que a desidratação osmótica utilizando solução com 35% de açúcar e 5% de sal, ao final de 105 minutos, apresentou maior perda de água e menor ganho de sólidos. Com os dados obtidos da cinética, foram calculados os coeficientes de difusividade efetiva para a água e os solutos, utilizando um modelo empírico de dois parâmetros e um modelo difusional para placas planas. Os valores encontrados para a água situam-se entre 1,81 a $3,88 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) para cenoura sem branqueamento e 1,78 a $3,2 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) para cenoura com branqueamento. Os coeficientes de difusividade efetiva para o soluto, determinados para cenoura sem e com branqueamento, ficaram respectivamente na faixa de 3,06 a $3,53 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) e 1,9 a $3,3 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s).

Palavras-chave: cenoura, desidratação osmótica, branqueamento, difusividade efetiva

Abstract: The kinetics of osmotic dehydration of slices of carrots with and without blanching were studied in this research. It was used four different dehydrating solutions of chloride of sodium (5 and 10%) and sucrose (25 and 35%), at 40 °C and under agitation. The research has shown that the osmotic dehydration using the solution of 35% of sucrose and 5% of chloride of sodium, after 105 minutes, presented a larger loss of water and smaller increasing of solids. From the obtained data, it was possible to calculate the effective diffusivity coefficient for water and solids, making use of the empirical model of two parameters and a diffusional model for plane plates. The values found for the water are from 1,81 to $3,88 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) for carrot with no blanching and from 1,78 to $3,2 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) for carrot with blanching. The effective diffusivity coefficient for the solute, determined for carrots with and

without blanching, were from $3,06$ to $3,53 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) and from $1,9$ to $3,3 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) respectively.

Key words: carrot, osmotic dehydration, blanching, difusividad efetive

1 Introdução

O processo de desidratação osmótica, também conhecido como desidratação-impregnação (DII) (RAOULT-WACK *et al.*, 1994; COLLIGNAN *et al.*, 1992), é uma técnica útil para eliminação de água de frutas e vegetais, realizada pela imersão de alimentos sólidos, inteiros ou fatiados, em soluções hipertônicas (açúcares, cloreto de sódio, sorbitol, glicerol) com pressão osmótica maior que a do produto, originando dois fluxos opostos: uma saída de água do produto para a solução e uma migração de solutos da solução para o sólido. Um terceiro fluxo, também envolvido, está ligado com a perda de substâncias de baixo peso molecular (sacarídeos, ácidos orgânicos, vitaminas e sais minerais) (TORREGIANI, 1993; RAOULT-WACK, 1994), que embora sejam insignificantes comparadas com os dois fluxos principais, pode ter uma influência essencial sobre os valores nutritivos e propriedades organolépticas do produto.

O branqueamento, na desidratação osmótica de cenoura e de outros vegetais, tem por finalidade inativar as enzimas naturais que, durante o processamento e o branqueamento do produto, geralmente são responsáveis pelo desenvolvimento de cor, sabor e odor indesejáveis. O branqueamento, ainda, propicia um cozimento parcial do tecido vegetal, tornando a membrana celular mais permeável à passagem de vapor de água, resultando, no caso de secagem posterior, em maiores taxas de secagem e melhorando a textura do produto (AGUIRRE *et al.* 1982). A aplicação de pré-tratamentos acarreta modificações, em diferentes graus, na resistência da parede celular para o fluxo de água e integridade das membranas (NIETO *et al.*, 2001).

As taxas de perda de água e ganho de sólidos pelo produto dependem, primeiramente, das características do tecido vegetal, as quais são afetadas diretamente por pré-tratamentos, agentes químicos, congelamento ou branqueamento por calor. Diferenças nas características do vegetal como compactação, massa inicial de substâncias não solúveis, enzimas presentes no produto, tamanho dos espaços intercelulares, presença de gás retido nos capilares e complexos de pectina e celulose e grau de geleificação, determinam a cinética do processo de desidratação (TORREGIANI, 1993).

A heterogeneidade estrutural de materiais biológicos conduz a uma complexidade adicional para a quantificação do transporte de água em um sistema sólido poroso. Através da aplicação da 2ª Lei de Fick, pode-se determinar a difusividade efetiva da água. Esse parâmetro toma em conta a porosidade, tortuosidade, mudanças de volume, a composição e estrutura do alimento, as interações material-água e o transporte de água multifase (ZOGZAZ *et al.*, 1996). Assim, difusividade efetiva é um útil parâmetro empírico, para resolução de um projeto de engenharia, mas sem

significância física (NIETO *et al.*, 2001).

Portanto, o objetivo do trabalho foi estudar a cinética de desidratação osmótica de rodela de cenoura *in natura* e branqueada, utilizando soluções desidratantes com diferentes concentrações de cloreto de sódio e sacarose, com a finalidade de verificar em que condições ocorrem maior perda de água e menor incorporação de solutos à amostra. Com as condições determinadas, foi verificado o efeito do branqueamento e da desidratação osmótica sobre as perdas de carotenóides totais.

2 Material e métodos

2.1 Material

Foram utilizadas cenouras, da variedade *Nantes*, adquiridas no comércio local. A escolha do produto foi baseada no seu tamanho, coloração e textura firme, objetivando, assim, padronizar a matéria-prima. Após a aquisição, as cenouras foram embaladas em sacos plásticos de polietileno e conservadas sob refrigeração.

2.2 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas realizadas na matéria-prima e no produto desidratado foram: conteúdo de sal, determinado pelo método de Mohr modificado (RANGANNA, 1977); açúcares redutores e totais, de acordo com o método de Lane Eynon (RANGANNA, 1977); acidez total titulável, segundo método oficial da AOAC (1984); pH, determinado pelo método potenciométrico, conforme metodologia descrita pelas Normas do Instituto Adolfo Lutz (1985); sólidos solúveis, determinado utilizando-se um refratômetro de bancada; umidade, de acordo com a metodologia da AOAC (1984) e carotenóides totais, determinados utilizando-se o método que se baseia na extração de carotenóides por acetona, armazenagem em éter de petróleo e leitura em espectrofotômetro, descrito por SÁ (2001).

2.3 Desidratação osmótica

A cenoura foi descascada manualmente, cortada em rodela de aproximadamente 3 mm de espessura, pesadas e colocadas em soluções de: 25% de sacarose e 5% sal; 25% de sacarose e 10% de sal; 35% de sacarose e 5% de sal e 35% de sacarose e 10% de sal, mantidas a 40 °C e sob agitação constante. Amostras foram retiradas a cada 15 minutos, até completar um período de 2 horas. A proporção de matéria-prima e solução utilizada na desidratação osmótica foi de 1:10. O mesmo procedimento foi aplicado à cenoura com tratamento térmico, diferenciando apenas no prévio branqueamento em água fervente durante 2 minutos. Ao final do processo de desidratação osmótica, as rodela de cenouras foram lavadas em água destilada, secas em papel absorvente e reservadas para análises de teor de açúcares totais, sal e umidade, com a finalidade de obter o ganho de solutos e a perda de peso após cada desidratação osmótica.

2.3.1 Cinética da desidratação osmótica

Utilizando os dados de umidade obtidos no item 2.3, foi estudada a cinética de desidratação osmótica pelo acompanhamento da perda de água (WL) e ganho de solutos (SG). A perda de água foi calculada pela equação 1:

$$WL(\%) = \frac{E_0 - E_t}{M_0} \cdot 100 \quad (1)$$

na qual: WL = perda percentual de água em relação à massa inicial; E_0 = conteúdo inicial de água no produto (g); E_t = conteúdo de água no produto a um tempo t (g); M_0 = massa inicial de produtos (g).

O ganho de solutos (SG) foi calculado pela equação 2:

$$SG(\%) = \frac{ms_t - ms_0}{M_0} \cdot 100 \quad (2)$$

na qual: SG = ganho percentual de solutos em relação à massa inicial; ms_0 = matéria seca inicial produto (g); ms_t = matéria seca em um tempo t (g); M_0 = massa de produtos no tempo inicial (g).

2.3.2 Modelagem matemática da desidratação osmótica

A análise do processo de desidratação osmótica e o cálculo da difusividade efetiva, visando a avaliar a transferência de massa ocorrida durante a desidratação osmótica, foram realizados conforme modelos propostos por AZUARA *et al.* (1992), PAGE (1949) e a solução analítica da Lei de Fick proposta por CRANK (1975), adaptado para geometria de placas planas (equação 3).

$$D_t = \frac{\pi}{4} t \left[\left(\frac{S_1 L}{1 + S_1 t} \right) \cdot \left(\frac{WL_\infty^{\text{mod}}}{WL_\infty^{\text{exp}}} \right) \right]^2 \quad (3)$$

na qual WL_∞^{mod} é o valor de perda de água teórico no equilíbrio e WL_∞^{exp} é o valor de perda de água no equilíbrio obtido experimentalmente. Quando WL_∞^{exp} é desconhecido, pode-se assumir que seja igual à WL_∞^{mod} e pode-se obter boas estimativas para D_t usando a equação 3. A difusividade referente ao processo foi calculada fazendo-se a média aritmética dos valores de difusividade encontrados para cada tempo. Os valores de S_1 (constante relacionada à perda de água) e WL_∞ (situação de equilíbrio) foram encontrados a partir da equação linearizada (4) proposta por AZUARA *et al.*, 1992.

$$\frac{t}{L} = \frac{1}{S_1(WL_\infty)} + \frac{1}{WL_\infty} \quad (4)$$

De forma análoga, para o ganho de solutos, tem-se:

$$\frac{t}{SG} = \frac{1}{S_2(WL_\infty)} + \frac{1}{SG_\infty} \quad (5)$$

3 Resultados e discussão

3.1 Matéria-prima

Na Tabela 1, são apresentados os resultados das análises físicas e químicas da cenoura *in natura*.

Análises	Valor Médio
pH	6,14
Sal (% NaCl)	0,05
Acidez (% ácido cítrico)	0,85
Sólidos solúveis (°Brix)	7,5
Umidade (% base úmida)	94,06
Açúcares totais (%)	4,45
Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$)	42,66

Tabela 1 - Análises físicas e químicas da cenoura *in natura*.

Comparando os resultados da Tabela 1, aos obtidos por BARBOSA JÚNIOR (2002), observa-se que os conteúdos de umidade e pH foram ligeiramente superiores. O mesmo não acontece com o teor de carotenóides totais, o qual apresentou valor inferior ao encontrado pelo autor, trabalhando com a mesma variedade de cenoura. As diferenças encontradas podem ser devido a vários fatores como o tipo de solo, fertilizantes utilizados, época e local de plantio, estocagem, comercialização, dentre outros. Além desses fatores, deve-se salientar que o método para quantificação de carotenóides é delicado, devido à grande instabilidade desse componente frente à luz.

3.2 Desidratação osmótica

As Figuras 1 e 2 mostram dados da perda de água para as soluções estudadas, durante 2 horas de processo. Observa-se, na Figura 1, que a perda de água foi maior quando cenouras branqueadas foram desidratadas em solução osmótica com maior teor de açúcar (35%) e sal (10%). As menores perdas de água foram verificadas utilizando a solução com menor teor de açúcar e sal. Isso mostra que o aumento da concentração de açúcar, e principalmente sal, acarreta no aumento da perda de água na cenoura branqueada. O mesmo comportamento foi verificado para a cenoura sem branqueamento, ou seja, sem tratamento térmico (Figura 2). De acordo com HAWKES e FLINK (1978), a mistura de sacarose e NaCl proporciona menores taxas de perda de água, quando comparadas apenas com NaCl, o que ocorre devido ao baixo peso molecular permitir maior penetração nos tecidos vegetais, em relação a solutos com maior peso molecular, como a sacarose, e sua ionização na solução.

Verifica-se, nas Figuras 1 e 2, que a perda de água para a cenoura branqueada foi menor quando comparada com a sem tratamento térmico, para as soluções estudadas.

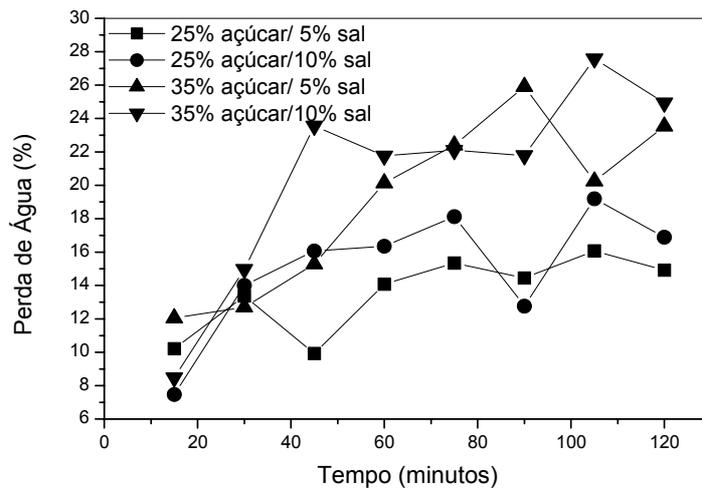


Figura 1 - Perda de água em função do tempo para cenoura branqueada, submetida a diferentes soluções osmóticas.

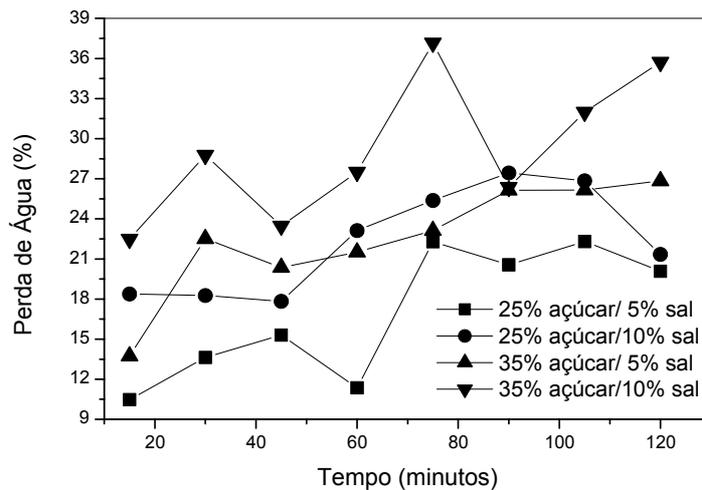


Figura 2 - Perda de água em função do tempo para cenoura sem branqueamento, submetida a diferentes soluções osmóticas.

Nas Figuras 3 e 4, são apresentados dados do ganho de solutos durante as 2 horas de processo onde se verifica que a concentração de sólidos na solução desidratante teve grande influência no processo de desidratação osmótica da cenoura, independente se ela foi ou não tratada termicamente. À medida que aumentou a concen-

tração de açúcar e, principalmente, sal na solução, maior foi o ganho de solutos na amostra após o processo de desidratação osmótica.

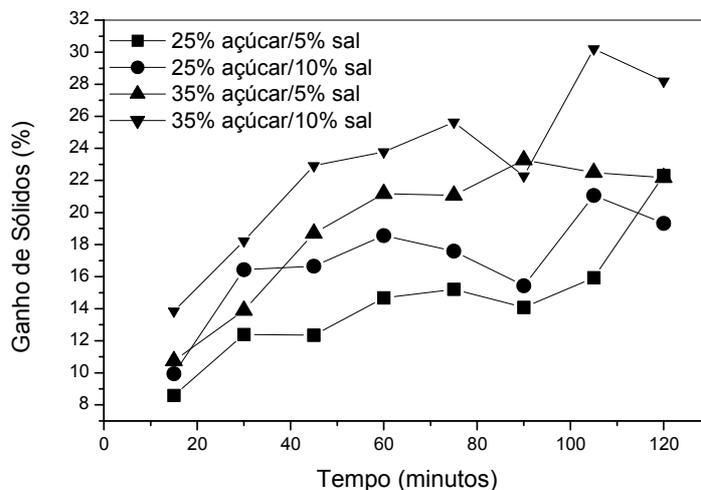


Figura 3 - Ganho de sólidos em função do tempo para cenoura branqueada, submetida a diferentes soluções osmóticas.

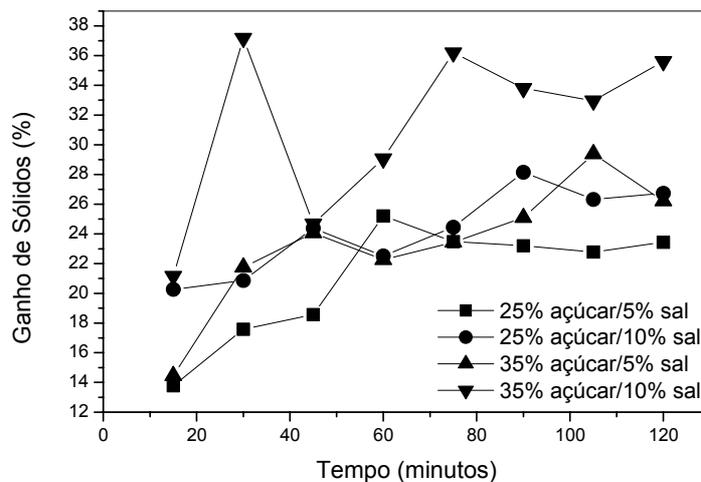


Figura 4 - Ganho de sólidos em função do tempo para cenoura sem branqueamento, submetida a diferentes soluções osmóticas.

O ganho de solutos, para uma dada solução desidratante, foi maior em cenouras que não foram submetidas ao tratamento térmico. O baixo ganho de solutos da

cenoura branqueada em relação a não branqueada pode ser devido ao prévio branqueamento aplicado na cenoura antes da desidratação osmótica que pode ter causado dano celular, ou mesmo destruição da membrana celular, já que esta é semi-permeável e funciona normalmente em uma certa faixa de temperatura. A aplicação de temperatura acima de um valor limite pode induzir na destruição celular e, conseqüentemente, encolhimento das membranas devido ao calor, ou mesmo gelatinização do amido e/ou desnaturação de proteínas, o que impede a transferência de massa. Essa barreira pode, também, ter impedido a passagem das moléculas de água do produto, acarretando em menores perdas de água para a cenoura branqueada.

3.3 Modelagem matemática da desidratação osmótica

Com a finalidade de avaliar a transferência de massa, ocorrida durante o processo de desidratação osmótica da cenoura, foi feita a modelagem matemática utilizando o modelo proposto por AZUARA *et al.* (1992), para 120 minutos de processo. Na Tabela 2, são apresentados os valores obtidos para o parâmetro S_1 , perda de água no equilíbrio PA_{eq} , difusividade efetiva média (D_{ef}) e coeficiente de regressão (R^2) para cenoura com e sem tratamento térmico, respectivamente.

Solução Desidratante	Sem Branqueamento				Com Branqueamento			
	$S_1 \cdot 10^2$	PA_{eq}	$D_{ef} \cdot 10^{10}$ (m^2/s)	R^2	$S_1 \cdot 10^2$	PA_{eq}	$D_{ef} \cdot 10^{10}$ (m^2/s)	R^2
25% açúcar 5% sal	2,89	26,96	1,81	0,87	6,79	17,22	3,2	0,97
25% açúcar 10% sal	10,28	26,46	3,88	0,96	6,61	19,22	3,15	0,93
35% açúcar 5% sal	5,3	30,57	2,78	0,99	3,34	29,25	2,03	0,95
35% açúcar 10% sal	6,92	36,67	3,23	0,95	2,82	33,5	1,78	0,96

S_1 = constante da equação de Azuara para perda de água

PA_{eq} = Perda de água no equilíbrio

D_{ef} = Difusividade efetiva

R = Coeficiente de correlação.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros e ajustes do modelo de Azuara para perda de água utilizando cenoura com e sem tratamento térmico na desidratação osmótica.

Comparando os valores de difusividade, verifica-se que a aplicação do tratamento térmico acarretou na diminuição do parâmetro, com exceção da solução desidratante com 25% de açúcar e 5% de sal, indicando que a cenoura sem tratamento térmico perde mais água do que à submetida ao branqueamento. A redução na D_{ef} devido ao branqueamento, também, foi verificada por NIETO *et al.*, 2001 analisando o efeito do branqueamento e/ ou desidratação osmótica com solução de glicose sobre a cinética de transporte de água durante a secagem de fatias de manga. Esses autores

atribuíram esse comportamento à entrada de glicose durante a etapa de impregnação, encolhimento dos tecidos devido à expulsão de ar, baixa resistência da parede celular para o fluxo de água pelo pré-tratamento e/ou gelatinização do amido e desnaturação de proteína. No entanto, em trabalho anterior, os mesmos autores (NIETO *et al.*, 1998 e ALVAREZ *et al.*, 1995) observaram que o branqueamento aumentou a D_{ef} em maçãs branqueadas e/ou impregnadas. Segundo esses autores, o branqueamento pode aumentar a D_{ef} devido à eliminação da resistência da membrana celular para difusão de água e diminuição na resistência da parede celular para o fluxo de água.

Os valores de difusividade efetiva para a água estão de acordo com os resultados obtidos por AZOUBEL & MURR (2000) ao desidratar tomate cereja usando solução de cloreto de sódio e sacarose (10%), que obtiveram o valor de $2,17 \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$ e por GARCIA DE LA CRUZ (1998) que obteve, para berinjela branqueada e desidratada em solução com 10% de cloreto de sódio, o valor de $0,466 \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$.

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos dos parâmetros do modelo de Azuara para o ganho de solutos (GS_{eq}) e pode ser verificado que os maiores valores de difusividade, para todas as soluções desidratantes, foram obtidos na desidratação osmótica de cenouras sem tratamento térmico, mostrando que o ganho de solutos é maior nas cenouras sem tratamento térmico do que nas branqueadas.

Os valores da Tabela 3 estão em concordância com o observado por GARCIA DE LA CRUZ (1998) que, em seu trabalho de desidratação osmótica de berinjela branqueada, obteve o valor de difusividade efetiva de $0,218 \cdot 10^{10} \text{ m}^2/\text{s}$.

Os resultados do ajuste do modelo de Azuara linearizando os dados experimentais de perda de água e ganho de solutos estão ilustrados nas Figuras 5- 6 e 7-8, respectivamente.

Solução Desidra- tante	Sem Branqueamento				Com Branqueamento			
	$S_2 \cdot 10^2$	GS_{eq}	$D_{ef} \cdot 10^{10}$ (m^2/s)	R^2	$S_2 \cdot 10^2$	GS_{eq}	$D_{ef} \cdot 10^{10}$ (m^2/s)	R^2
25% açúcar 5% sal	7,86	26,3	3,43	0,99	3,06	22,76	1,9	0,92
25% açúcar 10% sal	9,81	29	3,8	0,99	7,2	21,31	3,3	0,97
35% açúcar 5% sal	6,29	30,43	3,06	0,98	4,3	33,16	2,43	0,97
35% açúcar 10% sal	8,3	38,14	3,53	0,98	4,35	27,52	2,45	0,99

Tabela 3 - Valores dos parâmetros e ajustes do modelo de Azuara para ganho de solutos utilizando cenoura com e sem tratamento térmico na desidratação osmótica.

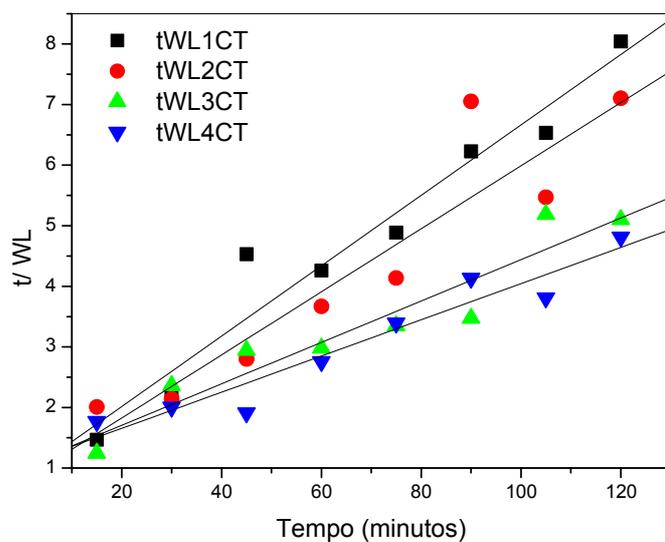


Figura 5 - Linearização, segundo modelo de Azuara, dos dados de perda de água de cenoura branqueada em diferentes soluções osmóticas.

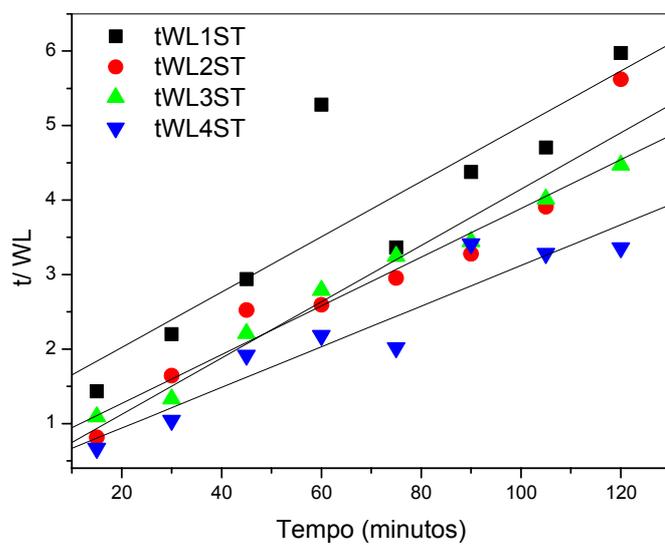


Figura 6 - Linearização, segundo modelo de Azuara, dos dados de perda de água de cenoura sem branqueamento em diferentes soluções osmóticas.

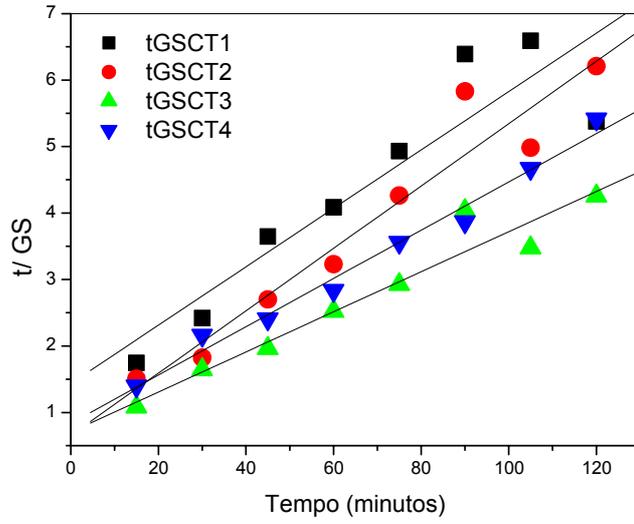


Figura 7 - Linearização, segundo modelo de Azuara, dos dados de ganho de sólidos de cenoura branqueada em diferentes soluções osmóticas.

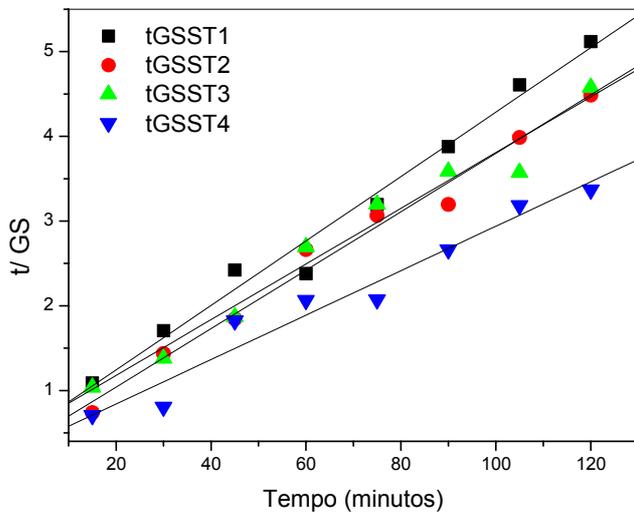


Figura 8 - Linearização, segundo modelo de Azuara, dos dados de ganho de sólidos de cenoura sem branqueamento em diferentes soluções osmóticas.

3.4 Parâmetros de qualidade do produto desidratado osmoticamente

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos na caracterização física e química de cenoura com e sem branqueamento, submetida previamente ao processo de desidratação osmótica. Utilizou-se a solução desidratante com 35% de açúcar e 5% sal, no tempo de 105 minutos, pois se observou, de modo geral, o menor ganho de solutos e a maior perda de água após a desidratação osmótica.

Análises	Condição da cenoura após desidratação osmótica	
	<i>In natura</i>	Branqueada
Acidez (% ácido cítrico)	1,19	0,38
pH	5,79	6,04
Sal (% NaCl)	3,23	4,03
Açúcares totais (%)	20,9	20,1
Umidade (% base úmida)	65,59	66,45
Carotenóides ($\mu\text{g/g}$)	17,06	8,91

Tabela 4 - Valores médios das análises físico-químicas.

Na Tabela 4, encontram-se os valores de carotenóides obtidos após a desidratação osmótica com cenoura submetida ou não ao tratamento térmico. Foram observadas perdas de carotenóides em torno de 60% utilizando cenoura sem branqueamento e de 79,11% para cenoura branqueada. A elevada perda de carotenóides da cenoura branqueada está associada à combinação de perdas por difusão durante a desidratação osmótica e à degradação química e térmica, durante o branqueamento. No entanto, BARBOSA JÚNIOR (2002) verificou que o processo de desidratação osmótica de cenoura, realizado na faixa de temperatura de 15 a 30 °C e com concentração de NaCl na faixa de 5-15%, não interferiu no conteúdo de carotenóides do produto.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para a desidratação osmótica da cenoura mostraram que a solução desidratante com maior teor de açúcar e, principalmente sal, apresentou maior perda de água da cenoura, independente se a cenoura foi submetida ou não ao tratamento térmico. O mesmo comportamento aconteceu com o ganho de solutos, que aumentou com a concentração de açúcar e sal. A perda de água para a cenoura branqueada foi menor quando comparada com a *in natura*, para uma mesma solução desidratante. Já o ganho de solutos foi maior para a cenoura *in natura* do que branqueada. O processo combinado de desidratação osmótica e branqueamento, teve um efeito maior na degradação dos carotenóides totais.

Os valores encontrados de difusividade efetiva de água situam-se entre 1,81 a $3,88 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) para cenoura sem branqueamento e 1,78 a $3,2 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) para cenoura com branqueamento. Os coeficientes de difusividade efetiva dos açúcares,

determinados para cenoura sem e com branqueamento, ficaram respectivamente na faixa de 3,06 a $3,53 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s) e 1,9 a $3,3 \cdot 10^{-10}$ (m^2/s).

Referências

- AGUIRRE, J. M.; TRAVAGLINI, D. A.; SILVEIRA, E. T. F.; ARIMA, H. K.; CAMPOS, S. D. S.; SHIROSE, I. Efeito do branqueamento na preservação das qualidades da cenoura desidratada. **Boletim do Ital**, v. 19, n.4, p. 403-422, 1982.
- ALVAREZ, C. A.; AGUERRE, R.; GÓMEZ, R.; VIDALES.; ALZAMORA, S. M.; GERSCHENSON, L. N. Air dehydration of strawberries: effects of blanching and osmotic pretreatments on the kinetics of moisture transport. **Journal of Food Engineering**, v. 25, p. 167-178, 1995.
- A. O. A. C. (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. 14 ed, Arlington, 1984.
- AZOUBEL, P. M. **Estudo da cinética de desidratação por imersão e secagem de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *ceresiform*)**. Campinas, 1999. 101 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- AZUARA, E.; BERINSTAIN, C. I. E GARCIA, H. S. Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration. **Journal of Food Science Technology**, v. 29, n. 4, p. 239-242, 1992.
- BARBOSA JÚNIOR, J. L. **Influência da temperatura e concentração na desidratação osmótica de abóbora (*Cucúrbita máxima*) e cenoura (*Daucus carota* L.) utilizando metodologia de superfície de resposta**. Campinas, 2002. 83 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- COLLIGNAN, A.; RAOULT-WACK, A. L.; THEMELIN, A. Energy study of food processing by dehydration and air drying. **Agricultural Engineering Journal**, v. 1, n. 3, p. 125-135, 1992.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2ed. Claredon Press Oxford, 414p., 1975.
- GARCIA DE LA CRUZ, A. **Desidratação osmótica e secagem de berinjela**. Campinas, 1998. 155 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Process Engineering**, v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.
- LUTZ, A. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz - Métodos químicos e**

físicos para análise de alimentos. São Paulo, 3^a ed., 1985.

NIETO, A.; SALVATORI, D.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Air drying behaviour of apples as affected by blanching and glucose impregnation. **Journal of Food Engineering**, v. 36, p. 63-79, 1998.

NIETO, A.; CASTRO, M. A.; ALZAMORA, S. M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 175-185, 2001.

RANGANNA, S. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetables Products**. New Delhi: Mc - Graw Hill Publishin Company, 1977.

RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, p. 225-260, 1994.

SÀ, M. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenóides em alimentos preparados para consumo: Comparação de análise direta e cálculo pelos dados de retenção**. Campinas, 2001. 121 p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

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

ZOGZAS, N. P.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, p. 2225-2253, 1996.