

Avaliação da Influência de Variáveis de Processo Sobre a Cinética de Desidratação Osmótica da Polpa de Abacate (*Persea americana* L.)

Evaluation of the Influence of Process Variables on Osmotic Dehydration Kinetics of Avocado Pulp (*Persea americana* L.)

Danilo Santos Souza^{1*}; Jane Delane Reis Pimentel²; Antonio Martins de Oliveira Junior³

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, Brasil

*E-mail danilosantos_souza@yahoo.com.br

Recebido: 27 de junho de 2011; Aceito: 18 de novembro de 2011.

Resumo

O abacate é uma das frutas tropicais cultivadas em diversas regiões do mundo e possui alto valor nutricional, porém é instável a deteriorações. A desidratação osmótica é uma técnica útil na conservação de frutas e vegetais pode ser uma alternativa para estabilização da polpa do abacate. Porém, é necessário estudar o comportamento físico da polpa da fruta frente a esta técnica. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das variáveis de processo na desidratação osmótica da polpa do abacate. A desidratação osmótica foi realizada com auxílio de um planejamento experimental fatorial com as seguintes variáveis: concentrações das soluções de sacarose (30 e 60% p/p), espessura do corte (0,5 e 1 cm) e temperatura de imersão (25 e 45 °C) tendo por variáveis de resposta a perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e relação ganho de sólidos/perda de água (GS/PA) em 200 minutos de processo. Os resultados obtidos mostraram que o nível máximo de perda de água (PA), de 55,53%, ocorreu na menor concentração de açúcar (30%), maior temperatura (45 °C) e menor espessura (0,5cm). O nível mínimo de PA (14,5%) foi observado tanto na combinação de maior concentração de açúcar (60%), espessura (1 cm) e temperatura (45 °C) como nas condições de menor temperatura (25 °C), menor concentração de sacarose (30%) e maior espessura (1cm). A espessura foi o parâmetro que mais influenciou o processo em relação às respostas (GS, PA e GS/PA) estudadas. A temperatura também obteve significância para a resposta GS/PA, e a concentração de sacarose não apresentou influência significativa, nas condições em que a pesquisa foi realizada.

Palavras-chave: Conservação de Alimentos. Frutas. *Persea*. Fragilidade Osmótica.

Abstract

Avocado is one kind of tropical fruit grown in different regions in the world, and it has high nutritional value, but it is unstable to damage. Osmotic dehydration is a useful technique for the conservation of fruit and vegetables, and it can be an alternative for the stabilization of avocado pulp. However, it is necessary to study the physical behavior of the fruit pulp in the face of this technique. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of process variables on avocado pulp osmotic dehydration. Osmotic dehydration was carried out with help of a factorial-experimental planning with the following variables: concentrations of sucrose solutions (30 and 60% w/w), section thickness (0.5 and 1cm) and immersion temperature (25 and 45 °C), in which the response variables are water loss (WL), gain of solids (GS) and gain of solids/water loss relation (GS/WL) in 200 minutes of process. The results showed that the highest level of water loss (WL), 55.53%, occurred at the lowest sucrose concentration (30%), highest temperature (45 °C) and smallest thickness (0.5cm). The minimum level of WL (14.5%) was observed both in the combination of higher sugar concentration (60%), thickness (1cm) and temperature (45 °C) and lower temperature (25 °C), lower concentration of sucrose (30%) and greater thickness (1cm). The thickness was the parameter that most influenced the process concerning the responses analyzed (GS, WL, and GS/WL). The temperature was also significant for the GS/WL response, and the sucrose concentration had no significant influence in the conditions in which the survey was conducted.

Keywords: Food Preservation. Fruit. *Persea*. Osmotic Fragility.

1 Introdução

O abacateiro é cultivado em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo¹. Trata-se de uma planta frutífera das mais produtivas por unidade de área cultivada². A polpa do abacate é geralmente de cor amarela clara, com tendência ao verde próximo à casca, de consistência próxima à da manteiga e espessura de 15 a 20 mm ou mais³. A fruta possui elevada quantidade de matéria graxa na sua composição, principalmente, composta de ácidos graxos insaturados (10,85%), assim como proteínas (1,7%) e vitaminas lipossolúveis (A, B, C, E, G, K e P), sendo esta última em proporções superiores às das demais frutas.

O abacate é uma das frutas tropicais mais conhecidas em

todo o mundo. As perdas de frutas tropicais após a colheita, em vários países em desenvolvimento, estão entre 10 a 40% devido a falta de uso de métodos de conservação⁴.

Uma das principais causas da deterioração de alimentos, especialmente frutas, é a quantidade de água livre que não se encontra comprometida com as moléculas constituintes do produto e por isso disponível para reações físicas, químicas e biológicas^{5,6}. A utilização de métodos ou combinações reduzam a disponibilidade da água permitindo que os alimentos se tornem estáveis à deterioração química e microbiana⁷. As principais vantagens da aplicação do processo de desidratação osmótica em frutas são a melhoria da qualidade do produto final e a economia de energia, podendo ser considerado um

método capaz de obter um produto mais estável a deterioração mediante a redução de sua umidade, sem mudança de fase durante o processo⁸.

A desidratação osmótica é uma operação útil na desidratação de frutas e vegetais, com o alimento sólido, inteiro ou em pedaços, submetido a soluções aquosas (sais ou açúcares) de alta pressão osmótica para remover a água não ligada presente no alimento⁹.

Dentre os principais parâmetros que influenciam a transferência de massa no processo de desidratação osmótica estão: concentração da solução (e suas propriedades físicas associadas, como viscosidade e densidade), temperatura, pressão, tempo de contato do produto com a solução, tamanho da amostra, natureza do soluto utilizado e estrutura do produto a ser desidratado¹⁰.

A perda de água (PA) é o fator de maior interesse em um processo de desidratação osmótica. O ganho de sólidos (GS) serve de indicativo de desempenho para o processo tendo em vista que não se deseja incorporação de sólidos no produto desidratado. A desidratação é dividida em duas etapas. No período inicial o ganho de sólidos (GS) é elevado e alta taxa de remoção de água é registrada. Na segunda etapa ocorre um decréscimo da taxa de remoção de água do produto em relação à fase anterior e o equilíbrio tende a ser atingido¹¹. Tanto a perda de água como o ganho de sólidos são controlados pelas características da matéria-prima¹².

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das variáveis de processo, espessura da amostra, concentração da solução e temperatura da solução sobre resposta ganha de sólidos e perda de água para a desidratação osmótica do abacate em fatias.

2 Material e Métodos

Os frutos do abacate utilizados na pesquisa eram da variedade Collinson, provindos de pomares da cidade de Bauru – SP e adquiridos no Centro de Abastecimento (CEASA) do município de Aracajú/SE. A seleção dos frutos foi realizada visualmente observando sua integridade física, coloração e tamanho, buscando maior homogeneidade do ponto de maturidade fisiológica.

Inicialmente, a fruta foi cortada, manualmente, com faca de aço inoxidável para a remoção do caroço e casca. A polpa foi modelada em forma de paralelepípedo (2 cm x 3 cm de área da base) variando a espessura. Amostras foram coletadas para análises de pH em pHmetro, acidez total titulável na proporção 1:10 (p/v) de amostra e água destilada. O ensaio de umidade foi feito em estufa a 105 °C por 24 horas seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz¹³. Um refratômetro de bancada (RR11 18847, escala de 0-35%) foi utilizado para medir o teor de sólidos solúveis (°Brix).

O planejamento experimental utilizado foi um fatorial completo (2³+3), totalizando 11 experimentos de acordo com as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Variáveis independentes estudadas no planejamento experimental 2³+3

Variáveis	Níveis		
	-1	0	+1
Espessura (cm)	0,5	0,75	1
Temperatura (°C)	25	35	45
Sacarose (%)	30	45	60

Tabela 2: Ordem dos experimentos codificados

Experimentos	Espessura	Temperatura	Sacarose
E1	1	1	1
E2	-1	1	-1
E3	0	0	0
E4	-1	1	1
E5	0	0	0
E6	-1	-1	1
E7	1	1	-1
E8	1	-1	-1
E9	-1	-1	-1
E10	0	0	0
E11	1	-1	1

Para as desidratações osmóticas foram preparadas as soluções hipertônicas com as seguintes concentrações: 30, 45 e 60% (p/p) utilizando-se açúcar cristal comercial devido ao custo e água^{4,8,12}. A fim de reduzir alterações indesejáveis causadas pelo tratamento térmico à polpa do abacate, utilizaram-se temperaturas entre 25 e 45 °C.

Cada amostra em forma de paralelepípedo foi submetida a diferentes condições de processos, em béqueres com 250 mL das soluções em suas devidas temperaturas por 200 minutos, já que se tratava de processo conduzido à temperatura ambiente e com leve aquecimento. As temperaturas eram mantidas constantes por meio de placas aquecedoras sem agitação e verificadas utilizando termômetros digitais.

As variáveis dependentes estudadas foram: perda de umidade (PA), ganho de sólidos (GS) e a relação ganho de sólidos e perda de água (GS/PA). Os valores obtidos nas determinações analíticas durante a desidratação osmótica foram utilizados para calcular os percentuais de PA, GS e GS/PA¹⁴ conforme as Equações 1, 2 e 3.

$$PA = \frac{M_0 \times M_0 - (M_t \times M_t)}{M_0} \quad (1)$$

$$GS = \frac{M_t \times S_t - (M_0 \times S_0)}{M_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$$RE = \frac{GS}{PA} \quad (3)$$

Em que:

PA = Perda de água;

M_0 = Massa inicial da amostra (g);

M_t = Massa da amostra no tempo t (g);

S_0 = Massa inicial de sólidos (g);

S_t = Massa de sólidos em função do t (g);

U_t = Umidade da amostra no tempo t, em base úmida (%);

U_0 = Umidade da amostra inicial, em base úmida;

GS = Ganho de sólidos;

RE = Relação entre ganho de sólidos e perda de água.

Os resultados obtidos durante os experimentos foram avaliados estatisticamente pelo programa STATISTICA® 7.0, utilizando ANOVA sendo consideradas diferenças ao nível de significância de $p < 0,05$.

3 Resultados e Discussão

O abacate *in natura* utilizados no experimento apresentou, em média, teores de umidade, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e pH de $0,81 \pm 0,012$ g água/g amostra, $1,98 \pm 0,012\%$, $6,6 \pm 0,01^\circ$ Brix e $6,78 \pm 0,013$, respectivamente. Tais valores se aproximam dos encontrados na literatura com $4,7 \pm 0,02$ água/g sólido seco, $1,35 \pm 0,11\%$, $7,47 \pm 0,64^\circ$ Brix e $6,78 \pm 0,03$, respectivamente^{2,15}. Fatores climáticos, de região e fisiológicos do fruto podem favorecer na discrepância dos resultados das características físico-químicas quando comparados com outros trabalhos.

A Figura 1 apresenta a avaliação das variáveis dependentes, perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e relação ganho de sólidos e perda de água (GS/PA) após a desidratação osmótica em um tempo de 200 minutos de processo. Observa-se que, o nível máximo de perda de água (PA), de 55,53%, ocorreu nas condições de menor concentração de açúcar (30%), alta temperatura (45 °C) e menor espessura (0,5cm) representado pelo tratamento E2. Por outro lado, o nível mínimo de PA (14,5%) foi observado em dois pontos. O primeiro com o tratamento E1 na maior concentração de açúcar (60%), espessura (1 cm) e temperatura (45 °C). O segundo representado pelo tratamento E8 com temperatura de 25 °C, menores concentrações de sacarose (30%) e maior espessura (1 cm). Assim sendo, maiores temperaturas e menores espessuras influenciaram diretamente no aumento da perda de água das amostras de abacate. O mesmo comportamento para temperatura foi observado por Park *et al.*¹⁶ ao desidratar osmoticamente cubos de pêra em soluções de sacarose e diferentes temperaturas.

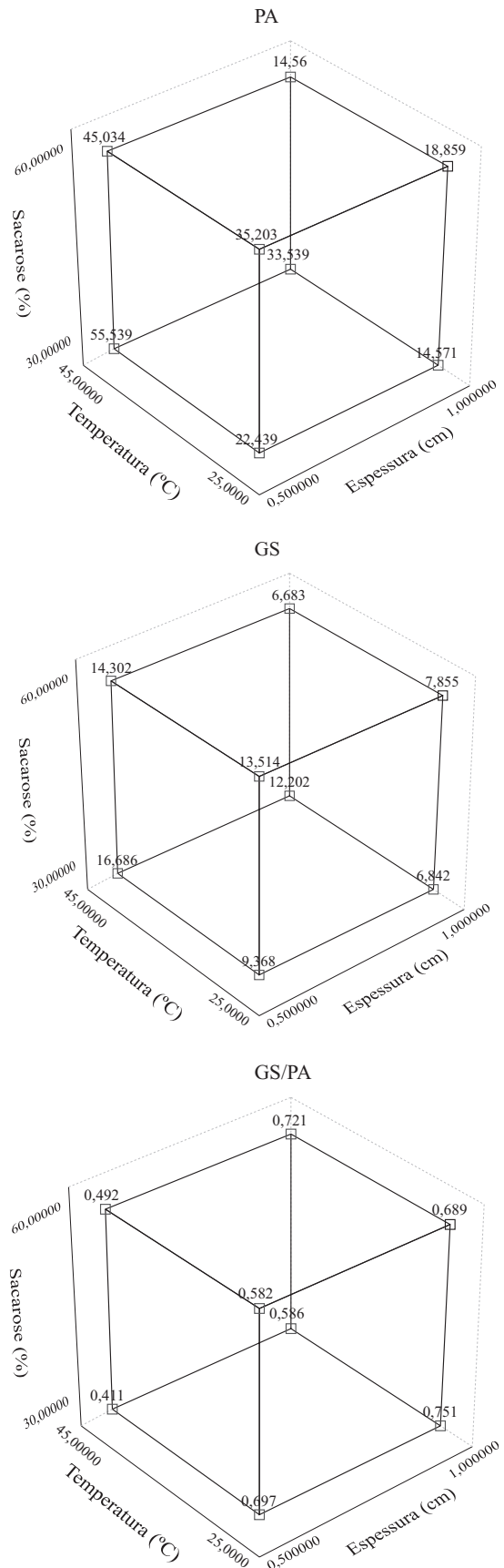


Figura 1: Avaliação das variáveis dependentes: perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e relação ganho de sólidos/perda de água (PA/GS) em função do planejamento experimental

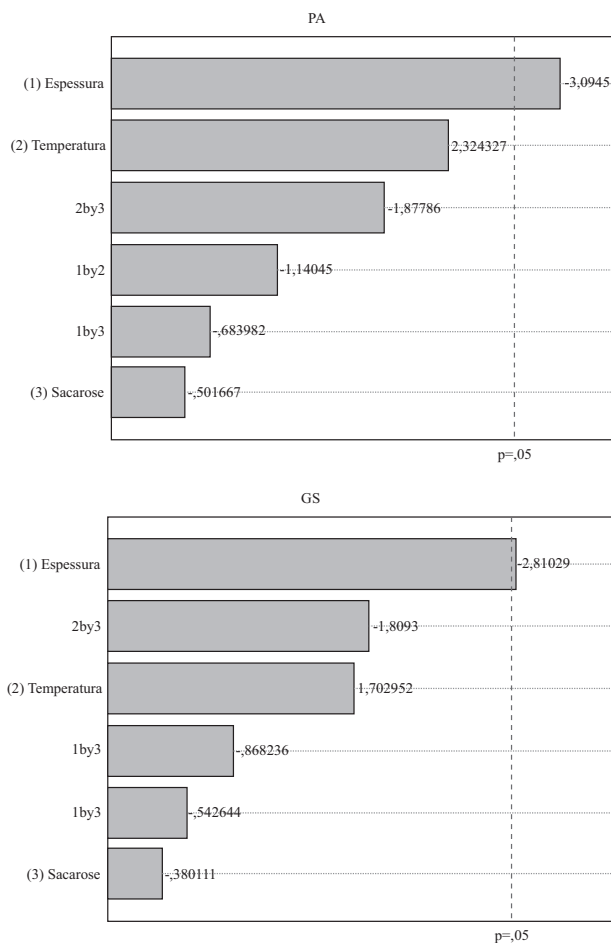
Para ganho de sólidos (GS), os menores índices foram observados quando utilizadas maiores espessuras. Independentemente da temperatura e concentração de sacarose, as percentagens obtidas para ganho de sólidos foram aproximadas alcançando os menores valores de 6,8% e 6,7%, respectivamente. Desta forma, a espessura dos cortes foi a variável que mais influenciou, inversamente para o ganho de sólidos. Por outro lado, quando se reduz a espessura da amostra e a temperatura é aumentada, observou-se maior nível de absorção de sólidos independente da concentração de sacarose. Isso pode ter acontecido já que a sacarose, sendo um dissacarídeo migra para o interior do alimento de forma lenta quando comparada a monossacarídeos¹⁷. Esta observação está em concordância com a revisão sobre a influência do soluto na desidratação osmótica apresentada por Azuara *et al.*¹⁴.

Os menores índices para relação ganho de sólidos e perda de água (GS/PA) foram observados em alta temperatura e menor espessura, sendo que a influência da concentração de sacarose sobre este parâmetro se mostrou diferença significativa a $p < 0,05$. O tratamento E2 (30% de sacarose, temperatura de 45 °C e 0,5cm de espessura), alcançou o menor índice da relação (GS/PA), com valor aproximado de 0,41. Nas mesmas condições, variando apenas a concentração de sacarose para 60% (tratamento E4), o índice registrado para a relação GS/PA foi de aproximadamente 0,49. O experimento E2 (30% de sacarose, temperatura de 45 °C e 0,5cm de espessura) se mostrou o mais eficiente para GS/PA, uma vez que se registrou baixo valor da relação quando comparado com os índices dos demais tratamentos. Esta observação indica que houve menor tendência à incorporação de sólidos e maior suscetibilidade para perda de água. Quando a concentração de solutos (dissacarídeos) impregnados no tecido vegetal é alta, a eficiência da desidratação é reduzida devido à constituição de um obstáculo ao processo de transferência de massa¹⁸⁻²⁰.

Observa-se em todo processo, que o mecanismo de perda de água é mais efetivo do que o de ganho de sólidos. Este fato é de fundamental importância quando o objetivo da desidratação osmótica é preservar as características do produto *in natura*. Segundo Tonon²¹, os produtos tratados com sacarose, que possui alto peso molecular, normalmente apresentam alta perda de água e baixo ganho de sólidos. Porém, para a polpa do abacate, o soluto não foi efetivo na remoção de água por osmose das amostras. Larazides²² observou que as características do produto como variedade, densidade do tecido, maturidade, entre outros, influenciam diretamente nos efeitos provocados pelo tipo e pela concentração da solução no ganho de sólidos ao longo do processo de desidratação osmótica.

Na Figura 2, estão representados os diagramas de Pareto dos efeitos estimados sobre as respostas de perda de água, ganho de sólidos e relação perda de água e ganho de sólidos após a desidratação osmótica da polpa do

abacate. Conforme observado, a espessura se apresentou como variável significativa a $p < 0,05$ para a resposta perda de água (PA). A influência negativa desta variável (-3,0945) ilustrada no diagrama, indica o efeito inverso causado ao parâmetro perda de água, ou seja, quanto maior for o valor parâmetro, menor será a perda de água e vice-versa. Para perda de água e ganho de sólidos, as variáveis temperatura e concentração de sacarose não se mostraram significativas a $p < 0,05$ para o processo de desidratação osmótica da polpa de abacate nas condições estudadas. Para a relação (GS/PA) houve significância a $p < 0,05$ das variáveis espessura e temperatura, uma vez que a positividade da variável espessura representa grau proporcional direto ao parâmetro, se diferenciando da temperatura que obteve resposta inversa à relação GS/PA. A espessura da geometria sobre a transferência de massa (PA) teve influência semelhante às estudadas por Rastogi *et al.*¹⁰ na desidratação osmótica de pepino em formatos de cubos e paralelepípedos. A influência da espessura sobre o ganho de sólidos foi observado no trabalho de Borin *et al.*²⁰, quando ao desidratar abóbora pré-tratada obteve-se maior incorporação de sólidos ao aumentar a espessura e consequentemente o volume da amostra. A mesma relação GS/PA sobre a influência da temperatura e espessura foi observada por Matusek *et al.*²³.



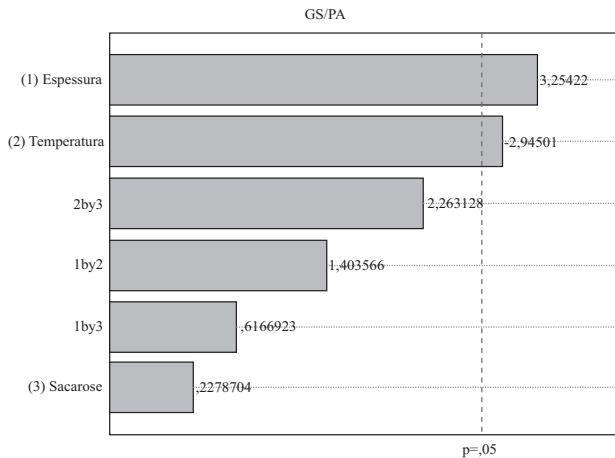


Figura 2: Efeitos estimados sobre as respostas de perda de água (PA), ganho de sólidos (GS) e relação ganho de sólidos/perda de água (PA/GS) após a desidratação osmótica da polpa do abacate

De acordo com a Figura 2, não houve influência significativa da sacarose sobre as respostas estudadas no processo de desidratação osmótica da polpa do abacate. As prováveis reações de interação entre os ácidos graxos presentes na polpa do abacate e a sacarose presente na solução hipertônica são desconhecidas, já que todas as hidroxilas, ao menos, teoricamente, podem ser ocupadas por moléculas de ácidos graxos. Desta forma, independentemente das condições empregadas (concentração de reagentes, tempo de reação), o produto da reação entre sacarose e ácido graxo será sempre uma mistura, por vezes extremamente complexa, com diferentes graus de esterificação, apresentando assim, uma condição hidrofóbica²⁴.

4 Conclusão

A polpa do abacate apresentou características físico-químicas aproximadas das encontradas na literatura. Ao avaliar o processo de desidratação osmótica da polpa do abacate em relação às variáveis independentes sobre as variáveis respostas pôde-se concluir que o tratamento em que se obteve o maior nível de perda de água (PA), com 55,53%, ocorreu nas condições de menor concentração de açúcar (30%), maior temperatura (45 °C) e menor espessura (0,5cm). Apenas a espessura foi significativa a $p < 0,05$ para todos os parâmetros avaliados. As faixas de temperatura e espessuras estudadas foram significativas para minimizar a relação ganho de sólidos e perda de água (GS/PA).

Referências

- Teixeira CG. Cultura. Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL; 1992.
- Maranca, fruticultura comercial. Manga e abacate. São Paulo: Nobel; 1992.
- Tango JS, Turatti JM. Óleo de abacate. Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL; 1992.
- Palou E, López-Malo A, Argai A, Welti J. Osmotic dehydration of papaya. Effect of syrup concentration. Rev

Esp Cien Tecnol Alim 1993;33(6):621-30.

- Mannheim CH, Liu JX, Gilbert SG. Controlo f water in foods during storage. J Food Eng 1994(22):509-32.
- Welti J, Vergara F. Atividade de água: conceito y aplicación em alimentos com alto contenido de humedad. In: Aguilera JM. Temas em tecnologia de alimentos. Santiago: Instituto Politécnico Nacional; 1997. p.11-26.
- Labuza TP. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. Food Technol 1980;34(4):36-41.
- Lenart A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. Drying Technol 1996;14(2):391-413.
- Torreggiani D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Res Int 1993;26:59-68.
- Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Niranjana K, Knorr D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. Trends Food Sci Technol 2002;13:48-59.
- Souza TS. Desidratação osmótica de frutícolos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. Itaspeting, 2007. Dissertação. [Mestrado em Engenharia de Alimentos] - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; 2007.
- Costa RA, Souza CA, Souza MSS, Nunes TP, Chaves ACSD, Oliveira Júnior AM. Desidratação osmótica da jaca seguida de secagem convectiva. Anais do 28. Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2010. Foz do Iguaçu; 2010. p.4345-54.
- Instituto Adolfo Lutz - IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo: IMESP; 2008.
- Azuara E, Cortés R, Garcia HS, Beristain CI. Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with. Int J Food Sci Technol 1992;27:409-18.
- Crizel GR, Moura RS, Oliveira IR, Mendonça CRB. Características físicas e químicas de abacates das variedades Quintal e Hass. Anais do 27. Congresso de Iniciação Científica e 10. Encontro de Pós-Graduação. Pelotas 2008. Pelotas: UFPEL; 2008.
- Park KJ, Bin A, Brod FPR, Park HKBP. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). J Food Eng 2002;52:293-8.
- Khoyi MR, Hesari J. Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. J Food Eng 2007;78(4):1355-60.
- Karathanos VT, Kostropoulos AE, Saravacos GD. Air-drying of osmotically dehydrated fruits. Drying Technol 1995;13(5/7):1503-21.
- Rahman S, Lamb J. Air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated pineapple. J Food Proc Eng 1991;14(3):163-71.
- Borin I, Frascarelli EC, Mauro MA, Kimura M.; Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. Ciênc Tecnol Aliment 2008;28(1):39-50.
- Tonon RV. Influência de variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias de cloreto de sódio e sacarose. Campinas; 2005. Dissertação [Engenharia de Alimentos] - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas; 2005.
- Lazarides HN. Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. In: Fito P, Chiralt A, Barat JM, Spiess WEL, Behnsilian D. Osmotic dehydration & Vacuum impregnation. Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Company; 2001. p.33-42.
- Matussek A, Merész P. Modelling of sugar transfer during osmotic dehydration of carrots. Periodica polytechnica ser. Chem Eng 2002;46(1/2):83-92.
- Jaspers MEAP, Van Leeuwen FF, Nieuwenhuis HJW, Vianen GM. High performance liquid chromatographic separation of sucrose fatty acid esters. J Am Oil Chem Soc 1987;64:1020-5.

