

Desidratação osmótica de goiabas: influência das variáveis do processo na cinética de transferência de massa

Eliana Janet Sanjinez-Argandoña¹

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

Florência Cecília Menegalli e Mirian Dupas Hubinger

Faculdade de Engenharia de Alimentos
UNICAMP 13083-970 Campinas, SP

(Recebido: 02 de dezembro de 2003)

Resumo: Neste trabalho, estudou-se a desidratação de pedaços de goiaba da variedade vermelha Paluma pelo processo de osmose em soluções de açúcar. Perda de peso, perda de água e ganho de soluto no fruto foram determinados em função da temperatura (30, 40 e 50°C) e da concentração de soluto (soluções de sacarose a 50, 60, e 70%) para a escolha da melhor condição de processo osmótico. O tratamento, à concentração de 60% (p/p) de solução de sacarose e 40°C, foi escolhido como a melhor condição de processo. Os coeficientes da difusividade aparente, para a remoção de água e entrada do açúcar durante a desidratação osmótica, foram calculados baseados na lei de Fick, os valores encontraram-se na faixa 1,23 a 3,03 10⁻¹⁰ m²/s e 1,18 a 2,81 10⁻¹⁰ m²/s, respectivamente.

Palavras-chave: Desidratação osmótica, goiaba, transferência de massa

Abstract: The dehydration of guavashalves (Paluma red variety) using osmotic process in sugar solutions was studied. Weight loss, water loss and solute gain were obtained as a function of the temperature (30, 40 e 50°C) and solute concentrations (50, 60 e 70% sucrose solutions) in order to choice the best conditions of the osmotic process. The selected treatment was sucrose solution with concentration (60%) at 40°C as the best process condition. Values of the apparent diffusion coefficients for water removal and sugar uptake were calculated using Ficks law for the osmotic dehydration are within the interval of 1,23 at 3,03 10⁻¹⁰ m²/s and 1,18 to 2,81 10⁻¹⁰ m²/s, respectively.

Key words: Osmotic dehydration, guava, mass transfer

¹eargadona@unicentro.br

1 Introdução

O cultivo da goiaba é um dos mais importantes em países tropicais e subtropicais. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais da fruta, junto com outros países como o México, o Paquistão e a Índia. Devido ao seu agradável sabor, atraente cor e qualidade nutricional (quantidades significativas de vitamina C e licopeno), a goiaba enquadra-se no grupo dos produtos denominados exóticos, com alto potencial de exportação [1]. Porém, a alta perecibilidade juntamente com a falta de disponibilidade de armazenamento, durante os meses de pico de processamento industrial/safra, contribuem para perdas pós-colheita ao redor de 30% [12], sendo necessária a pesquisa contínua de técnicas de conservação. Processos de desidratação e de refrigeração têm sido comumente utilizados para prolongar a vida de prateleira dos alimentos, no entanto, estas técnicas levam a transformações irreversíveis de textura, cor e composição no alimento. Na atualidade, a procura dos consumidores por alimentos processados, com qualidades organolépticas mais próximas do alimento fresco, tem levado a se pesquisar novas técnicas ou a combinação destas com métodos convencionais, com o objetivo principal de minimizar a injúria térmica e sua consequência na qualidade final do produto. Entre as novas técnicas de conservação encontram-se alta pressão, pulsos elétricos e campos magnéticos [18, 24], outras porém, podem ser consideradas como derivações dos tradicionais como, por exemplo, a tecnologia de barreiras, os métodos combinados, a desidratação osmótica, a atmosfera modificada e controlada etc. A desidratação osmótica tem-se mostrado como um método eficiente para a retenção das propriedades sensoriais e nutricionais do alimento além da remoção parcial de água [7, 19, 26, 28]. No entanto, esta remoção não é suficiente para garantir a estabilidade do alimento, sendo necessário um processo posterior (secagem, liofilização, congelamento) para a conservação do produto.

O Processo de desidratação osmótica consiste, basicamente, na remoção de água do alimento por efeito da pressão osmótica, o que ocorre por imersão do produto em uma solução hipertônica de um soluto (agente desidratante) durante um tempo e temperatura específicos. Em consequência dos gradientes de concentração da água e do soluto, ocorrem dois principais fluxos em contracorrente através das paredes celulares do tecido vegetal: um fluxo de água difundindo-se desde o interior do produto até a solução - *sendo o fluxo responsável pelo aspecto de desidratação* - e um fluxo em direção oposta, de substância desidratante difundindo-se desde a solução até o produto. Além desses dois fluxos principais, ocorre, também, um terceiro fluxo, que consiste na saída de substâncias naturais de baixo peso molecular (sacarídeos, ácidos orgânicos, vitaminas, sais minerais, etc.) do produto para a solução [15, 17, 19, 27]. Embora este fluxo não tenha influência significativa na transferência de massa, ele pode ter influência essencial sobre as propriedades sensoriais e nutricionais do produto final. Devido a este terceiro fluxo, o processo passou também a ser denominado de “desidratação-impregnação por imersão” - DII [9, 17].

As transferências de massa envolvidas no processo osmótico são isotérmicas, sem mudança de fase e são acompanhadas pelo encolhimento do tecido celular, o resultado desta transferência é a diminuição do conteúdo de água com um aumento simultâneo de sólidos, assim como uma mudança da constituição química do produto desidratado [11, 27]. A transferência de massa se dá, principalmente, durante as duas primeiras horas; a partir daí, as taxas de transferência diminuem progressivamente, até que a perda de água cessa. Por outro lado, a incorporação de solutos continua a aumentar, conseqüentemente, o produto tende a voltar a ganhar peso, resultando em um produto rico em solutos [9, 15, 17].

O fenômeno de transferência de massa entre o produto e o meio desidratante é estritamente afetado pela natureza do produto (espécie, variedade, nível de maturação, forma e tamanho, pré-tratamento) e das variáveis do processo tais como: composição/concentração do meio osmótico, relação meio/produto, temperatura, contato, tempo de duração do processo [3, 8, 10, 22, 23]. Assim, os objetivos deste trabalho foram:

1. Estudar a influência da concentração da solução desidratante e da temperatura de processamento sobre a cinética de desidratação osmótica de pedaços de goiaba.
2. Determinar a difusividade aparente das cinéticas de perda de água e ganho de açúcares baseados na lei de Fick.

2 Material e métodos

2.1 Material

Goiabas (*psidium guajava L.*) da variedade vermelha *Paluma* foram fornecidas pela Indústria Alimentícia Fujita Ltda. (Monte Alto/SP). As frutas foram selecionadas de acordo com o tamanho, aparência, formato e grau de maturação identificado pela intensidade da cor e sólidos solúveis totais. O agente osmótico utilizado foi sacarose. As soluções de sacarose foram preparadas com água destilada e sacarose comercial marca “União” em três concentrações (50, 60 e 70% p/p) com sólidos solúveis totais de 50, 60 e 70°Brix, respectivamente.

2.2 Descascamento e corte

As goiabas foram descascadas por tratamento químico, sendo imersas por 50 s em solução pré-aquecida (65°C) de hidróxido de sódio (NaOH) a 2%, descascadas por fricção e lavadas em água corrente. As goiabas descascadas foram cortadas em metades e removidas a parte interna.

2.3 Processo osmótico

As goiabas cortadas, limpas e pesadas foram colocadas em frascos de 600 mL com solução de sacarose previamente aquecida à temperatura de trabalho.

A relação de proporção entre a fruta e a solução foi de 1:10. Os frascos foram colocados em um banho termostático (Modelo TE420 marca TECNAL), com agitação de 120 rpm para garantir a completa homogeneidade e o contato da amostra com a solução de sacarose. Os experimentos foram realizados a três temperaturas (30, 40 e 50°C) e a três concentrações de solução de sacarose (50, 60 e 70% p/p), seguindo um planejamento estatístico fatorial completo (tabela 1). Após o processo, as goiabas foram drenadas, enxaguadas com água destilada para retirar o excesso de xarope e colocadas sobre papel absorvente para a remoção da solução em excesso. Posteriormente, foram pesadas e se retiraram alíquotas para a determinação da atividade de água, sólidos totais e açúcares totais.

Experimento Nº	Concentração da Solução de sacarose		Temperatura	
	Codificado	Real	Codificado	Real
1	-1	50	-1	30
2	0	60	-1	30
3	+1	70	-1	30
4	-1	50	0	40
5	0	60	0	40
6	+1	70	0	40
7	-1	50	+1	50
8	0	60	+1	50
9	+1	70	+1	50

Tabela 1 - Planejamento fatorial completo 3² para ensaios de desidratação osmótica de goiabas.

A tomada de amostras durante o tratamento osmótico foi realizada em intervalos de 15 min até a primeira hora, seguido de intervalos de 30 min até duas horas e posteriormente em intervalos maiores até a sétima hora.

2.4 Parâmetros de transferência de massa

A perda ou redução de massa (PM), perda de água (PA) e ganho de solutos (GS) a diferentes tempos de desidratação foram calculados em termos percentuais pelas equações 1, 2 e 3, com base nos parâmetros iniciais do material.

$$PM (\%) = 100x \left(\frac{m_i - m_t}{m_i} \right) \quad (1)$$

$$PA (\%) = 100x \left(\frac{m_i \cdot X_{bu} - m_t \cdot X_{but}}{m_i \cdot X_{bu_i}} \right) \quad (2)$$

$$GS (\%) = 100x \frac{ART_t - ART_i}{ART_i} \quad (3)$$

Onde m_i e m_t são a massa da goiaba no início e após o tempo t , X_{bu} e $X_{bu t}$ o teor de umidade inicial e a um tempo t do produto em base úmida, ART_i e ART_t o teor de açúcares redutores totais no produto inicial e a um tempo t .

As umidades de equilíbrio foram obtidas por extrapolação dos pontos experimentais em função do tempo, utilizando-se o software Origin versão 3.5.

Os coeficientes de difusividade aparente da água e do açúcar foram calculados por ajuste da solução analítica desenvolvida por Crank (1975) baseada na lei de Fick, considerando a geometria de placa plana infinita, transferência de massa unidirecional, regime não estacionário, sólido com concentrações de superfície constante e resistência externa desprezível, segundo a equação 4.

$$\frac{Mt - Me}{Mo - Me} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp \left[-D_a (2n+1)^2 \frac{\pi^2 t}{4L^2} \right] \quad (4)$$

M_o , M_t e M_e representam o teor de umidade do produto inicial, no tempo t e no equilíbrio, respectivamente. D_a a difusividade aparente (m^2/s), L a espessura do produto (m) e t o tempo (s).

Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com 95% de nível de confiança no software Statistica versão 5.0.

2.5 Análises físicas e químicas

Determinações de atividade de água por medida direta das amostras no instrumento Aqualab modelo CX2 Decagon Inc. (USA), foram realizadas em todas as amostras. O teor de umidade foi obtido pelo processo gravimétrico [2]. A sacarose e os açúcares redutores por cromatografia líquida de alta pressão Sistema HPLC (High pressure liquid chromatography), com pré-coluna e coluna Shodex Sugar KS 810 (8 x 300 mm). Os sólidos solúveis totais foram obtidos por leitura direta em refratômetro de bancada marca Zeiss West Germany.

A caracterização da matéria-prima foi realizada seguindo os métodos analíticos para frutas da AOAC (1996).

3 Resultados e discussão

3.1 Caracterização físico-química da goiaba (*Pisidium guajava L.*) cultivar *Paluma*

A padronização da matéria-prima foi realizada através da determinação das características físicas e composição química da goiaba utilizada. O conteúdo físico-químico da matéria-prima é mostrado na tabela 2.

Características	Especificação	Características	Valor Médio(%)
Peso médio (g)	161,79	Umidade em base úmida	88,36
Diâmetro médio (mm)	34,1	Umidade em base seca	7,59
Comprimento (mm)	44,5	Cinzas	0,38
Espessura (mm)	6 a 8	Proteínas	0,60
Brix médio	11	Gordura	0,25
pH médio	3,9 a 4,0	Açúcares Totais	4,19
		Fibras	5,62
		Acidez	0,62
		Pectina	1,72

Tabela 2 - Características físicas e químicas da goiaba (*Psidium guajava L.*) cultivar *Paluma*

A análise comparativa com relação a dados encontrados na literatura mostrou haver pouca diferença. Assim, os valores de pH encontram-se suficientemente próximos daqueles encontrados por Tavares (1993) para o mesmo cultivar (3,76 e 3,90). O teor de vitamina C encontrado ($\approx 98\text{mg}/100\text{g}$) está dentro daqueles citados por Carvalho et al. (1999), que variam de 40 a 574 mg/100g dependendo do cultivar e do estágio de maturação. O teor de sólidos solúveis totais de diferentes cultivares é variável, entre 5,72 e 17,76% e, conseqüentemente, o valor encontrado durante este estudo está dentro do esperado. O teor de umidade, atividade de água, teor de cinzas e sólidos totais, estão suficientemente próximos daqueles encontrados por Sanjinez-Argandoña (1999) para o mesmo cultivar, uma vez que a pouca diferença observada pode ser atribuída a diferentes graus de maturação ou diferente procedência dos frutos utilizados.

3.2 Efeito da concentração da solução de sacarose e da temperatura

A figura 1 mostra as curvas típicas da cinética de perda de água de goiabas em metades, submetidas à desidratação osmótica até sete horas de processo a diferentes temperaturas. Observa-se que a perda de água tende a aumentar com o tempo, em todas as condições estudadas. No entanto, nas três primeiras horas (180 min) de processamento a perda foi percentualmente maior (20 - 40%) do que após sete horas (35 - 65%). Esta rápida perda de água, no início do processo, é consequência da grande força motriz existente entre a solução interna do produto e a solução hipertônica [8, 22].

A influência da concentração e da temperatura sobre a perda de água é verificada nas cinéticas (figura 1) e nos efeitos estimados da figura 2. A perda de água e o ganho de solutos são estritamente afetados pela concentração da solução e pela temperatura. Em geral, quanto maior a concentração e a temperatura, maior foi a remoção da água e o ganho de solutos na fruta.

Lenart & Flink (1984), na desidratação de batatas, observaram que o ganho de sólidos e a perda de água aumentavam com o aumento da concentração da solução desidratante independente da temperatura. Saurel et al. (1994) na desidratação de pedaços de maçã, Nsonzi & Ramaswamy (1998) em morangos e Baroni & Hubinger (1999) na desidratação de cebolas, apresentaram mesma tendência. Entretanto, a 40°C, observou-se similar percentagem de perda de água nas concentrações de 60 e 70°Brix até a quinta hora de desidratação. Este comportamento pode ser atribuído à formação de uma camada de xarope ao redor da fruta pela solução a 70°Brix, o que dificultou a difusividade da água e conseqüentemente reduziu a perda de água a essa concentração. Porém, a 50°C, a perda de água resultou maior quanto maior foi a concentração do meio (figura 2).

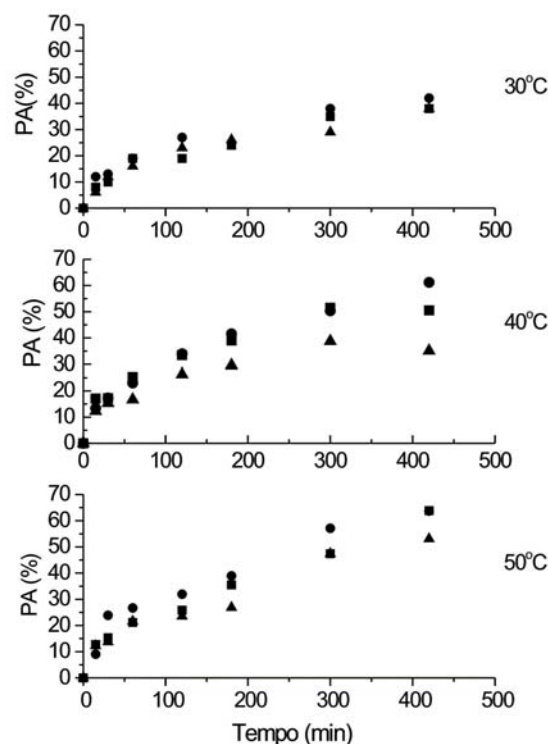


Figura 1. Comportamento cinético da Perda de Água (PA) de goiabas osmoticamente desidratadas a 30, 40 e 50°C e três concentrações de solução de sacarose: 50 (▲), 60(■) e 70°Brix (●).

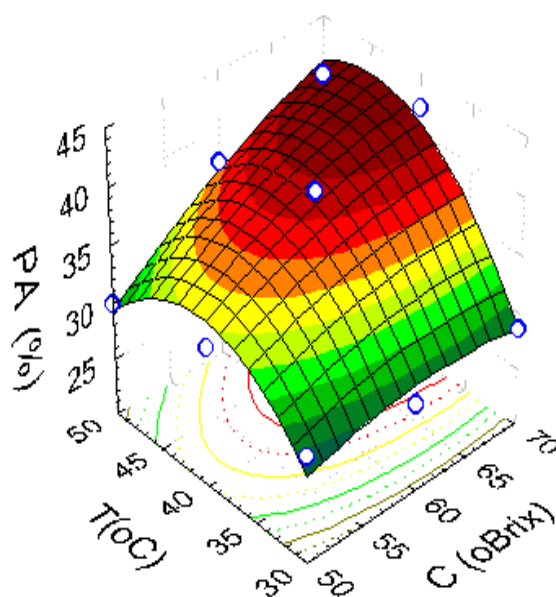


Figura 2 - Influência da concentração e da temperatura na Perda de Água (PA) em goiabas osmoticamente desidratadas.

Rahman et al (1996), na desidratação osmótica de pedaços de abacaxi, observaram que a temperatura tem maior efeito na perda de água a concentrações mais elevadas de xarope, devido ao dano celular do tecido e à diminuição da viscosidade da solução pelo aumento da temperatura. Sereno et al. (2001) obtiveram resultados semelhantes na desidratação de maçãs atribuindo às mudanças estruturais da fruta pela elevação da temperatura.

A figura 2 mostra a influência da concentração da solução de sacarose e da temperatura com relação à perda de água do produto, a área de inflexão entre 36 a 48°C e concentrações acima de 60% de solução de sacarose, denotam maior perda de água, ratificando o resultado das cinéticas apresentadas na figura 1. Temperaturas acima de 48°C parecem facilitar o ingresso da solução desidratante, diminuindo a perda de água, e temperaturas menores que 38°C não apresentam influência significativa ($p > 0,05$) com relação à transferência de massa da água e do açúcar (tabela 3). O aumento da concentração, acompanhado de um acréscimo da temperatura, favoreceu a perda de água devido à provável destruição da parede celular, no entanto, comprometeram a textura do produto. A partir destas observações, foi possível escolher a temperatura de 40°C como temperatura ideal de trabalho para a desidratação osmótica de goiabas sob as condições pré-estabelecidas de agitação e relação fruta:solução.

Solução de sacarose (%)	Temperatura (° C)	D_{ap} Água (m ² /s x 10 ¹⁰)	r ²	D_{ap} Açúcar (m ² /s x 10 ¹⁰)	r ²
50	30	2,02	0,93	2,71	0,98
50	40	2,83	0,97	2,78	0,94
50	50	3,02	0,98	2,73	0,92
60	30	1,53	0,94	1,72	0,96
60	40	3,03	0,92	1,82	0,94
60	50	1,95	0,97	2,61	0,94
70	30	1,239	0,96	1,18	0,92
70	40	2,73	0,95	1,21	0,92
70	50	2,27	0,97	1,78	0,92

Tabela 3 - Coeficientes de difusidade aparente para a água e a sacarose na desidratação osmótica de goiabas.

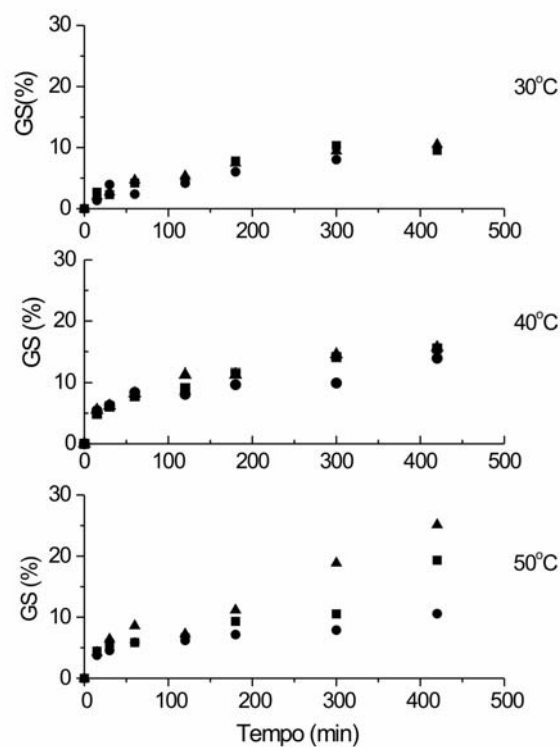


Figura 3 - Comportamento cinético do Ganho de Sacarose (GS) durante a desidratação osmótica de goiabas a 30, 40 e 50°C e três concentrações de solução de sacarose: 50 (▲), 60(■) e 70°Brix (●).

A figura 3 mostra a influência da concentração da solução desidratante no ingresso de sacarose na fruta. Concentrações mais elevadas de solução, a baixas temperaturas, implicaram em menor ingresso de sacarose no alimento, pois o aumento da concentração parece favorecer a formação de uma densa camada superficial bloqueando o ingresso do soluto ao inteiro da fruta e a saída dos solutos naturais da mesma [8, 14, 17].

O ganho de sacarose depende, principalmente, das propriedades do tecido vegetal e das mudanças que este sofre devido aos pré-tratamentos, manuseio ou estocagem, os quais comprometem a estrutura celular do mesmo, podendo acarretar perda da seletividade das membranas celulares seja por rompimento ou encolhimento. Este comprometimento da estrutura celular pode favorecer a um maior ingresso de soluto desidratante e uma maior perda de solutos naturais da própria fruta.

O ganho de sacarose foi crescente com o tempo de desidratação. A 50°C, até a terceira hora de desidratação, o ganho de sacarose para as concentrações mais elevadas (60 e 70°Brix) foi menor (9%) do que nas outras, condições de trabalho, aumentando progressivamente com o tempo de processamento. Nas outras condições percebe-se o ingresso do açúcar ao redor de 15%. É provável que até a terceira hora, a pressão osmótica do açúcar nessas concentrações, facilita a difusão de água contida na fruta para o exterior, mas com o aumento do tempo e a alta temperatura, parece haver um rompimento das membranas celulares da fruta e conseqüentemente a perda de seletividade das mesmas ocasionando um maior ingresso de sacarose para o interior da fruta [17]. Este fato, foi também, constatado pelo amolecimento da fruta e o alto teor de sacarose após desidratação.

A perda de massa, nada mais sendo que a diferença entre a perda de água e o ganho de sólidos, neste caso os açúcares, é um parâmetro importante na escolha da condição de processo mais adequada para a obtenção de um produto específico. A maior perda de água conduziria a um produto com alta incorporação de sólidos; por outro lado, a menor incorporação de sólidos pode conduzir a um produto com baixa perda de água. Neste trabalho, procurou-se encontrar a situação que permitisse a maior perda de massa, acompanhada da menor incorporação de sólidos. Assim, a análise da Figura 4 mostra a perda de massa em função das variáveis estudadas (concentração da solução e temperatura de processo). A área de melhor condição encontra-se entre 60 a 70°Brix e 40 a 48°C. A partir da determinação dos pontos de inflexão do gráfico e pelas derivações da equação de ajuste fornecida pela superfície de resposta, a melhor condição de processo poderia ser obtida. No entanto, transformações físicas do produto ao longo do processo evidenciaram o comprometimento da textura da fruta com o aumento da temperatura (acima de 40°C) e processamento superior a cinco horas, apresentando um produto menos rígido e com encolhimento visível. Assim, escolheu-se como melhor condição para o processo osmótico de goiabas, a concentração de 60°Brix a 40°C e 3 horas de tratamento. Nestas condições, observou-se uma perda de água ao redor de 30% com umidade final da fruta ao redor de 70% e teor de sacarose ao redor de 11%.

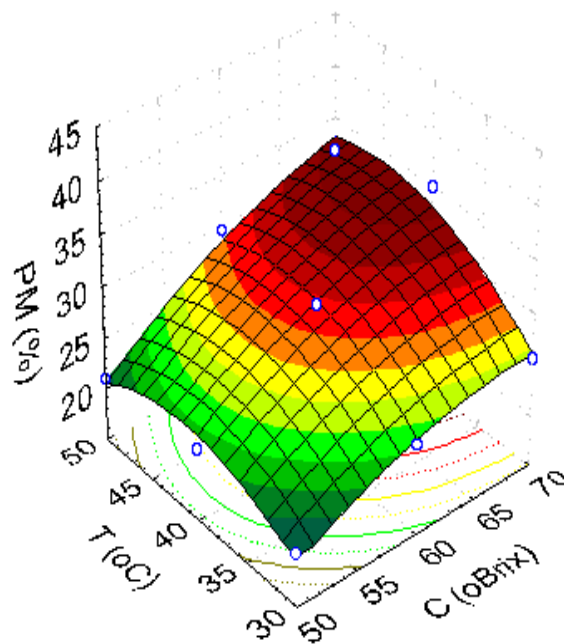


Figura 4 - Influência da concentração e da temperatura na Perda de Massa (PM) em goiabas osmoticamente desidratadas.

3.3 Coeficientes de difusividade aparente da água e do açúcar

As difusividades aparentes calculadas encontram-se entre $1,78$ a $2,78 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para o açúcar e $1,23$ a $3,03 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ para a água, sendo da mesma ordem de grandeza que os valores relatados na literatura para frutas [13, 14]. Na tabela 3, observa-se que a difusividade tende a aumentar com o aumento da temperatura exceto a 40°C onde a difusividade da água para 60°Brix , foi mais alta do que a 50°C . O provável comprometimento da estrutura celular da fruta a 50°C , ocasionando perda da seletividade das membranas celulares, parece ser responsável pela maior difusividade do açúcar no interior da fruta a essa temperatura. No entanto, amostras desidratadas a 70°Brix de solução e 50°C apresentaram menor difusividade do açúcar que da água, este comportamento também foi observado por Nsonzi & Ramaswamy (1998) na desidratação de morangos, sendo atribuído à formação de uma camada de solução de açúcar ao redor da fruta, exercendo maior pressão osmótica. No geral, soluções mais concentradas parecem favorecer a desidratação e concentrações mais baixas à impregnação de solutos.

4 Conclusões

A concentração da solução desidratante foi a variável que mais influenciou nas taxas de remoção de água e ingresso de sacarose, enquanto que a temperatura teve um efeito moderado. As difusividades aparentes forneceram resultados da ordem de 1,95 a 3,02 x 10⁻¹⁰ m²/s para a água. A solução de sacarose a 60°Brix, 40°C e 3 horas de tratamento foram as condições de processo osmótico que forneceram maior perda de água com menor incorporação de sólidos, e apresentaram uma redução de peso de aproximadamente 40%, com umidade final de 70% (base úmida) e 14% de teor de açúcares em goiabas vermelhas do cultivar *Paluma*.

Referências

- [1]AGUILERA, J.M. & PARADA E. Cytod - Dahi: An Ibero-American Project On Moisture Foods And Combined Methods Technology. *Food Research International*, v.25, 159-165, 1992.
- [2]ASSOCIATION OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC), *Fruits And Fruit Products Association Of Official Analytical Chemists*, 17 Cap. 37 Th Ed., Arlington, Virginia, U.S.A. 1298p.1996.
- [3]AZUARA, E.; BERISTAIN, C.I.; GARCIA, H.S. Development of a Mathematical Model to Predict Kinetics of Osmotic Dehydration. *Journal of Food Science and Technology*, v.29, n.4, p.239-242, 1992.
- [4]BARONI, A.F., HUBINGER, M.D. Kinetics of the dehydration of onion by immersion. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2,p.81-86, 1999.
- [5]CARVALHO, H.A. *Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba 'Kumagai'*, 115p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) Faculdade de Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1999.
- [6]CRANK J. *The Mathematics Of Diffusion*. 2a Edl Claredon Press-Oxford, 1975.
- [7]GIRALDO, G.; TALENS, P., FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, n.58, 33-43, 2003.
- [8]LAZARIDES H.N.; GEKAS V. & MAVROUDIS N. Apparent Mass Diffusivities In Fruit And Vegetable Tissues Undergoing Osmotic Processing. *Journal of Food Engineering*, n.31, p.315-324. 1997.
- [9]LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. *Drying Technology*, v. 14, n. 2, p.391-413, 1996.
- [10]MAURO, A.M.; TAVARES, D.Q.; MENEGALLI, F.C. Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *Journal of Food Engineering*, n.56, p.1-15, 2003.

- [11] MAVROUDIS, N. E.; GEKAS, V.; SJÖHOLM, I. Osmotic Dehydration Of Apples- Effects Of Agitation And Raw Material Characteristics. *Journal of Food Engineering*, v.35, p.191-209, 1998.
- [12] MURAKAWA F.E. São Paulo joga no lixo 30 mil t de goiaba. Folha de São Paulo, 20 de janeiro. *Caderno Agrofolha*, p.5-6. 1998.
- [13] NSONZI, F. & RAMASWAMY, H.S. Quality Evaluation Of Osmo-Convective Dried Blueberries. *Drying Technology*, v.16, p.705-723, 1998.
- [14] PALOU E., LÓPEZ-MALO A., ARGAIZ A. & WELTI J. Osmotic Dehydration Of Papaya. Effect of Syrup Concentration. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 33(6), p.621-630,1993.
- [15] PONTING J.D. WATTERS G.G., FORREY R.R., JACKSON R. & STANLEY W.L. Osmotic Dehydration of Fruits. *Food Technology*, 10(1365), p.125-128, 1966.
- [16] RAHMAN, P.M.S; BUCKLE, K.A.; PERERA, C.O. Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar. *Lebensm. Wiss. U. Technol.*, 29, p. 452-459, 1996.
- [17] RAOULT-WACK A.L. Recent Advances In The Osmotic Dehydration Of Foods. *Trends In Food Science & Technology*, 5, p.255-260. 1994.
- [18] RASTOGI, N.K., RAGHAVARRO, K.S.M.S., NIRAJNAN, K. AND KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*, 13, p.48-59, 2002.
- [19] SACHETTI, G. GIANOTTI, A., DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*, v.49, p.163-173, 2001.
- [20] SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J. *Desidratação de goiaba por imersão e secagem* Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos, 102 p., Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- [21] SAUREL R. & RAOULT-WACK A.L. Mass Transfer Phenomena During Osmotic dehydration of Apple I. Fresh Plant Tissue. *International Journal of Food Science And Technology*, 29, p.531-542 1994.
- [22] SERENO, A. M., MOREIRA, R. MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, 47, p.43-49, 2001.
- [23] SILVEIRA, E.T.F.; RAHMAN, M.S.; BUCKLE, K.A. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. *Food Research International*, v.29, n.3-4, p.227-233, 1996.
- [24] SPIESS, W.E.L. AND BELHSNILIAN, D. Osmotic Treatments In Food Processing Current State And Future Needs. *Drying 98 - Proceedings Of The 11th International Drying Symposium (Ids98)*, v.A, p.47-56, 1998.

- [25] TAVARES, J.C. *Efeitos da refrigeração, cera, fungicida e calico na conservação pós-colheita da goiaba "Paluma" (Psidium guajava L.)*. Tese de doutorado em Agronomia, 93p, Jaboticabal: UNESP, 1993.
- [26] TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structure effects. *Journal of Food Engineering*, v.49, p.247-253, 2001.
- [27] TORREGGIANI D. Osmotic Dehydration In Fruit And Vegetable Processing *Food.Research International*, 26, p.59-68 1993.
- [28] VALENCIA RODRÍGUEZ, T. ROJAS, A.M., CAMPOS, C.A.; GERSCHENSON, L.N. Effect of osmotic dehydration on the quality of air-dried Porphyra. *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 36, p.415-422, 2003.