

Estudo da desidratação osmótica de peras por meio de modelos empíricos

Gabriel França Wanderley (IFPB, Campus João Pessoa), Gabriel de Souza Vasconcelos (IFPB, campus João Pessoa), Francisco Haikal Frota Simon (IFPB, campus João Pessoa), Paloma Gomes Lourenço Valentin (IFPB, campus João Pessoa), Juarez Everton de Farias Aires (IFPB, campus João Pessoa), Kalina Lúgia Cavalcante de Almeida Farias Aires (IFPB, campus João Pessoa)

E-mails: gabriel.wanderley@academico.ifpb.edu.br, vasconcelos.gabriel@academico.ifpb.edu.br, francisco.simon@academico.ifpb.edu.br, lourenco.paloma@academico.ifpb.edu.br, juarez.aires@ifpb.edu.br, kalina.aires@ifpb.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.01.04.01-1

Palavras-chave: frutas; page, lewis; peleg; silva et alii

1. Introdução

As frutas, em particular, as peras, são fontes consideráveis de nutrientes, sendo fortemente recomendadas nas dietas humanas, devido aos importantes benefícios à saúde. Neste sentido, pesquisas acerca do aprimoramento de técnicas que lhes confirmam maior tempo de prateleira, assim como de novas alternativas de conservação, são abundantes na literatura. Neste contexto, a desidratação osmótica apresenta-se como uma alternativa barata de remoção parcial de água, sobretudo por não demandar mudança de fase da água durante o processo, além de proporcionar, se bem conduzida, uma maior retenção de vitaminas e minerais, cor e sabor da fruta *in natura* (Yadav e Singh, 2012). Dessa forma, a descrição das cinéticas de quantidade de água e ganho de solutos, nesse processo, justifica-se buscando seu aprimoramento. A literatura apresenta diversos trabalhos em que a desidratação osmótica é descrita por meio de modelos empíricos. Nesse sentido, o objetivo principal deste trabalho reside na utilização de modelos empíricos na descrição das cinéticas próprias de desidratação osmótica de amostras de peras como forma eficiente de predição do processo.

2. Materiais e métodos

A matéria-prima utilizada foi a pera (*Pyrus Communis L*) da variedade D'Anjou, adquirida em um supermercado da cidade de João Pessoa-PB, Brasil. As frutas foram sanitizadas, cortadas e submetidas à desidratação osmótica em estufa a 40°C em soluções de sacarose a 40°Brix e 60°Brix. Para tanto foram cortadas na forma de paralelepípedos com dimensões médias de 20, 10 e 10 mm. Neste processo, foram fixados os seguintes de imersão, a saber: $t_0 = 0$ (*in natura*), $t_1 = 15$, $t_2 = 30$, $t_3 = 60$, $t_4 = 90$, $t_5 = 120$, $t_6 = 150$, $t_7 = 180$, $t_8 = 240$, $t_9 = 360$, $t_{10} = 480$, $t_{11} = 600$ e $t_{12} = 1440$ minutos. As amostras foram pesadas a fim de se obter suas massas iniciais, e inseridas em um dessecador com o intuito de evitar a perda de água para o ambiente. Posteriormente foram colocadas em béqueres contendo a solução de sacarose. Para cada tempo de imersão, fixou-se uma amostra em triplicata consistente em três béqueres, cada um contendo três paralelepípedos de pera. Para cada tempo de imersão, a amostra específica foi retirada, teve sua massa determinada e foi acondicionada em um dessecador. Ao final do processo, todas as amostras foram retiradas do dessecador e colocadas numa estufa a 100°C, por 24 horas, para determinação de suas massas secas. Registre-se que a única amostra que permaneceu na solução foi a correspondente ao tempo de 1440 minutos. Essa amostra, A_{12} , teve sua massa estimada, em determinado tempo de imersão, a partir da massa da amostra correspondente a esse tempo, A_i , pela Equação 1:

$$M(A_{12})_t = \frac{M(A_i)_t \cdot M(A_{12})_0}{M(A_i)_0} \quad (1)$$

Em que $M(A_{12})_t$ é a massa da amostra A_{12} no tempo t , $M(A_i)_t$ é a massa da amostra A_i , no tempo t , $M(A_{12})_0$ é a massa da amostra A_{12} no tempo zero (*in natura*) e $M(A_i)_0$ é a massa da amostra A_i no tempo zero (*in natura*). De forma análoga, a massa seca da amostra A_{12} foi determinada a partir da massa seca da amostra, A_i , pela Equação 2:

$$MS(A_{12})_t = \frac{MS(A_i)_t \cdot M(A_{12})_0}{M(A_i)_0} \quad (2)$$

Em que $MS(A_{12})_t$ é a massa da amostra A_{12} no tempo t , $MS(A_i)_t$ é a massa da amostra A_i , no tempo t , $M(A_{12})_0$ é a massa da amostra A_{12} no tempo zero (*in natura*) e $M(A_i)_0$, é a massa da amostra A_i no tempo zero (*in natura*). A quantidade de água, QA , em cada tempo, foi determinada pela diferença entre a massa e a massa seca da amostra A_{12} estimada nesse instante. O ganho de sacarose, GS , em cada tempo, foi encontrado pela diferença entre a massa seca estimada da amostra A_{12} , nesse instante, e sua massa seca inicial estimada. Por fim, a quantidade de água e o ganho de sacarose foram expressos em termos percentuais de seus valores iniciais.

Os modelos empíricos utilizados neste trabalhos são modelos largamente utilizados para a descrição da desidratação osmótica na literatura e estão discriminados na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelos empíricos utilizados para o ajuste dos dados experimentais.

Designação	Equação (QA)	Equação (GS)	Referência
Lewis	$QA(t) = QA_{eq} + (QA_0 - QA_{eq}) \exp(-at)$	$GS(t) = GS_{eq} (1 - \exp(-at))$	Mundada et al. (2011)
Page	$QA(t) = QA_{eq} + (QA_0 - QA_{eq}) \exp(-at^b)$	$GS(t) = GS_{eq} (1 - \exp(-at^b))$	Santos et al. (2011)
Peleg	$QA(t) = QA_0 - \frac{t}{a + bt}$	$GS(t) = \frac{t}{a + bt}$	Koprivica et al. (2013)
Silva et al.	$QA(t) = QA_{eq} + (QA_0 - QA_{eq}) \exp(-at - b\sqrt{t})$	$GS(t) = GS_{eq} (1 - \exp(-at - b\sqrt{t}))$	Castro et al. (2014)

Os resultados experimentais foram ajustados usando o programa LAB Fit Curve Fitting software (www.labfit.net) e a medida da acurácia foi feita pelo qui-quadrado, χ^2 , e o coeficiente de determinação, amplamente utilizados na literatura para verificação da acurácia de ajuste. Detalhes podem ser encontrados em Taylor (2012).

3. Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nos ajustes dos modelos empíricos descritos na Tabela 1 aos dados experimentais de quantidade de água (QA).

Tabela 2 – Resultados dos ajustes dos modelos empíricos aos dados experimentais de quantidade de água, QA.

Condição Experimental	Designação	a	b	χ^2	R ²
40°Brix40°C	Lewis	0,385 x 10 ⁻²	-	12,0	0,9884
	Page	0,135 x 10 ⁻¹	0,765 x 10 ⁰	11,0	0,9938
	Peleg	0,183 x 10 ⁻¹	0,3970 x 10 ¹	11,0	0,9906
	Silva et al.	0,209 x 10 ⁻²	0,245 x 10 ⁻¹	11,0	0,9968
60°Brix40°C	Lewis	0,372 x 10 ⁻²	-	12,0	0,9882
	Page	0,155 x 10 ⁻¹	0,735 x 10 ⁰	11,0	0,9949
	Peleg	0,257 x 10 ¹	0,117 x 10 ⁻¹	11,0	0,9924
	Silva et al.	0,181 x 10 ⁻²	0,274 x 10 ⁻¹	11,0	0,9941

A Tabela 3 traz os resultados referentes ao ganho de sacarose (GS).

Tabela 3 – Resultados dos ajustes dos modelos empíricos aos dados experimentais de ganho de sacarose, GS.

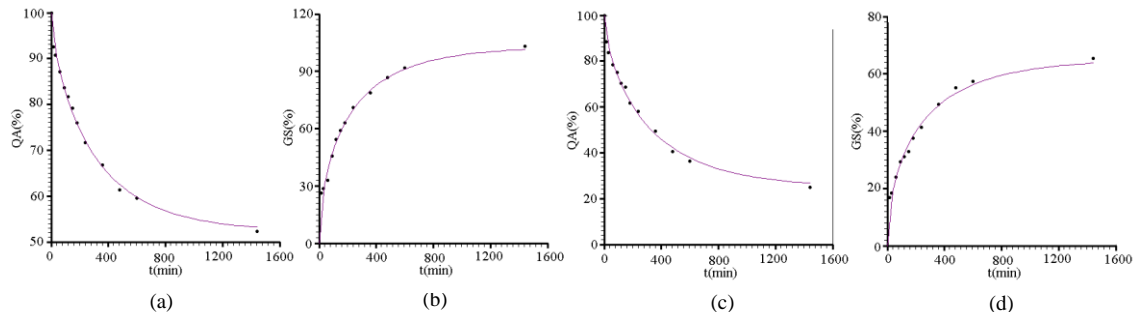
Condição Experimental	Designação	a	b	χ^2	R ²
40°Brix40°C	Lewis	0,550 x 10 ⁻²	-	12,0	0,9694
	Page	0,352 x 10 ⁻¹	0,636 x 10 ⁰	11,0	0,9888
	Peleg	0,925 x 10 ⁻²	0,109 x 10 ¹	11,0	0,9906
	Silva et al.	0,158 x 10 ⁻²	0,489 x 10 ⁻¹	11,0	0,9916
60°Brix40°C	Lewis	0,498 x 10 ⁻²	-	12,0	0,9603
	Page	0,037 x 10 ⁻¹	0,611 x 10 ⁰	11,0	0,9847
	Peleg	0,146 x 10 ⁻¹	0,187 x 10 ¹	11,0	0,9660
	Silva et al.	0,126 x 10 ⁻²	0,490 x 10 ⁻¹	11,0	0,9897

Observando-se as tabelas 2 e 3 percebe-se que o indicador do qui-quadrado foi similar, com exceção ao modelo Lewis. Embora se tenha bons resultados para o coeficiente de determinação nos quatro modelos, o modelo Silva et al., apresenta um indicador ligeiramente melhor, com exceção da quantidade de água no experimento a 60°Brix40°C, com uma diferença na quarta casa decimal. Castro et al. (2014) também obtiveram melhores ajustes usando o modelo Silva et al. e Peleg em relação a desidratação osmótica de placas de goiaba. Nesse sentido, considerou-se, neste trabalho, o modelo Silva et al. na descrição das cinéticas de desidratação osmótica. A Figura 1, a e b, apresenta as cinéticas relativas à quantidade de água e ganho de sacarose para o experimento a 40°Brix40°C. Na mesma Figura, em c e d, tem-se as cinéticas de quantidade de água e ganho de sacarose para o experimento a 60°Brix40°C. Percebe-se que uma maior concentração de sacarose foi significativa para a perda de água, tendo em vista que após 1440 minutos (24 horas), o nível de quantidade de água nas amostras submetidas à desidratação osmótica a 40°Brix40°C foi de 52,3 %, enquanto que para as amostras submetidas ao mesmo processo a 60°Brix40°C ficou em 25,8%. Esse resultado é condizente com a literatura. Com efeito, Aires et al. (2016) verificaram que uma maior concentração de sacarose acarretou uma maior perda de água em amostras de maçãs submetidas a desidratação osmótica, inclusive com condições de processo análogas, ou seja, 40°Brix40°C e 60°Brix40°C. Brochier, Inácio e Noreña (2019), também atestaram uma maior perda de água associada a uma maior concentração do meio osmótico, devido a maior pressão osmótica atrelada à maior concentração.

No que se refere ao ganho de sacarose, percebe-se que as amostras de pera submetidas à desidratação osmótica a

40°Brix40°C obtiveram uma captação de sólidos mais significativa do que as amostras submetidas ao mesmo processo a 60°Brix40°C.

Figura 1 – Dados experimentais e ajustes ao modelo Silva et al. para : (a) Quantidade de água (QA) para 40°Brix40°C, (b) Ganho de sacarose (GS) a 40°Brix40°C, (c) Quantidade de água (QA) a 60°Brix40°C e (d) Ganho de Sacarose (GS) a 60°Brix40°C.



Fonte: Elaboração própria.

De fato, para as condições de 40°Brix40°C e 60°Brix40°C, houve um ganho de sacarose de 103,07%, e de 65,4%, em relação à massa seca original, respectivamente. A preponderância dos trabalhos encontrados na literatura, no entanto, atesta que uma maior concentração da solução desidratante provoca um maior ganho de solutos. Nesse sentido, Aires et al. (2016) verificaram que uma maior concentração da solução favoreceu a captação de sólidos por amostras de maçã submetidas à desidratação osmótica, inclusive em condições operacionais idênticas às utilizadas neste trabalho. Contudo, Ferrari, et al. (2005), verificaram que em experimentos de desidratação osmótica de melão, a maior captação de sólidos ocorreu nos experimentos com menor concentração. Os mesmos autores citam outros trabalhos com comportamento similar. Nos termos desses pesquisadores uma maior concentração pode criar uma barreira para a incorporação de sólidos em comparação com uma menor concentração sobretudo em temperaturas relativamente baixas.

Considerações finais

Os modelos utilizados para a modelagem matemática das amostras de pera, foram satisfatórios e descreveram bem as cinéticas próprias da desidratação osmótica, permitindo a predição da quantidade de água e de ganho de sacarose com boa acuidade. A maior captação de sólidos para uma menor concentração da solução encontra respaldo na literatura, embora não seja o resultado mais comum.

Referências

- YADAV, A.K.; Singh, S.V. **Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review**. Journal of Food Science and Technology, DOI 10.1007/s13197-012-0659-2, 2012
- MUNDADA, M.; Hathan, B.S.; Maske, S. **Mass Transfer Kinetics during Osmotic Dehydration of Pomegranate Arils**. Journal of Food Science, Vol. 76, Nr. 1, 2011.
- SANTOS, E., S.; Corrêa, P. C.; Baptestini, F. M.; Botelho, F. M.; Magalhães, F. E.A. **Mathematical modeling of dehydration of 'Fuji' and 'Gala' apples slices using infrared**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 31(3): 776-781, 2011.
- CASTRO, D.S.; Nunes, J.S.; Silva Jr., A.F.S.; Aires, J.E.F., Silva, W.P.; Gomes, J.P. **influência da temperatura no processo de desidratação osmótica de pedaços de goiaba**. Geintec, v. 4, n.5, p.1413 -1413, 2014.
- Aires, J.E.F.; Da Silva, W.P.; Aires, K.L.C.A.F.; Da Silva Júnior, A.F.; Da Silva, C.M.D.P.S. **Description of osmotic dehydration of apple using two-dimensional diffusion models considering shrinkage and variations in process parameters**. Drying technology, v. 35, p. 815-826, 2016.
- BROCHIER, B.; Inácio, J. M., Zapata, C. P.; N. **Study of osmotic dehydration of kiwi fruit using sucrose solution**. Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 22, e2018146, 2019.
- FERRARI, C.C., Rodrigues, L.K., Tonon, R.V. H ubinger, M.D. **Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose**. Ciências Tecnologia Alimentos, Campinas, v. 25: p. 564-570, jul.-set. 2005.
- RACHANA, S.; Saxena, A.; Shukya, BR. **Modelling of osmotic dehydration process of pear (pyrus Communis L) In ternary solutions of sugar and calcium Salt using response surface methodology**. Carpathian Journal of Food Science and Technology, v.10,p. 23-24, 2018.
- Taylor J.R., **Introdução à Análise de erros: estudo das incertezas em medições físicas**, 2.Ed, Porto Alegre: Bookman, 2012.