

DETERMINAÇÃO DE ISOTERMAS DE SORÇÃO DOS FRUTOS DE EUGENIA UNIFLORA L.

RIBOSKI, A. G.¹, LEITE, A. L. M. P.², SILVA, F. S.³, PORTO, A. G.⁴, DERLAN, J. M.⁵

1 Graduada em Engenharia de Alimentos – Universidade do Estado de Mato Grosso. Rua A, s/nº - Bairro São Raimundo - Cx. Postal 92 CEP:78390-000 Barra do Bugres – MT, Brasil. E-mail: joice.jmd@gmail.com. Tel: 65 33611413.

2 Mestranda em Engenharia de Alimentos- UNICAMP.

3 Engº Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Alimentos, UNEMAT/Barra do Bugres - MT.

4 Engº Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Alimentos, UNEMAT/Barra do Bugres - MT.

5 Graduada em Engenharia de Alimentos – Universidade do Estado de Mato Grosso.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A pitanga (*Eugenia uniflora* L.), fruta encontrada em todo território nacional, é muito apreciada por ser rica em cálcio, vitaminas A e C, além de apresentar sabor agradável. Porém, torna-se extremamente frágil e perecível devido à quantidade de água presente em sua composição ser bastante elevada. Através do estudo do comportamento higroscópico pode-se obter informações importantes tanto para o processamento quanto para o armazenamento de diferentes produtos. O presente trabalho teve como objetivo determinar e aplicar diferentes modelos matemáticos às curvas de sorção de pitanga fatiada. O método utilizado para a obtenção das isotermas de equilíbrio foi o gravimétrico estático, através do emprego de temperaturas controladas (20, 30, 40 e 50 °C) e de diferentes concentrações ácidas (20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 70%) até atingirem massa constante. Os dados experimentais obtidos foram ajustados, através de regressão não-linear, a seis modelos matemáticos encontrados na literatura (GAB, Henderson, Henderson & Thompson, Halsey, Chen & Clayton e Luikov). Dentre os modelos matemáticos avaliados, o modelo de Halsey foi o que melhor se ajustou às isotermas de adsorção e dessorção da pitanga, apresentando ótimos valores de coeficiente de determinação e do erro médio estimado.

PALAVRAS-CHAVES: Pitanga, adsorção, dessorção

DETERMINATION OF SORPTION ISOTHERMS FRUITS OF EUGENIA L. UNIFLORA

ABSTRACT: The cherry (*Eugenia uniflora* L.) fruit found throughout the country, is greatly appreciated as it is rich in calcium, vitamins A and C, in addition to presenting a pleasant taste. However, it becomes extremely fragile and perishable due to the amount present in its composition is quite high water. By studying the hygroscopic behavior may be important information for both storage and for the processing of different products. This study aimed to determine and apply different mathematical models to the curves of sorption sliced cherry. The method for obtaining isotherms equilibrium was static gravity, through the use of controlled (20, 30, 40 and 50 °C) temperatures and different acid concentrations (20%, 30%, 40%, 50%, 60% and 70%) to constant mass. The experimental data were fitted by nonlinear regression to six mathematical models found in the literature (GAB, Henderson, Henderson & Thompson, Halsey, Chen & Clayton and Luikov). Among the evaluated mathematical models, the Halsey model was the best fit to the adsorption and desorption isotherms of cherry, with optimal values of determination coefficient and the average estimated error.

KEYWORDS: cherry, adsorption, desorption.

INTRODUÇÃO: A pitangueira, originária do Brasil, desenvolve-se bem em regiões de clima tropical e subtropical (SILVA, 2006). Seu fruto destaca-se por suas qualidades nutricionais, entretanto, é altamente perecível, pois apresenta um elevado teor de umidade em sua composição. O estudo do comportamento higroscópico durante o armazenamento e processamento de alimentos é de suma importância, pois através da relação entre a umidade relativa e o teor de umidade de equilíbrio, obtém-se uma curva denominada Isoterma de Sorção de Água (FELLOWS, 2006). As isotermas podem ser tanto de adsorção (ganho de umidade) quanto de dessorção (perda de água do produto), e a partir delas podemos determinar a taxa e a capacidade de secagem; as temperaturas ideais de armazenamento para cada tipo de alimento; as propriedades de barreira à umidade em relação às embalagens; avaliar e caracterizar as ligações da água; estimar a estabilidade microbiológica, química e física dos alimentos (DITCHFIELD, 2000; FELLOWS, 2006; ALONSO, 2001). O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar as isotermas de equilíbrio estático de pitanga fatiada e aplicar diferentes modelos matemáticos às curvas de sorção.

MATERIAL E MÉTODOS: Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia e Processamento Agroindustrial, pertencente ao Centro Tecnológico de Mato Grosso localizado no Campus Universitário “Dep. Estadual Renê Barbours”, da Universidade do Estado de Mato Grosso, na cidade de Barra do Bugres - MT. Os frutos utilizados neste trabalho foram obtidos de produtores da região de Barra do Bugres, onde passaram por uma seleção, homogeneização, higienização, processamento e armazenamento. Para a determinação das isotermas de dessorção, as pitangas fatiadas foram imersas em solução de benzoato de sódio a 20% por um período de 1 hora, com a finalidade de conservar as características da matéria-prima durante a realização do experimento, evitando a ação de micro-organismos. Para determinar as isotermas de adsorção, as pitangas foram inicialmente desidratadas em estufa com circulação forçada de ar, a 50°C, até peso constante. Em seguida, as amostras foram colocadas em recipientes cilíndricos de vidro hermeticamente fechados, com 8 cm de diâmetro e 13 cm de altura. Cada recipiente contendo soluções ácidas específicas, para garantir a umidade relativa do ar constante dentro do mesmo. O método utilizado para a obtenção das isotermas foi o gravimétrico estático, o mesmo utilizado por Bellagha (2008). Os experimentos foram realizados utilizando onze soluções de ácido sulfúrico com concentrações que variavam de 20% a 70%, com as correspondentes atividades de água na faixa de 4,3% a 88,8% e nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C. O aparato permaneceu em estufa incubadora com temperatura controlada até que se atingisse massa constante. Após atingirem o equilíbrio termodinâmico, as amostras foram submetidas ao método da estufa, (105±2)°C por 24 horas para a determinação da umidade (IAL, 2008). Posteriormente, os resultados foram ajustados aos diferentes modelos matemáticos, Tabela 1, por análise de regressão não linear mediante análise estatística.

TABELA 1. Principais modelos matemáticos utilizados para descrever isotermas de equilíbrio de alimentos.

Designação do Modelo	Modelo
GAB	$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (1)$
Henderson e Thompson	$X_e = \left[\frac{\ln \left(\frac{1}{1 - a_w} \right)}{a (T + b)} \right]^{\frac{1}{c}} \quad (2)$
Henderson	$X_e = \left[a \left(\frac{1}{T} \right) \ln \left(\frac{1}{1 - a_w} \right) \right]^{\frac{1}{c}} \quad (3)$
Halsey	$X_e = a \left[T \ln \left(\frac{1}{a_w} \right) \right]^{\frac{-1}{c}} \quad (4)$
Chen e Clayton	$X_e = \left(\frac{1}{-c T^D} \right) \ln \left(\frac{\ln a_w}{-b T^a} \right) \quad (5)$
Luikov	$X_e = \frac{a}{1 + b T \ln \left(\frac{1}{a_w} \right)} \quad (6)$

em que: T - temperatura (°C); X_e - umidade de equilíbrio, b.s.; a_w - Atividade de água; $K = a \cdot \exp \left(\frac{E}{T} \right)$; X_m - umidade na monocamada, b.s.; a, C, b, D, E - parâmetros de ajuste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Dentre os seis modelos matemáticos avaliados, os modelos de GAB e Halsey foram os que obtiveram melhores ajustes aos dados experimentais, pois os mesmos apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R^2) e os menores valores referentes ao erro médio estimado (SE). Sendo o modelo de Halsey escolhido para descrever o comportamento das isotermas de sorção dos frutos de pitanga, por apresentar solução matemática mais simplificada e por conter menor número de parâmetros. Apresentam-se na Tabela 2, os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios padrões da estimativa (SE) ajustados ao modelo de Halsey para as isotermas de sorção dos frutos de pitanga, nas diferentes temperaturas empregadas no processo.

TABELA 2: Coeficientes de determinação (R^2) e erros médios estimados (SE) ajustados ao modelo de Halsey para as isotermas de adsorção e dessorção.

Modelo	T(°C)	Adsorção		Dessorção	
		R^2	SE	R^2	SE
Halsey	20	94,076	0,050099	90,906	0,045627
	30	94,405	0,040762	92,156	0,040596
	40	95,000	0,049699	93,736	0,046544
	50	97,255	0,037814	96,955	0,032958

Nas Figuras 1 e 2 podem ser visualizadas as curvas de sorção de umidade da pitanga, ajustadas pelo modelo de Halsey, nas temperaturas de 20 a 50°C.

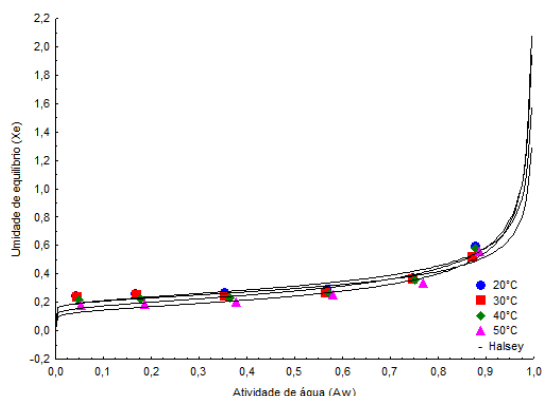


FIGURA 1. Isoterma de adsorção ajustada pelo modelo de Halsey
Fonte: Autor (2013)

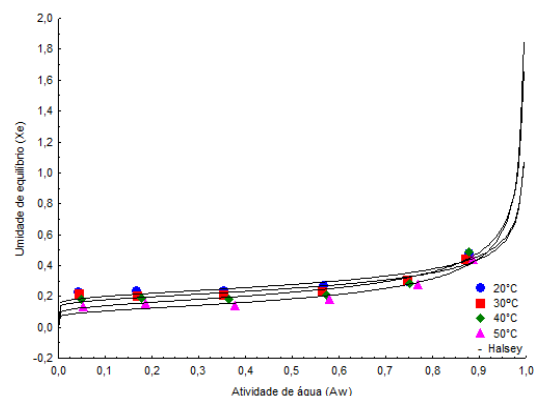


FIGURA 2. Isoterma de dessorção ajustada pelo modelo de Halsey
Fonte: Autor (2013)

Podemos verificar nas Figuras 1 e 2, que para uma temperatura constante o conteúdo de umidade de equilíbrio (X_e) decresce de acordo com a redução da atividade de água (a_w). O mesmo resultado foi observado por Alexandre (2007) e Marcinkowski (2006) ao trabalharem com isotermas da pitanga em pó e proteína texturizada de soja, respectivamente. Isso acontece porque segundo Ferreira e Pena (2003), o acréscimo da temperatura aumenta a pressão de vapor da água no ar e na superfície do produto. Este aumento é maior na superfície do produto, pois a mesma apresenta maior número de moléculas de água que o ar. Quanto maior a pressão de vapor, maior é a perda de água para que se atinja o equilíbrio. Na Tabela 3, apresentam-se os valores dos parâmetros obtidos pelo modelo de Halsey para as isotermas de sorção dos frutos de pitanga nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C, respectivamente.

TABELA 3: Parâmetros obtidos pelo modelo de Halsey para as isotermas de adsorção e dessorção.

Modelo	T(°C)	Adsorção		Dessorção	
		A	C	A	C
	20	0,743620	3,050482	0,566428	3,677525

Halsey	30	0,735569	3,350272	0,615335	3,407205
	40	1,036095	2,533530	0,868287	2,473426
	50	1,141480	2,298526	0,971294	2,133263

Observa-se que os valores referentes ao parâmetro A (Tabela 3) obtidos pelo modelo de Halsey para as isotermas de sorção tendem a aumentar conforme se eleva a temperatura. Comportamento contrário ocorre com o parâmetro C, decrescendo conforme a temperatura aumenta. Paglarini et al. (2012) ao estudar isotermas de sorção de manga obteve resultado semelhante.

CONCLUSÕES: Dentre os modelos matemáticos avaliados, o modelo de Halsey foi o que melhor representou a higroscopicidade da pitanga. O conteúdo de umidade de equilíbrio, para uma temperatura constante, decresceu de acordo com a redução da atividade de água.

REFERÊNCIAS:

- ALEXANDRE, H. V. et al. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, LOCAL**, v.7, n.1, 2007.
- ALONSO, L. F. T. **Algoritmos de Seleção e Dimensionamento de Secadores**. 2001. 256 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- BELLAGHA, S.; SAHLI, A.; BEN ZID, M.; FARHAT. Desorption isotherms of fresh and osmotically dehydrated apples (Golden delicious). **Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger**, p.45-52, 2008.
- DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para medida da atividade de água**. 2000. 195p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, p.251-255, 2003.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo-SP. 2008. p.1020.
- MARCINKOWSKI, E. A. **Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja**. 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- PAGLARINI C. S. et al. Histerese das isotermas de sorção da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) variedade manteiga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.3, p.299-305, 2013.
- SILVA, S. M.; Pitanga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.1-159, 2006.