

HIGROSCOPICIDADE DO CORANTE DE PITAYA (*HILOCEREUS COSTARICENSIS*) EM PÓ

E. M. P. SOUSA^{1*}, W. J. P. COSTA², L. J. G. FARIA²

¹Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia

²Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Química
E-mail: erika_milene@yahoo.com.br

RESUMO

A pitaya é um fruto nutritivo com baixo valor calórico e alto poder antioxidante devido às betalaínas, pigmentos nitrogenados e hidrossolúveis semelhantes ao grupo das antocianinas e flavonóides, com estruturas químicas diferentes. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento higroscópico do corante de pitaya em pó por meio da construção de isothermas de adsorção e dessorção de umidade a 25 °C em diferentes concentrações de maltodextrina. Os experimentos foram realizados adicionando maltodextrina no corante nas proporções de 10, 30 e 50%, visando aumentar a quantidade de sólidos. Realizou-se o processo de branqueamento em todas as amostras e, em seguida, foi feita a liofilização por 48 horas das amostras do corante, aumentando, assim, a sua estabilidade por meio da redução da atividade de água, contribuindo para o acréscimo da vida útil do produto. Foi avaliada a aplicabilidade de modelos matemáticos na predição das isothermas do produto. As isothermas obtidas foram sigmoidais e classificadas como do tipo II e o modelo de GAB mostrou-se mais apropriado para ser utilizado na predição das isothermas de sorção do produto.

1 INTRODUÇÃO

A pitaya (*Hylocereus costaricensis*) possui compostos nitrogenados chamados de betalaínas, os quais são classificados em betacianinas, que conferem cor vermelho-violeta e as betaxantinas, um corante amarelo-laranja também presente em ambas as frutas, porém em menor proporção que as betacianinas. Devido a isso, as betalaínas podem ser empregadas como corante natural em alimentos, cosméticos, fármacos entre outros produtos (DRUNKLER, 2004).

Por ser um material orgânico faz-se necessário evitar sua degradação causada pelo ataque de micro-organismos, sendo realizada a secagem desse material em níveis de umidade que sejam adequados para um armazenamento seguro. O valor ótimo de umidade de um material é definido pela análise do comportamento higroscópico utilizando curvas de sorção. Essas curvas relacionam valores de umidade de equilíbrio e umidade relativa do ar ambiente ou atividade de água, a um dado valor de temperatura.

As isotermas de adsorção e dessorção e a consequente avaliação do comportamento higroscópico de materiais orgânicos são empregadas para definir processos de beneficiamento e de controle como a secagem, o armazenamento e o tipo de embalagem a ser utilizado (PICELLI et al., 2010).

A medida de propriedades físicas dos pós é importante porque estas afetam intrinsecamente seu comportamento durante o armazenamento, manuseio e processamento. A isoterma de adsorção de umidade ilustra a capacidade de um pó em absorver água quando colocado em determinadas condições atmosféricas e de temperatura. Praticamente, todos os processos deteriorativos que ocorrem com os produtos perecíveis, especialmente alimentos, são influenciados pela concentração e mobilidade da água presente (ALEXANDRE et al., 2007).

Devido a carência de pesquisas na área de análise higroscópica do corante de pitaya em pó, o objetivo deste trabalho foi determinar experimentalmente as isotermas de adsorção e dessorção de umidade do corante de pitaya em pó em diferentes concentrações de maltodextrina na temperatura de 25 °C e ajustar os dados experimentais a modelos matemáticos encontrados na literatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foram obtidos 20 frutos da pitaya em uma feira livre na cidade metropolitana de Belém/PA, pertencentes à espécie *Hylocereus costaricensis*, cada fruto possuía, em média, 350 g.

Figura 1 - Ilustração externa e interna do fruto de pitaya



Fonte: Autor

2.2 Métodos

2.2.1 Pré-processamento dos frutos de pitaya

Após a obtenção dos frutos, eles foram lavados e submetidos à solução de cloro ativo 150 mg/L, conforme recomendado por Andrade e Macêdo (1996). Foi feita a pesagem de cada fruto em balança eletrônica (marca Bioprecisa, modelo BS3000A, com precisão de 0,1g). As frutas foram descascadas e cortadas. As sementes e a polpa foram separadas e pesadas. A polpa foi colocada em um liquidificador industrial por 2 minutos, homogeneizada e filtrada a vácuo. O filtrado foi armazenado em um recipiente de polietileno envolvido com papel alumínio e acondicionado em freezer a -18°C até o início das análises físicas e físico-químicas (REBECCA et al., 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A extração da polpa e as análises físicas foram realizadas no Laboratório de Corantes (LABCOR) e no Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais (LEPRON), na Universidade Federal do Pará.

2.2.2 Preparação das amostras

Nas amostras líquidas com concentrações de 10%, 30% e 50% de maltodextrina, realizou-se primeiramente o processo de branqueamento com aquecimento

por 2 minutos. Em seguida as amostras foram colocadas em recipientes de polietileno semelhantes a placas de petri e armazenadas em freezer a -18 °C por 48 h. Posteriormente, foram inseridas em liofilizador (marca Christ, modelo Alpha 1-4) por 48 h para obtenção do corante em pó. Por fim, foram realizadas análises de umidade, granulometria e atividade de água.

2.2.3 Caracterização física e físico-química das amostras do corante de pitaya em pó

Diâmetro médio: a metodologia adotada para avaliar o diâmetro médio das amostras de pitaya em pó foi a das peneiras padronizadas, utilizando-se o agitador de peneiras (marca Prodest) por 10 minutos. As peneiras utilizadas nestes experimentos foram do tipo Tyler/mesh: 28, 35, 42, 65, 80 e 115 todas do mesmo fabricante, Petrodidática Indústria e Comércio Ltda. O diâmetro médio foi calculado com a definição de Sauter, mostrado na Equação 1.

$$\bar{dp} = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}} \quad (1)$$

Umidade inicial: o método utilizado foi o de secagem em estufa (105 °C), baseado na remoção da água por aquecimento. As amostras foram colocadas em cadinhos de alumínio, com massas previamente determinadas, ficando em estufa até a secagem. Os cadinhos contendo as amostras foram, então, resfriados à temperatura ambiente, em dessecador, tendo sua massa novamente determinada. Os cadinhos retornaram à estufa e este procedimento foi repetido até a obtenção de massa constante. Foi calculada, então, a porcentagem de umidade nas amostras, segundo o método nº 972.20 da AOAC (1997).

Atividade de água: para a determinação da atividade de água foi utilizado o equipamento

AQUALAB e posteriormente foi obtida umidade de equilíbrio por meio da Equação 2:

$$X_{eq} = \frac{M_{água}}{M_s} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

X_{eq} - umidade de equilíbrio (% bs)

$M_{água}$ - massa de água adsorvida da amostra (g)

M_s - massa seca da amostra (g)

2.2.4 Higroscopicidade do corante em pó de pitaya

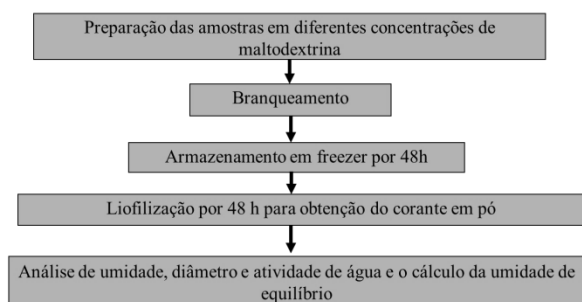
Foram determinadas isotermas de adsorção e dessorção de umidade para as amostras de corante de pitaya nas concentrações de 10%, 30% e 50% de maltodextrina na temperatura de 25 °C. O método utilizado para a determinação da umidade relativa de equilíbrio permite a medição de uma grande quantidade de dados em um pequeno intervalo de tempo, utilizando o equipamento AQUALAB. As leituras são efetuadas após alcançar o equilíbrio de transferência de calor e massa entre o ar ambiente do equipamento e a amostra neste contida, sendo este equilíbrio identificado através de sensores no equipamento que disparam um sinal sonoro no momento em que a leitura deve ser efetuada. Esta metodologia experimental também foi utilizada por Waughon (2006); Francisco, Usberti e Toneli (2007); Silva (2009) entre outros, para avaliar o comportamento higroscópico de produtos biológicos.

Ao iniciar os experimentos foi pesado 1 ± 0,05g de amostra em frascos de polietileno apropriados ao equipamento e colocadas em estufa a vácuo (marca Fanem, modelo 099 EV) a 70 °C e 650 mmHg, por 24h, para remoção da umidade da amostra de modo a alcançar valores de atividade de água em

torno de 0,2 a 0,3. Em seguida, foi colocado um dessecador contendo água no lugar de sílica gel, em estufa incubadora para DBO (demanda bioquímica de oxigênio) da marca Quimis, modelo 315 D16, com precisão de $\pm 0,3$ °C e faixa de trabalho de 0 a 50 °C, estabilizada na temperatura de trabalho de 25 °C.

Após 24h, as amostras foram retiradas da estufa a vácuo e transferidas ao dessecador, que permaneceu neste intervalo de tempo na estufa incubadora para alcançar a temperatura desejada. Em seguida, estas amostras foram colocadas, uma de cada vez, no equipamento (AQUALAB), para realizar as leituras de temperatura e atividade de água (a_w), que variaram na faixa de 0,1 a 0,9 e temperatura de 25 °C. Na sequência as amostras foram pesadas em balança analítica. Dessa maneira foi possível a construção da isoterma de adsorção. Após as amostras alcançarem os valores de a_w próximos de 0,9 foi realizado o processo inverso, ou seja, a dessorção, onde os frascos com amostras foram transferidos para o dessecador contendo sílica gel e novamente lidos valores de a_w até próximos de 0,1, temperaturas e suas respectivas massas. O processo completo (adsorção e dessorção) foi conduzido em 8 dias. As etapas de pré-processamento e da análise higroscópica são mostradas no fluxograma mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma com as etapas de pré-processamento e análise higroscópica do corante de pitaya em pó



2.2.5 Análise dos dados experimentais de sorção de umidade

Diversos modelos matemáticos têm sido propostos para expressar o teor de umidade de equilíbrio com a atividade de água de diversos produtos. No entanto, de um modo geral, nenhum modelo desenvolvido é capaz de prever exatamente o teor de umidade de equilíbrio dos produtos em todas as faixas de temperatura e umidade relativa.

Os dados experimentais das isotermas de sorção das amostras do corante de pitaya foram avaliados por meio da relação entre o conteúdo de umidade de equilíbrio e umidade relativa de equilíbrio de acordo com os modelos descritos na Tabela 1, e as constantes características determinadas através da técnica de regressão não-linear, utilizando-se o aplicativo Statistica® 7.0 utilizando o método dos mínimos quadrados, via subrotina Quasi-Newton.

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para avaliar as isotermas de sorção

Modelo (ano)	Equação
GAB (1981)	$X = \frac{X_m C K_{aw}}{(1 - K_{aw})(1 - K_{aw} + C K_{aw})}$
Oswin (1946)	$X = a [a_w / (1 - a_w)]^b$
Peleg (1993)	$X = m_1 a_w^{n_1} + m_2 a_w^{n_2}$
Caurie (1970)	$X = \exp(a + b a_w)$

O parâmetro X denota o conteúdo de umidade de equilíbrio em base seca, a_w a atividade de água; a, b e C, m_1 , m_2 , n_1 , n_2 são coeficientes que dependem do produto e das condições do ar; no modelo de GAB o X_m representa o conteúdo de umidade correspondente à saturação de todos os sítios primários por uma molécula de água, normalmente denominada monocamada na

teoria BET e K o fator de correção para multicamada molecular.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tem-se nas Tabelas 2 e 3 os dados do teor de umidade inicial, diâmetro das partículas, da atividade de água e da umidade de equilíbrio das amostras de corante de pitaya em pó em diferentes concentrações, na temperatura de 25 °C, para o processo de adsorção e dessorção.

Verifica-se que em ambos os processos utilizando uma temperatura constante a atividade de água e a umidade de equilíbrio se comportam de forma linear. Este comportamento é similar ao reportado por Park et al. (2001) ao estudarem o comportamento da umidade de equilíbrio em pera desidratada, em função da atividade de água.

Constata-se que as umidades de equilíbrio atingidas nas diferentes concentrações variaram entre 9,72% e 72,35% b.s., para a adsorção e entre 12,30% e 84,93% b.s. para a dessorção. Logo, o corante de pitaya em pó é um produto muito higroscópico necessitando de embalagem impermeável quando submetida ao armazenamento nestas concentrações e temperatura.

Tabela 2 - Resultados para o teor de umidade inicial (U_i), diâmetros das partículas (dp), atividade de água (a_w) e umidade de equilíbrio (X_{eq} - % bs) durante o processo de adsorção

Proporção (maltodextrina/corante)					
10 %		30 %		50 %	
$U_i = 4,40$ %		$U_i = 4,21$ %		$U_i = 4,44$ %	
$dp = 0,25$ mm		$dp = 0,29$ mm		$dp = 0,34$ mm	
a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}	a_w	X_{eq}
0,33	14,32	0,39	14,41	0,50	9,72
0,43	16,15	0,48	15,50	0,56	11,41
0,48	17,69	0,55	18,39	0,60	12,83
0,52	19,63	0,57	20,62	0,61	13,71
0,56	20,67	0,58	21,43	0,61	14,22
0,57	21,58	0,65	31,22	0,62	17,56
0,59	22,21	0,75	38,22	0,76	20,55
0,65	25,27	0,72	36,53	0,82	36,02
0,74	38,42	0,82	47,84	0,80	34,68
0,74	37,78	0,79	43,77	0,77	32,72
0,85	52,00	0,76	41,37	0,75	31,53
0,81	47,59	0,91	72,35	0,74	30,30
0,78	45,05	0,88	65,80	0,85	40,92
0,77	43,69	0,88	63,12	0,93	69,97
0,88	72,30	0,88	61,60	0,92	64,93

Tabela 3 - Resultados para o teor de umidade inicial (U_i), diâmetros das partículas (dp), atividade de água (a_w) e umidade de equilíbrio (X_{eq} - % bs) durante o processo de dessorção

Proporção (maltodextrina/corante)					
10%		30%		50%	
$U_i = 4,40$ %		$U_i = 4,21$ %		$U_i = 4,44$ %	
$dp = 0,25$ mm		$dp = 0,29$ mm		$dp = 0,34$ mm	
a_w	a_w	a_w	a_w	a_w	X_{eq}
0,92	84,93	0,91	80,32	0,94	67,13
0,91	81,79	0,91	73,92	0,92	63,76
0,90	79,16	0,90	70,82	0,91	60,29
0,89	76,73	0,90	68,21	0,90	55,28
0,87	74,51	0,90	66,11	0,89	53,24
0,88	72,28	0,88	63,51	0,88	50,69
0,85	66,82	0,85	59,70	0,84	44,26
0,75	56,59	0,79	53,25	0,80	40,85
0,70	46,89	0,73	44,26	0,72	35,27
0,60	39,13	0,69	41,37	0,69	28,75
0,56	31,41	0,60	30,53	0,58	20,32
0,55	29,74	0,57	28,56	0,57	19,65
0,51	25,27	0,55	24,93	0,52	16,67
0,49	21,40	0,52	21,93	0,51	12,30
0,42	20,66	0,50	21,93	0,54	13,73

Nas Tabelas 4 e 5 são sumarizados os parâmetros do modelo de GAB, obtidos para os processos de adsorção e dessorção, respectivamente, para a temperatura de 25 °C, bem como seus respectivos valores dos coeficientes de determinação (R^2), desvio médio relativo (DMR), constantes do modelo e a tendência da distribuição dos resíduos.

Tabela 4 - Estimativa dos parâmetros para o modelo de GAB das amostras de corante de pitaya em pó à 25 °C, obtidos por adsorção

Parâmetros					
%malt.	R^2	Xm	K	C	DMR(%)
10%	0,98	11,21	0,96	7,596	0,32
30%	0,99	17,47	0,87	1,726	0,23
50%	0,99	13,29	0,91	0,767	0,49

R^2 = coeficiente de determinação, Xm = conteúdo de umidade da monocamada, K = fator de correção para multicamada molecular do modelo, C = parâmetro do modelo. Todos apresentaram distribuição aleatória dos resíduos.

Tabela 5 - Estimativa dos parâmetros para o modelo de GAB das amostras de corante de pitaya em pó à 25 °C, obtidos por dessorção

Parâmetros					
% malt.	R^2	Xm	K	C	DMR (%)
10%	0,99	67,81	0,63	0,78	0,22
30%	0,99	36,90	0,72	1,16	0,26
50%	0,99	30,26	0,75	0,73	0,31

R^2 = coeficiente de determinação, Xm = conteúdo de umidade da monocamada, K = fator de correção para multicamada molecular do modelo, C = parâmetro do modelo. Todos apresentaram distribuição aleatória dos resíduos.

Observou-se que o modelo de GAB foi o que melhor ajustou os dados experimentais dos processos de adsorção e dessorção das amostras de corante de pitaya em pó na temperatura de 25 °C por apresentar, para ambos os processos, valores menores a 5% para o desvio médio relativo e distribuição de resíduos aleatória, para todas as amostras utilizadas.

O coeficiente de determinação apresenta-se na faixa de 0,98 a 0,99 para a

adsorção e 0,99 para a dessorção. Verifica-se também que para o modelo GAB, em ambos os processos, os valores de K apresentam valores menores que 1,0. Valores de K menores que 1,0 são uma característica de produtos alimentícios, indicando que a isoterma tende a uma assíntota em atividade igual a 1,0 (FERNANDEZ, 1995). Em relação a constante de sorção C do modelo de GAB, que é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água, observa-se que em todas as concentrações utilizadas os valores de C foram inferiores a 200, estando dentro da faixa comumente encontrada na literatura.

A estimativa dos valores do conteúdo de umidade da monocamada (Xm), pelo modelo GAB, é importante uma vez que a deterioração de produtos alimentícios e/ou vegetais é muito pequena quando os mesmos são armazenados abaixo de Xm. Isso ocorre porque a água é fortemente ligada ao produto abaixo do conteúdo da monocamada e não está envolvida em qualquer reação de deterioração quer como solvente ou como um dos substratos (COSTA, 2010).

Verifica-se com base nos valores estimados do conteúdo de umidade da monocamada que as amostras de pitaya possuem a mesma ordem de grandeza dos demais valores obtidos para outras variedades de frutas reportados nos estudos de Vieira (2007), indicando o bom desempenho na condução da análise do comportamento higroscópico. Os resíduos foram obtidos por meio da diferença entre os valores experimentais e os valores estimados para o modelo.

Os modelos Oswin (1946), Caurie (1970) e Peleg (1993) apresentaram distribuição de resíduos não aleatórios (tendenciosos) tanto para a adsorção quanto para dessorção de umidade na faixa de concentração e temperatura utilizada. O modelo de GAB tem uma base teórica,

enquanto os outros modelos são empíricos ou semi-empíricos (ADEBOWALE et. al., 2007) e tem sido utilizado em vários produtos alimentícios e agrícolas apresentando bons resultados, e sua equação representativa é recomendada pelo projeto Europeu COST'90 sobre propriedades físicas de alimentos (FARIA, 1998).

As Figuras 3 e 4 exibem as isotermas de sorção do corante de pitaya em pó, resultantes do modelo de GAB na temperatura de 25 °C, para os processos de adsorção e dessorção, respectivamente. Foi verificado que em atividade de água abaixo de 0,3 a concentração não exerce influência significativa nas umidades de equilíbrio em ambos os processos (adsorção e dessorção). Na adsorção a curva de 10% de maltodextrina se manteve superior às demais no intervalo de a_w entre 0,3 e 0,5. Todavia, a curva de 50% de maltodextrina se manteve abaixo das outras curvas durante todo o experimento. Na dessorção, a curva de 10% de maltodextrina foi superior às demais durante o intervalo de a_w de 0,4 a 0,9. Contudo, a curva de 50% de maltodextrina se manteve inferior às outras curvas durante todo o estudo. Além disso, as isotermas apresentam o formato sigmoidal, correspondente ao tipo II, conforme a teoria de BET (BRUNAUER, EMMETT e TELLER, 1938), indicando a existência de umidade adsorvida em camadas multimoleculares e um acentuado comportamento exponencial das isotermas para todas as concentrações estudadas a partir de valores de a_w 0,6. Este comportamento sugere que a partir desse valor, um pequeno aumento na umidade relativa do ambiente propicia um considerável acréscimo na umidade de equilíbrio das amostras do corante em pó, comprometendo a qualidade do produto nos locais de armazenamento em que UR seja superior a 60%. O cruzamento observado entre as curvas de adsorção e a progressiva divergência destas com o

aumento da atividade de água pode estar relacionada com os efeitos da dissolução de sólidos solúveis presentes na amostra. Este comportamento é devido à atividade de água e às isotermas de sorção ser afetadas pela composição do produto e pela temperatura do sistema, pois, em geral, substâncias ricas em açúcares absorvem mais água a partir de certo valor de a_w do que os produtos ricos em polímeros (amido).

Figura 3 - Efeito da concentração na adsorção do corante de pitaya em pó a 25°C

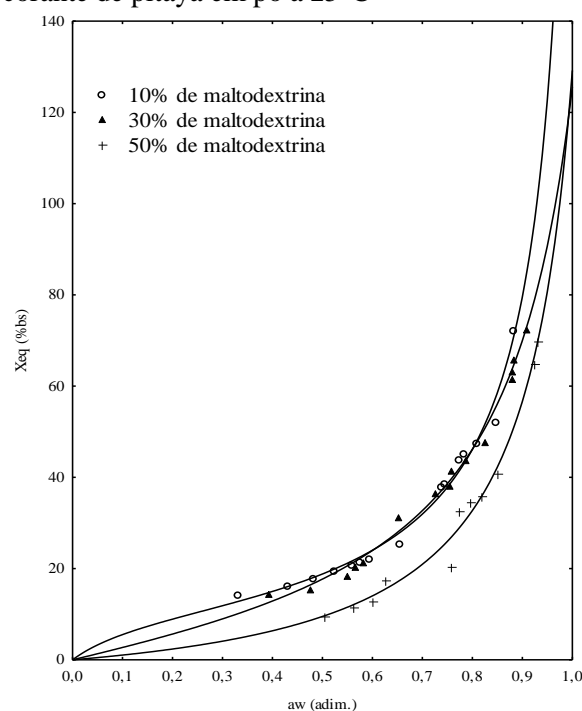
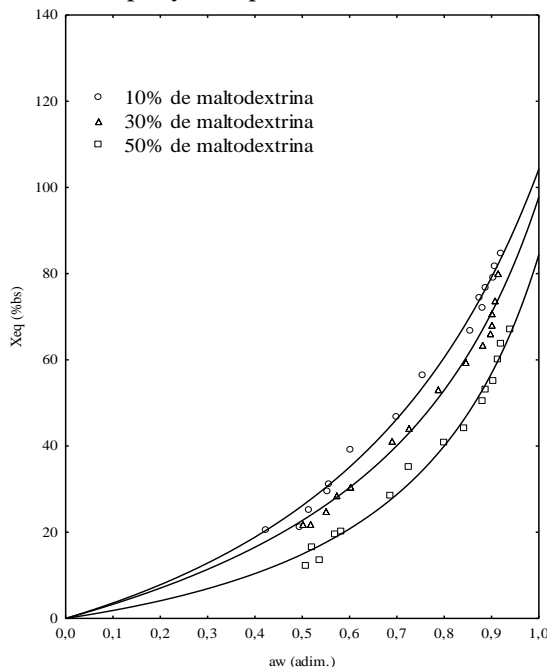


Figura 4 - Efeito da concentração na dessorção do corante de pitaya em pó a 25 °C



Nas Figuras 5, 6 e 7 observa-se que os valores do conteúdo de umidade de equilíbrio higroscópico obtidos por dessorção são maiores que os de adsorção, o efeito da histerese também é observado em toda a faixa de aw analisada. Diversas teorias tentam explicar o fenômeno da histerese, entretanto Iglesias e Chirife (1976), afirmam que não é possível dar uma explicação única ao fenômeno de histerese em produtos naturais, em especial os alimentícios, devido à complexa combinação de vários componentes que podem não só absorver água de forma independente, mas também interagem entre si.

Segundo Mohsenin (1986) uma das teorias mais utilizadas, sugere que, em condições de elevada quantidade de água, os locais de sorção, da estrutura molecular do material, estão quase todos completos com água adsorvida, e após a secagem, estes locais de sorção disponíveis vão se reduzindo junto com o encolhimento do produto. Isso faz com que ocorra redução da capacidade de ligação

da água durante uma adsorção futura. Uma vez que a etapa do mecanismo de transferência de massa limitante é a difusão de água nos capilares do produto, durante o encolhimento ocorre redução do diâmetro do poro. Poros mais finos levam a uma taxa de transferência de massa menor, o que ocasiona uma velocidade de retirada de água cada vez menor, nos momentos finais de dessorção ou no início da adsorção (GONELI, 2008).

Figura 5 - Histerese das isotermas de sorção com 10% de maltodextrina para o corante em pó de pitaya

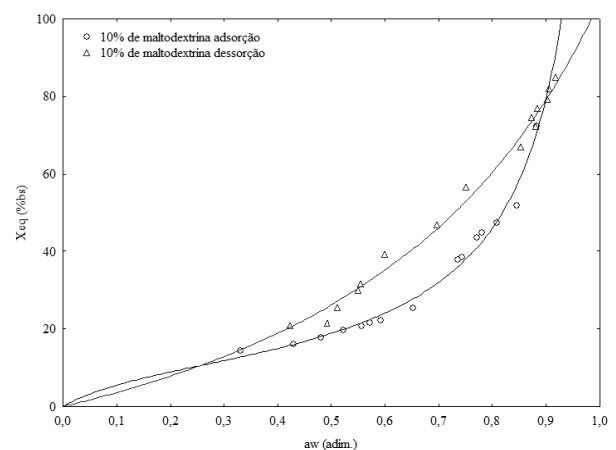


Figura 6 - Histerese das isotermas de sorção com 30% de maltodextrina para o corante em pó de pitaya

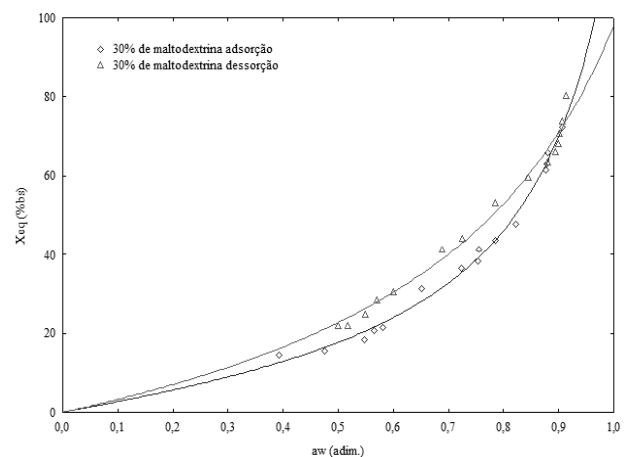
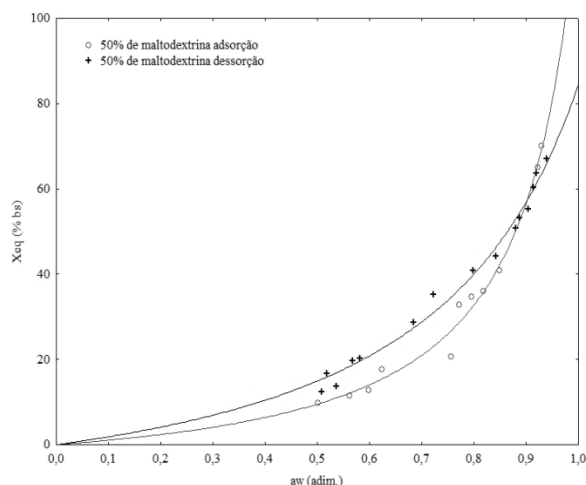


Figura 7 - Histerese das isotermas de sorção com 50% de maltodextrina para o corante em pó de pitaya



4 CONCLUSÕES

Após análise dos resultados obtidos neste trabalho, algumas conclusões podem ser sumarizadas.

1. Os dados experimentais obtidos na dessorção do corante de pitaya em pó em diferentes concentrações, na temperatura de 25 °C se ajustaram muito bem ao modelo de GAB, tornando possível analisar o comportamento higroscópico do material;
2. O corante de pitaya em pó apresentou alta higroscopicidade. Os equilíbrios higroscópicos foram atingidos no tempo máximo de 8 dias;
3. O armazenamento do corante de pitaya em pó deve ser feito com valores de umidade relativa (UR) inferiores a 60%;
4. As isotermas de adsorção e dessorção de umidade da pitaya em pó foram classificadas como sendo do Tipo II.

5 REFERÊNCIAS

ADEBOWALE, A. R.; SANI, L.; AWONORIN, S. DANIEL, I.; KUYE, A. Effect of cassava varieties on the sorption isotherm of tapioca grits. *International Journal of Food Science and Technology*. v. 42, p. 448-452, 2007.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v. 20, n. 2, p. 172-175, 2000.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society*. v. 60, p. 309-319, 1938.

CAURIE, M. A new model equation for predicting safe storage moisture levels for optimum stability of dehydrated foods. *Journal of Food Technology*. 301-307, 1970.

COSTA, C. M. L. *Caracterização e análise experimental do recobrimento de sementes de jambu (Spilhantes oleracea) em leito fluidizado*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP. 2010.

DRUNKLER, D. A. Estudo da estabilidade de betalaínas em diferentes solventes e em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) adicionado de ciclodextrinas (α , β e γ) e ácidos orgânicos (tânico e gálico). *Alimentos e Nutrição*. Araraquara, v.15, n.1, p.35-41, 2004.

FARIA, L. J. G. *Análise experimental do processo de secagem de urucum (Bixa orellana L.) em leito fixo*. 1998. 251p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 1998.

FERNANDEZ, C. S. *Isotermas de sorção em substâncias alimentares*. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, Campinas. Anais... Campinas: FEA/UNICAMP-CYTED-SBCTA-Ital, 1995.

OSWIN, C. R. The kinetics of packing life.III. The isotherm. *Journal of Chemistry Industrial*. n.65, p.419-23. 1946.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (pyrus sp.) com e sem desidratação osmótica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 19, n. 3, p. 326-32, 2001.

PELEG, M. Assessment of a semi empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. *Journal of Food Processing Engineering*. v. 16, n. 1, p. 21-37, 1993.

PICELLI, R. M.; ARRIECHE, L. S.; SARTORI, D. J. M. *Drying and characterization of pioneer arboreal seeds*. In: Proceedings of the 17th IDS, Magdeburg, p. 883-889. 2010.

REBECCA, O. P. S.; ZULIANA, R.; BOYCE, A. N.; CHANDRAN S. Determining Pigment Extraction Efficiency and Pigment Stal Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Journal of Biological Sciences*. 8 (7): 1174-1180, 2008.

SILVA, M. G. C. P. C.; BARRETO, W. S.; SERÔDIO, M. H. Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açaí. Artigo Técnico. Disponível em: <www.ceplac.gov.br/mapa. htm>. Acesso em: 17 maio 2009.

VIERA, A. H.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v. 7, n. 1, 2007.

WAUGHON, T. G. M. *Caracterização e processamento do resíduo fibrosos gerados na industrialização do suco de abacaxi*. 2006. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

ANDRADE, N. J.; MACÊDO, J. A. B. *Higienização na indústria de alimentos*. São Paulo: Varela, 1996.

AOAC - ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of AOAC International*. 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

FRANCISCO, F. G.; USBERTI, R.; TONELI, J. T. C. L. Ajuste de isotermas de sementes de cultivares de feijoeiro. *Revista Brasileira de Sementes*. v. 29, n. 1, p. 35-39, 2007.

GONELI, A. L. D. *Variação das propriedades físico-mecânicas e de qualidade da mamona (Ricinus communis L.) durante a secagem e o armazenamento*. 2008. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2008.

MOSHENIN, N. N. *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. Prediction of the effects of temperature on water sorption isotherms of food materials. *Journal of Food Engineering*. v. 11, p. 109-116, 1976.