

Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado¹

Physico chemical and hygroscopic behavior of sapodilla lyophilized

Valéria Santos de Oliveira², Marcos Rodrigues Amorim Afonso³ e José Maria Correia da Costa^{3*}

Resumo - O sapoti é uma fruta considerada exótica e como outras apresenta alta pericibilidade e perdas pós-colheita. A desidratação por liofilização pode ser uma tecnologia para aproveitar o excedente da produção deste fruto disponibilizando para o mercado consumidor produtos estáveis e seguros e permitindo também distribuição mais ampla do produto. O objetivo do trabalho foi caracterizar o sapoti liofilizado quanto à composição físico-química, mineral e avaliar seu comportamento higroscópico por isotermas de adsorção. Para efeito de comparação, a caracterização físico-química foi realizada tanto para a polpa do sapoti, quanto para o pó obtido a partir dos cortes do fruto liofilizado. As análises foram: pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e umidade. O pó de sapoti sendo um produto mais concentrado apresentou altos teores de açúcares redutores (9,67% - 36,09%), sólidos solúveis totais (15,67 - 65,50 °Brix) e ácido ascórbico (8,45 - 9,84mg/100 g). O pó de sapoti analisado mostrou-se como boa fonte de minerais, destacando-se os elementos potássio e fósforo. As isotermas de adsorção foram construídas através do ajuste de dados experimentais aos modelos matemáticos de BET, GAB, Oswin e Henderson. Os modelos de GAB e Oswin foram aqueles que melhor se ajustaram para o pó de sapoti liofilizado com erro de 18,01% e 18,10% respectivamente, enquanto o modelo de BET apresentou um elevado erro para este mesmo produto analisado de 41,75%. A partir desses resultados pode-se estudar embalagens apropriadas que visem uma melhor conservação para este produto avaliado.

Palavras-chaves - Sapoti. Frutas. Desidratação. Secagem por Congelação.

Abstract - The sapodilla is a fruit considered exotic, as other fruits have high rates post-harvest losses. Dehydration by freeze drying demonstrates to be a good technique to take advantage of the excess of production offering to the consumer safety and stable products. The aim of this study is to evaluate the hygroscopic behavior, physicochemical and mineral composition of sapodilla powder obtained by freeze-drying using adsorption isotherms. The following analysis were performed: pH, total soluble solids, total titratable acidity, ascorbic acid, total, reducing and non-reducing sugar and moisture. The sapodilla powder, as a concentrated product, showed high levels of reducing sugars (9.67% - 36.09%), total soluble solids (15.67 to 65.50 ° Brix) and ascorbic acid (8.45 to 9.84mg/100 g). The sapodilla powder showed to be a good source of minerals, mainly potassium and phosphorus. The adsorption isotherms were constructed adjusting experimental data to mathematical models of BET, GAB, Oswin and Henderson. The models of GAB and Oswin were more appropriate to fit the experimental data for the sapodilla powder with errors of 18.01% and 18.10% respectively, while BET model showed a higher error for this product.

Key words - Sapoti. Fruit. Dehydration. Freezer Drying.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 04/05/2010; aprovado em 21/03/2011

Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica financiado pelo CNPq do Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC

²Curso de Engenharia de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC, Av. Mister Hull, 2977, Bloco 858, Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem, Alagadiço, Fortaleza-CE, Brasil, 60.356-000, valeria_amora@yahoo.com.br

³Departamento de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciência Agrárias/UFC, Av. Mister Hull, 2977, Bloco 858, Alagadiço, Fortaleza- CE, Brasil, 60.356-000, mafonso@ufc.br, correia@ufc.br

Introdução

A flora brasileira é dotada de uma enorme diversidade de frutas que nos últimos anos vem sendo explorada economicamente. A maior parte dessas frutas apresenta qualidade sensorial excepcional despertando interesse do mercado pelo apelo exótico e nutricional. Para cada mercado, interno ou externo, de frutas *in natura* ou processadas, são estabelecidas exigências específicas no que se referem à qualidade pós-colheita do fruto. No entanto, esta atividade apresenta obstáculos para conservação dos alimentos frescos devido à quantidade de água livre neles presentes, fato que, pode ser resolvido mediante a utilização de técnicas de conservação, como é o caso da desidratação (OLIVEIRA et al., 2006).

O sapoti (*Achras sapota* L.) é um fruto suculento e bastante doce, seu aroma pode ser identificado com facilidade. O sapoti contém as vitaminas A, B1, B2, B5, e C. Ainda contém calorias, hidratos de carbono, cálcio, fósforo e ferro, o valor calórico do sapoti é de 96 calorias em cada 100 g da fruta (COSTA, 2000). Trata-se de um fruto muito perecível e, por ser climatério, seu amadurecimento sob condições naturais é rápido, o que dificulta sua conservação e comercialização. Sabendo-se que o sapoti é na maior parte consumido na forma *in natura*, existe também a necessidade de estabelecer processos de conservação pós-colheita do fruto para que sua vida útil seja aumentada, sem comprometer sua qualidade.

Nesse sentido, a desidratação por liofilização, spray-dryer, leite de jorro, etc. demonstram serem boas técnicas para aproveitar o excedente da produção, disponibilizando para o mercado consumidor produtos estáveis e seguros. Além de possibilitar uma alternativa de renda para agricultores e pessoas ligadas ao ciclo de produção e comercialização de sapotis (ROQUE-SPECHT; MAIA, 2002). A desidratação dos alimentos causa, em geral, poucas alterações, sendo algumas destas desejáveis, como a perda de água, por técnicas adequadas com a consequente concentração dos nutrientes por unidade de peso.

Para as frutas desidratadas na forma de pó, é importante estudar as isotermas de equilíbrio higroscópico do produto que tem por finalidade estabelecer se o mesmo sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dissorver água. Diante do conhecimento do valor da atividade de água (a_w) de um produto podem ser previstas reações químicas e enzimáticas, e desenvolvimento de microrganismos. A partir do conhecimento da a_w pode-se, também, propor sistemas adequados de embalagem para um determinado produto. Esta medida é de fundamental importância, visto que, por meio dela, podem ser previstas reações químicas e enzimáticas, e desenvolvimento de microrganismos.

O objetivo do trabalho foi caracterizar o sapoti liofilizado quanto a composição físico-química, mineral e avaliar seu comportamento higroscópico por isotermas de adsorção.

Material e métodos

Os sapotis foram adquiridos no comércio varejista da cidade de Fortaleza-Ce, e transportados para o Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará - DETAL/UFC. No laboratório, os frutos foram inicialmente lavados, higienizados, descascados e processados para obtenção em pedaços de cortes finos para a etapa de liofilização. Para a caracterização físico-química, os frutos de sapoti, foram processados e homogeneizados até a obtenção da polpa.

A aquisição dos frutos foi feita em três lotes diferentes. Cada lote foi identificado pelos códigos R1, R2 e R3 e as análises de cada lote foram realizadas em duplicata. Cada lote foi dividido em duas partes, uma para a desidratação por liofilização e a outra para caracterização físico-química, ambas realizadas após a obtenção da polpa obtida pelo processamento do fruto. As polpas foram congeladas em *freezer* vertical a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ em recipientes escuros para serem utilizadas na caracterização físico-química do fruto *in natura*, e para os frutos destinados para a liofilização a polpa foi cortada em finos pedaços e congelados em *freezer* vertical a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ em depósitos apropriados. Para obtenção do sapoti em pó, procedeu-se a desidratação dos cortes congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ em um liofilizador de bancada no Laboratório de Biotecnologia - DETAL/UFC por um período de 24h. Após esse processo, a amostra liofilizada foi triturada com o auxílio de um liquidificador por aproximadamente um minuto. O produto em pó obtido foi armazenado em recipientes de vidro, devidamente identificados e este, envolvido em papel alumínio e em filme PVC, diminuindo, desta forma, a entrada de luz e ganho de umidade do produto.

As análises físico-químicas de acidez titulável, açúcares redutores e totais e umidade foram realizadas através da metodologia do (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2005). A determinação do teor de ácido ascórbico seguiu a metodologia descrita por Strohecher e Henning (1967). As medidas de pH foram determinadas através de um pHmetro da marca QUIMIS previamente calibrado em soluções tampão de pH 4,01 e 6,86. Os sólidos solúveis foram determinados utilizando-se de um refratômetro de bancada da marca TECNAL.

Para as determinações das isotermas de adsorção as amostras foram pesadas, em triplicata, com massas de aproximadamente 0,50g de cada e colocadas em cadinhos de alumínio, previamente tarados. Posteriormente, os cadinhos foram colocados sobre suporte contido dentro das células isoladas, as quais continham as soluções salinas saturadas de: CH_3COOK ; $a_w = 0,21$; K_2CO_3 ; $a_w = 0,48$; NaBr ; $a_w = 0,57$; KCl ; $a_w = 0,84$; BaCl_2 ; $a_w = 0,90$ de acordo com Greenspan (1977). A temperatura utilizada para a construção das isotermas foi de 23,0 °C.

Foram feitas pesagens dos cadinhos, contendo as amostras, a cada 24 horas até atingirem a umidade de equilíbrio, ou seja, até que não houvesse mais variação de massa, detectada através de pesagem numa balança analítica modelo B - TEC - 210 A da marca Tecnal. Durante este período as amostras foram submetidas à inspeção visual, para detectar quaisquer alterações perceptíveis. Posteriormente os cadinhos foram então levados à estufa a 105 °C para determinação do teor de umidade final de equilíbrio das amostras.

A umidade de equilíbrio (X_{eq}) foi calculada pela diferença entre a massa que a amostra apresentou no equilíbrio e sua massa seca inicial:

$$X_{eq} = \frac{m_o - m_s}{m_s} \quad (1)$$

Onde: X_{eq} = umidade de equilíbrio (g/g m.s); m_o = massa da amostra no equilíbrio (g); m_s = massa da amostra seca (g).

Para o ajuste matemático dos dados experimentais das isotermas de adsorção foram utilizados os modelos matemáticos de: BRUNAUER, EMMET E TELLER (BET); GUGGENHEIM-ANDERSON - DE BOER (GAB); HENDERSON; OSWIN, representados, respectivamente, pelas Equações 2; 3; 4 e 5:

$$\frac{a_w}{(1 - a_w) \cdot X_{eq}} = \frac{1}{X_m \cdot C} + \frac{(C - 1)a_w}{X_m \cdot C} \quad (2)$$

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad (3)$$

$$X_{eq} = \left[\frac{-\ln(1 - a_w)}{b} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (4)$$

$$X_{eq} = a \cdot \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad (5)$$

Onde: a_w = atividade de água; X_m = conteúdo de umidade na monocamada molecular (g/g de matéria seca); X_{eq} = conteúdo de umidade de equilíbrio expresso em (g/g de matéria seca); C = constante de BET relacionada ao calor de sorção da camada molecular; a , b , e K = parâmetros de ajuste.

Os valores do erro (E) apresentados foram calculados de acordo com a Equação 6 (KUROZAWA et al., 2005):

$$E = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(M_i - Mp_i)}{M_i} \right| \quad (6)$$

Onde: E = erro médio relativo; M_i = valores obtidos experimentalmente; M_{pi} = valores preditos pelo modelo; n = número de dados experimentais.

Resultados e discussão

Caracterização físico-química de frutos de sapoti na forma *in natura* e liofilizado

Os resultados da caracterização físico-química do sapoti *in natura* e liofilizado estão expostos na Tabela 1.

Na caracterização da polpa de sapoti *in natura* apresentada neste estudo, a média de sólidos solúveis totais foi de 15,67 °Brix, aumentando consideravelmente após o processo de liofilização e alcançando o valor de 65,50 °Brix. Valores de aproximadamente 43 °Brix foram encontrados por Guimarães e Silva (2008) para frutos de murici desidratados osmoticamente, sendo inferiores ao relatado no presente estudo. O teor de sólidos solúveis totais é um importante fator de qualidade quanto ao sabor dos produtos, segundo Chitarra e Chitarra (2005), ele é usado como medida indireta do teor de açúcares, pois à medida que os teores de açúcares vão se acumulando na fruta, os teores sólidos solúveis totais aumentam.

Observa-se que a acidez titulável para o pó foi maior do que na polpa *in natura*, o que garante o sabor ácido característico do fruto quando este pó for reconstituído ou utilizado como suplemento alimentar, sendo também, um fator desfavorável ao crescimento microbiano. Em estudos com pitangas em pó por Oliveira et al. (2006) verificaram-se valores de acidez superiores a 0,70%.

Em correspondência, o pH do sapoti *in natura* e liofilizado também é elevado. De acordo com

Tabela 1 - Caracterização físico-química de frutos de sapoti na forma *in natura* e em pó

Parâmetros	Sapoti	
	In natura	Liofilizado
pH	5,55 ± 0,21	5,58 ± 0,16
Sólidos solúveis totais (°Brix) a 20 °C	15,67 ± 0,20	65,50 ± 0,62
Acidez titulável (ácido málico) (g/100g)	0,083 ± 0,01	0,247 ± 0,05
Ácido ascórbico (mg/100g)	8,45 ± 0,16	9,84 ± 0,27
Açúcares solúveis totais (g/100g)	11,17 ± 0,25	51,99 ± 0,11
Açúcares redutores (g/100g)	9,67 ± 0,15	36,09 ± 0,39
Açúcar não-redutor (g/100g)	1,51 ± 0,17	15,90 ± 0,95
Umidade (%)	75,04 ± 0,37	12,30 ± 0,35

Araújo Neto (2000), o pH desta fruta estudado varia entre 5,26 e 5,67, estes resultados são semelhante ao obtido nesse trabalho para a polpa *in natura* (5,55) e o do sapoti em pó liofilizado (5,58). Do ponto de vista da tecnologia de alimentos, o pH do sapoti está acima da faixa considerada segura, corroborando para a necessidade de cuidados especiais no armazenamento e processamento. O valor do pH do sapoti em pó liofilizado (5,58) foi bastante superior ao encontrado por Oliveira et al. (2009) em seus estudos com pós alimentícios de murici liofilizado (3,63).

No que se refere ao teor de ácido ascórbico Choudhury et al. (2001) afirmam que a quantidade deste parâmetro é dependente do cultivar, época do ano, localização do pomar e do estágio de maturação e, que os maiores teores, são encontrados nos frutos “de vez” e na região próxima à casca dos frutos, pois o conteúdo segue um gradiente de fora para dentro do fruto. Durante o amadurecimento, ocorre a oxidação dos ácidos e, conseqüente, redução do teor de ácido ascórbico, indicando a senescência do fruto. O teor de ácido ascórbico encontrado na polpa de sapoti foi de 8,45 mg/100g e para o liofilizado houve um acréscimo de 16,45%. O valor encontrado para a polpa *in natura* foi superior ao encontrado por Souza Filho et al. (2002) em suas pesquisas com polpas de sapoti, o qual foi de 5,57 mg/100g.

De acordo com Miranda et al. (2003), o fruto de sapoti pode alcançar na maturidade um teor de açúcar total de 21,3%. Neste trabalho o sapoti na forma *in natura* apresentou um teor de açúcar de apenas 11,17%. Para o sapoti liofilizado houve um aumento de quase cinco vezes. O acréscimo no teor de sólidos solúveis totais do pó pode ser explicado pela maior concentração de açúcares no fruto liofilizado. A redução no teor de água do fruto é acompanhada pela maior concentração

de açúcares, em conseqüência, maior concentração também de sólidos solúveis totais.

A umidade presente no sapoti *in natura* observado foi de 75,04%, valor muito próximo ao obtido por Damasceno et al. (2008) de 76,00% em frutos de sapotis. O alto teor de umidade das frutas *in natura*, juntamente com outros fatores, como a presença de ar, facilita a atuação de microorganismos deteriorantes. Após o processo de desidratação por liofilização foi obtido um valor seis vezes menor ao valor do *in natura*.

Para o atributo firmeza foi encontrado o valor de 8,25 N, o qual é ligeiramente superior ao evidenciado por Morais et al. (2006), que foi de 7,79 N, em estudos com sapotis armazenados durante oito dias submetidos a tratamento com 1-metilciclopropano.

Teor de água de equilíbrio e isothermas de adsorção de pó de Sapoti liofilizado

O teor de água de equilíbrio e as isothermas de adsorção do pó de sapoti liofilizado encontram-se na Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2 - Resultado de teor de água de equilíbrio do pó de sapoti liofilizado

Soluções salinas saturadas	Atividade de água	Teor de água de equilíbrio (g g ⁻¹ m.s.)
CH ₃ COOK	0,21	0,0004
K ₂ CO ₃	0,48	0,0006
NaBr	0,57	0,0005
KCl	0,84	0,0005
BaCl ₂	0,90	0,0070

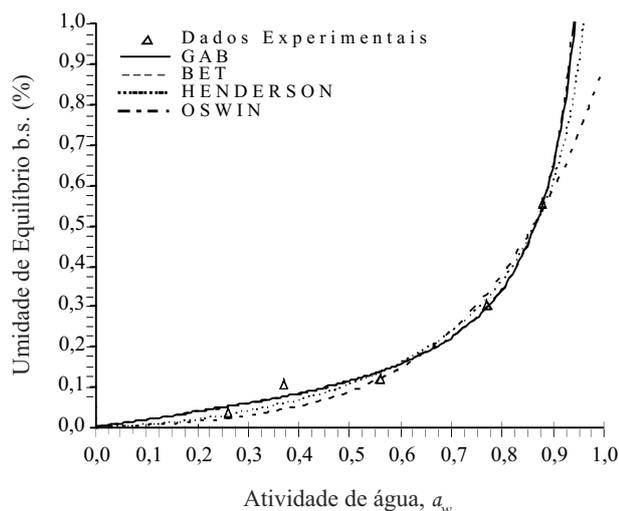


Figura 1 - Isotermas de adsorção de pó de sapoti liofilizado para os modelos GAB, BET, Henderson e Oswin à 23 °C

As isotermas de adsorção de sapoti liofilizado foram obtidas traçando os teores de água de equilíbrio do pó alimentício de sapoti liofilizado em função da atividade de água. Os valores experimentais obtidos mostram que o comportamento das isotermas foi do tipo exponencial. Nas isotermas de adsorção do pó de sapoti liofilizado verificou-se que as amostras tiveram alterações no quarto dia de realização da construção das isotermas com um crescimento de micélios de fungos a partir da atividade de água de 0,84.

Dentro da primeira parte das isotermas de adsorção onde a a_w varia de 0,1 a 0,4 podemos observar um pequeno aumento do teor de água com um grande aumento da a_w . Apesar do pó de sapoti liofilizado conter um elevado teor de açúcares não-redutores de 15,90% mostra-se que nesta faixa de a_w o sapoti liofilizado foi pouco higroscópico. É importante também lembrar que a adsorção da água nos alimentos desidratados é causada, principalmente, pela própria natureza química dos componentes orgânicos do produto, tais como açúcares (principalmente nos frutos), a existência de forças inter-moleculares do tipo Van der Waals, da capacidade de grupos hidroxílicos para formar ligações com moléculas de água e do tipo de processo usado na desidratação (PEREIRA, 2006).

Na segunda parte das isotermas de adsorção onde a a_w varia de 0,4 a 0,7 observa-se um aumento relativamente importante do teor de água em função do aumento da a_w . Esta evolução é característica de produtos polares de alta energia de ligação que podem estar localizados dentro das partículas dos pós de sapoti

liofilizado. Podemos também observar que a curva do modelo de BET é ligeiramente mais acentuada quando comparada com os demais modelos aplicados. Porém esta observação só poderá ser confirmada com um número bem maior de repetições que o utilizado neste estudo.

Na última parte das isotermas de adsorção onde a a_w varia de 0,8 a 0,9 observa-se um forte aumento do teor de água. Possivelmente este aumento é devido à presença de compostos solúveis e da porosidade presentes no pó de sapoti liofilizado. É importante lembrar que a alta higroscopicidade do pó de sapoti liofilizado está provavelmente associada também a sua composição química com altos teores de açúcares totais de 51,99 g 100 g⁻¹.

A construção das isotermas de adsorção dos pós de sapoti liofilizado encerrou-se em um período de 7 dias. Em isotermas de adsorção de pós de diferentes espécies de manga, o tempo para realização foi bem mais extenso de 20 dias respectivamente (BEZERRA, 2009). Observa-se, de modo geral, que houve um aumento do teor de água de equilíbrio para o pó de sapoti liofilizado em função do aumento da atividade de água Tabela 2. Sendo que este aumento é mais evidente para as atividades de água superiores a 0,57.

Modelos matemáticos aplicados nas isotermas de adsorção do pó de sapoti liofilizado

A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros para os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais, além dos valores dos coeficientes de correlação e erro médio. De acordo com os valores de R² observa-se que todas as equações se ajustaram bem às isotermas de adsorção do pó de sapoti liofilizado, porém para a avaliação do melhor ajuste, levou-se em consideração o menor valor do erro médio relativo (E). Portanto, como pode-se visualizar, o modelo de GAB e Oswin foram aqueles que melhor se ajustaram para o pó de sapoti liofilizado com erro de 18,01% e 18,10% respectivamente. O modelo de BET apresentou erro bastante alto para o pó de sapoti liofilizado. Moura et al. (2004) também encontrou o modelo GAB como satisfatório em seus estudos com modelagem matemática para isotermas de polpa de caju.

No que se refere ao conteúdo de umidade na monocamada molecular (X_m) para o pó de sapoti liofilizado encontrado pelos modelos aplicados observa-se que o modelo de BET foi o que apresentou maior valor de 36,22. Os valores de (X_m) para os modelos de GAB, Henderson e Oswin foram inferiores ao de BET com valores respectivamente de 0,08345; 0,6903; 0,1146. Isto mostra que o pó de sapoti liofilizado apresenta

Tabela 3 - Parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção aos modelos do pó de sapoti liofilizado, coeficiente de correlação (R^2) e erro médio (E) na temperatura de 23 °C

Modelos	Parâmetros			R^2	E (%)
GAB	(X_m)	(C)	K	0,990	18,01
	0,08345	2,522	0,9758		
BET	(X_m)	(C)	n	0,970	41,75
	36,22	0,001335	5,625		
Henderson	a	b		0,982	21,89
	0,6903	3,228			
Oswin	a	b		0,990	18,10
	0,1146	0,7908			

praticamente a mesma higroscopicidade quando o valor (X_m) é calculado através dos modelos de GAB, Henderson e Oswin com exceção do modelo de BET. RIGANAKOS et al. (1994), utilizando o modelo de BET, encontraram valores do conteúdo de umidade da monocamada (X_m) respectivamente, de 0,065; 0,090 e 0,070 g de água/g de matéria seca em farinha de trigo. Os valores da constante de sorção (C) foram de 2,52 para o modelo de GAB, 0,001335 para o modelo de BET e 3,228 para o modelo de Handerson. Anselmo et al. (2006) utilizando o modelo de Handerson modificado por Matam encontram valores de constantes de sorção para o cajá em pó de 8,3060; 20,8410; 0,5995; 24,4120; 13,0160 nas temperaturas de 10; 20; 30; 40; e 50 °C respectivamente.

Conclusões

- Os resultados mostram que as variáveis físico-químicas analisadas do pó liofilizado de sapoti obtiveram valores superiores aos dos frutos de sapoti na forma *in natura*, com exceção do pH que permaneceu praticamente inalterado (5,55 - 5,58) do fruto *in natura* e em pó liofilizado, respectivamente. O pó liofilizado de sapoti mostrou-se como boa fonte de minerais, destacando-se os elementos potássio, sódio e fósforo;
- O sapoti liofilizado obtido apresentou boas características físicas de cor e fluidez, assim como, valores importante de açúcares redutores de 9,67 a 36,09%; sólidos solúveis totais de 15,67 a 65,50 °Brix; ácido ascórbico de 8,45 a 9,84 mg/100g para o sapoti na forma *in natura* e sapoti liofilizado em pó respectivamente;
- O modelo de GAB e Oswin foram aqueles que melhor se ajustaram para o pó de sapoti liofilizado com erro de 18,01 e 18,10% respectivamente, enquanto o modelo de BET apresentou erro elevado para o pó de sapoti liofilizado.

Agradecimentos

Ao CNPq e FUNCAP pelo auxílio financeiro através de bolsa, e à Universidade Federal do Ceará pela infra-estrutura de Laboratório.

Referências

- ANSELMO, G. C. S. *et al.* Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 06, n. 02, p. 58-65, 2006.
- ARAÚJO NETO, S. E. **Desenvolvimento, maturação e determinação do ponto de colheita do sapoti (*Manilkara achras* (Mill.) Fosberg)** 2000. 45f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró.
- BEZERRA, S. T. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)** 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CHOUDHURY, M. M. Foco no agronegócio de manga. **Revista Com Você**, v. 15, n. 143, p. 07, 2001.
- COSTA, M. L. Algumas características do fruto do sapotizeiro Itapirema-31 durante o desenvolvimento e o armazenamento. **Caatinga**, v. 13, n. 01/02, p. 15-18, 2000.
- DAMASCENO, L. F. *et al.* Avaliação da Aceitação de Sapoti de Umidade Intermediária. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 177-180, 2008.
- GUIMARÃES, M. M; SIVA, M. S. Valor nutricional e características químicas e físicas de frutos de murici-passa (*Byrsonima verbascifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28 n. 04, p. 817-821, 2008.

- GREESPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National of Standards A. Physics and Chemistry**, v. 81, n. 01, p. 89-96, 1977.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. v. 1.
- KUROZAWA, L. E.; EL-AOUAR; A. A., MUR, F. E. X. Obtenção de isothermas de cogumelo in natura e desidratado osmoticamente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 04, p. 828-834, 2005.
- MIRANDA, M. R. A. *et al.* Alterações Físicas e Químicas Durante o Desenvolvimento e Maturação do Sapoti. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 47, p. 259-261, 2003.
- MORAIS, P. L. D. *et al.* Amadurecimento de sapoti (*Manilkara zapota* L.) submetido ao 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 03, p. 369-373, 2006.
- MOURA, R. S. F. *et al.* Modelagem matemática para isothermas em polpa de caju. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 04, n. 02, 2004.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de Pitanga Integral, Formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 08, n. 01, p. 25-33, 2006.
- OLIVEIRA, V. S. *et al.* Caracterização físico-química de murici (*byrsonima crassifolia* L., malpighiaceae) *in natura* e em pó obtido pelo processo de liofilização. SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 8., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas, 2009.
- PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M. Q.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Características Físico-Químicas Do Tomate Em Pó Durante O Armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 06, n. 01, p. 83-90, 2006.
- RIGANAKOS, K. A.; DEMERTZIS, P. G.; KOTOMINAS, M.G. Water sorption by wheat and soy flour: comparison of the three methods. **Journal Cereal Science**, v. 20, p. 101-106, 1994.
- ROQUE-SPECHT, V. F.; MAIA, M. S. Avaliação da perda de umidade de cinco variedades de tomate, através de secagem artificial. **Higiene Alimentar**, v. 16, n. 94, p. 30-32, 2002.
- SOUZA FILHO, M. S. M. *et al.* Physico-chemical and Sensory Characterization of Nectars from Native Fruits from the North and Northeast of Brazil: Exploratory Study. **Braz. Journal of Food Technology**, v. 05, p. 139-143, 2002.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.