

# DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE TAMARINDO PELO MÉTODO DE CAMADA DE ESPUMA<sup>1</sup>

## Dehydration of tamarind pulp through the foam-mat drying method

Adriano Sant'ana Silva<sup>2</sup>, Kátia Cristina de Oliveira Gurjão<sup>3</sup>, Francisco de Assis Cardoso Almeida<sup>4</sup>,  
Rislane de Lucena Alcântara Bruno<sup>5</sup>, Walter Esfrain Pereira<sup>6</sup>

### RESUMO

Objetivou-se, no presente trabalho, estudar a cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma (foam-mat), a 50, 60, 70 e 80 °C, e avaliar o efeito dessas temperaturas no teor de ácido ascórbico, acidez total titulável e na cor, expressa pelo parâmetro luminosidade (L\*) matiz (h°). Para a representação dos dados experimentais da secagem, três modelos matemáticos de camada fina foram aplicados adotando-se como critérios de seleção o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o desvio quadrático médio (DQM). De acordo com os resultados obtidos, tem-se que a temperatura é um fator determinante no processo de desidratação e que o modelo de Midilli e Kucuk foi o que melhor representa o comportamento das curvas de desidratação. Os melhores resultados para o teor de ácido ascórbico, acidez titulável e cor foram obtidos para as temperaturas de 60 e 70 °C.

**Termos para indexação:** Modelagem, conservação, secagem, tamarindo.

### ABSTRACT

The foam-mat drying process was studied for the tamarind pulp at 50, 60, 70 and 80°C and the temperature effect on the tamarind powder were evaluated as regards to ascorbic acid content, total titratable acidity and colour, expressed by luminosity (L\*) and hue (h°). For the representation of the drying process three models for thin-layer were applied and the criterion of evaluation used were the coefficient of determination (R<sup>2</sup>) and root mean square error (DQM). According to the results the temperature is a determinant parameter in the drying process, and the Midilli and Kucuk model was the best one to represent the behavior of the drying curves. The best results for ascorbic acid content, titratable acidity and colour were obtained at the temperatures of 60 and 70 °C.

**Index terms:** Modelling, conservation, drying, tamarind.

(Recebido em 4 de novembro de 2007 e aprovado em 1 de agosto de 2008)

### INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado por sua diversidade de clima e solo, garantindo uma produção de frutas bastante diversificada, sendo um dos principais produtores e exportadores de várias espécies frutíferas nativas e exóticas ainda não aproveitadas em todo o seu potencial (CÁCERES, 2003).

Os frutos tropicais como tamarindo, abacaxi, maracujá, manga, cajá, goiaba e graviola, têm uma especial preferência na dieta dos consumidores brasileiros (CÁCERES, 2003), devido aos seus constituintes

nutricionais e variedade de aromas e sabores. Atualmente, os produtos em pó, obtidos das polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, uma vez que o processamento desses frutos reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação (COSTA et al., 2003).

Dentre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (foam-mat drying), destaca-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa

<sup>1</sup>Parte do trabalho de tese do segundo autor

<sup>2</sup>Química Industrial, Doutorando em Engenharia de Processos – Centro de Ciências e Tecnologia/CCT – Unidade Acadêmica de Engenharia Química/UAEQ – Laboratório de Engenharia Química/LEB – Universidade Federal de Campina Grande/UFCG – Rua Euclides Carolino de Lima, 185 – Santa Rosa – 58416-290 – Campina Grande, PB – adriano\_santana@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Engenheira Agrícola, Doutora em Agronomia – Coordenação Geral de Produção e Pesquisa – Escola Agrotécnica Federal de Sousa/EAFS – Avenida Presidente Tancredo Neves, s/n – Jardim Sorrilândia – Cx. P. 49 – 58000-800 – Sousa, PB – katgurjao@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Agrônomo, Doutor em Agronomia – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais/CTRN – Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola/UAEA – Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas/LAPPA – Rua Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – 58109-900 – Campina Grande, PB – almeida@deag.ufcg.edu.br

<sup>5</sup>Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal e Fitotecnia – Centro de Ciências Agrárias/CCA – Laboratório de Análise de Sementes – Universidade Federal da Paraíba/UFPB – Campus Universitário – 58397-000 – Areia, PB – lane@cca.ufpb.br

<sup>6</sup>Agrônomo, Doutor em Fitotenia – Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais – Universidade Federal da Paraíba/UFPB – Campus Universitário – 58397-000 – Areia, PB – wep@cca.ufpb.br

agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados.

Esse tipo de processo consiste basicamente de três etapas: modificação na consistência líquida do suco ou polpa em uma espuma estável, pela adição de agentes espumantes, secagem do material em camada fina e pulverização do material desidratado (TRAVAGLINI et al., 2001).

A desidratação em camada de espuma tem a característica de manter alta qualidade dos produtos, oferecendo grandes possibilidades comerciais, sendo aplicadas em café, sucos de laranja, uva, carambola, abacaxi e outros produtos instantâneos (SANKAT & CASTAIGNE, 2004). Além disso, como vantagem desse método, pode-se citar a baixa temperatura empregada e o menor tempo de desidratação, devido à maior área de superfície exposta ao ar.

O processo de desidratação em camada de espuma foi empregado por Thuwapanichayanan et al. (2008) na obtenção de banana em pó, e nesse estudo os autores observaram que a temperatura, a densidade da espuma e a concentração do agente espumante não apresentam grande influência no processo de secagem.

Bastos et al. (2005) ao estudarem a desidratação da polpa da manga “Tommy Atkins”, pela mesma técnica, observaram influência da temperatura em alguns dos constituintes nutricionais, tais como açúcares redutores, ácido ascórbico, e da polpa em pó obtida.

Objetivou-se, no presente trabalho, estudar a cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma, determinar qual o modelo matemático que melhor representa o processo e avaliar o efeito da temperatura sobre o teor de ácido ascórbico, acidez total titulável e cor da polpa de tamarindo em pó.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da UAEAg/CTRN, em conjunto com o

Laboratório de Secagem e Processos Químicos da Unidade Acadêmica da UAEQ/CCT da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

### Matéria-prima e processo de secagem

Utilizou-se como matéria-prima a polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) produzida na Escola Agrotécnica Federal de Sousa (EAFS). Após aquisição, a polpa foi transportada para o LAPPA para posterior armazenamento em freezer a  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até o momento de ser processada.

A desidratação em camada de espuma (foam-mat) deu-se, depois de estabelecida, experimentalmente, a quantidade (5 %) do composto protéico à base de albumina (Advanced Nutrition) utilizada como dispersante e promotor de espuma, obtida por homogeneização desse com a polpa em agitador doméstico até a espuma alcançar densidade aparente média entre 0,45 e 0,50  $\text{g cm}^{-3}$ . A densidade aparente da espuma foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Karim & Wai (1999), tendo apenas como modificação o volume da amostra empregado que foi de 20 mL da formulação. Em seguida, a formulação foi disposta em placa de vidro formando uma camada de 0,5 cm de altura. A secagem da espuma foi conduzida em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50; 60; 70 e 80  $^{\circ}\text{C}$ . Após a desidratação as amostras foram retiradas das placas de vidro para serem trituradas e homogeneizadas em processador doméstico, sendo posteriormente acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade para posteriores análises laboratoriais.

### Modelagem do processo de secagem

Para a representação das curvas de secagem, foram utilizados os modelos de Page (Eq.1), Henderson e Pabis (Eq.2) (ZHANG & LITCHFIELD, 1991) e Midilli e Kucuk (Eq.3) (MIDILLI et al., 2002), ajustados por regressão não linear mediante o programa computacional Statistica, versão 5.0.

$$\text{Page} \quad RU = \frac{(U_t - U_e)}{(U_o - U_e)} = \exp(-kt^n) \quad (\text{Eq.1})$$

$$\text{Henderson e Pabis} \quad RU = \frac{(U_t - U_e)}{(U_o - U_e)} = a \exp(-kt) \quad (\text{Eq.2})$$

$$\text{Midilli e Kucuk} \quad RU = \frac{(U_t - U_e)}{(U_o - U_e)} = a \exp(-kt^n) + bt \quad (\text{Eq.3})$$

em que RU é a razão de umidade;  $U_t$ ,  $U_o$  e  $U_e$  são os teores de umidade no tempo t, inicial e de equilíbrio, respectivamente; a, n e b são constantes das equações; t é o tempo (min); k é a constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ ).

Como critério de seleção do modelo que melhor representa o processo, utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio (DQM) (BATES & WATTS, 1988), (Eq.4) em que, quanto menor o valor de DQM, melhor a representatividade do modelo.

$$\text{DQM} = \sqrt{\frac{\sum (RU_{\text{pre}} - RU_{\text{exp}})^2}{N}} \quad (\text{Eq. 4})$$

em que,  $RU_{\text{pre}}$  é a razão de umidade predita pelo modelo,  $RU_{\text{exp}}$  é a razão de umidade experimental e N é o número de observações realizadas ao longo do experimento.

#### Avaliação do processo de secagem

A polpa *in natura*, formulada e a polpa de tamarindo em pó (9 % b.s.) foram submetidas à determinação físico-química de acidez total titulável (AOAC, 1984), expresso em gramas de ácido tartárico por 100 gramas de amostra seca ( $\text{g}_{\text{at}} 100_{\text{ms}}^{-1}$ ), ácido ascórbico (AOAC, 1984), modificada por Benassi & Antunes (1998), expresso em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra seca ( $\text{mg}_{\text{aa}} 100_{\text{ms}}^{-1}$ ). A determinação física de cor, expressa em luminosidade ( $L^*$ ) e matiz ( $h^\circ$ ), utilizando colorímetro Minolta, modelo CR-10.

Os resultados, determinados na avaliação do extrato seco em pó da polpa de tamarindo, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT, versão 7.2 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cinética de secagem

Na Figura 1, encontram-se representadas graficamente as curvas de secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo para as temperaturas em estudo. A análise dessas curvas revela que o acréscimo na temperatura favorece a diminuição do tempo e ao aumento da velocidade da secagem, o comportamento é similar às observações realizadas por Sankat & Castaigne (2004), ao estudarem a secagem em camada de espuma de banana.

De acordo com as curvas da Figura 1, tem-se perda de umidade mais rápida no início do processo e tempo de estabilização em função da temperatura de 4,3; 3,4; 3,0 e 2,5 h, a 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente. Esse comportamento indica que o tempo necessário para retirar a água contida na polpa de tamarindo, empregando-se a temperatura de 50 °C, é 1,7 vezes maior do que o tempo requerido para temperatura de 80 °C.

A secagem da polpa de tamarindo ocorre no período de taxa decrescente, o que indica a difusão como

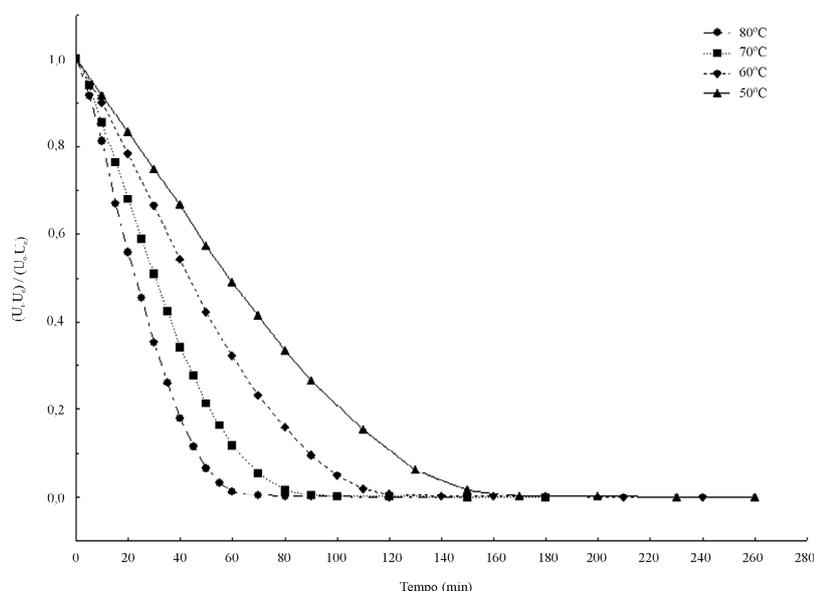


Figura 1 – Curvas de secagem da polpa de tamarindo nas temperaturas em estudo

mecanismo físico mais provável a governar o movimento da umidade, através da estrutura da amostra.

A ausência do período de secagem à taxa constante pode ter ocorrido por causa da natureza da umidade, pois mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), apresentando uma pressão de vapor abaixo da pressão de vapor da água pura, fato também observado em estudos de secagem em camada de espuma de banana (THUWAPANICHAYANAN et al., 2008).

Na Tabela 1, têm-se os valores dos parâmetros dos modelos empregados para a representação dos dados experimentais, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os desvios quadráticos médios (DQM), para as temperaturas em estudo.

Verifica-se que dentre os modelos empregados, o de Midilli e Kucuk, apresenta os maiores valores para  $R^2$ , acima de 0,9978 e menores DQM, para todas as temperaturas, seguido do modelo de Page, que supera o de Henderson e Pabis. A superioridade do modelo de Midilli e Kucuk em relação ao de Page, pode ser explicado pela maior quantidade de parâmetros da equação. Todos os modelos apresentaram valores de  $R^2$  superiores a 0,96, ou seja, 96 % da linha de regressão dos modelos descrevem o comportamento dos dados experimentais. Tal observação indica que os modelos podem ser utilizados na estimativa das curvas de secagem da polpa de tamarindo. No entanto, o modelo de Midilli e Kucuk (Figura 2) é o que melhor representa o processo de

secagem, por apresentar o menor desvio quadrático médio (DQM).

Observa-se ainda que, para todos os modelos empregados os valores de  $k$  ( $\text{min}^{-1}$ ) aumentam com o acréscimo da temperatura, e esse comportamento foi observado por Alexandre (2005) ao estudar a cinética secagem em camada de espuma da polpa de pitanga.

#### Avaliação do processo de secagem

Na Tabela 2, encontram-se apresentados os valores médios referentes ao teor de ácido ascórbico, luminosidade ( $L^*$ ), matiz ( $h^\circ$ ) e acidez total titulável para as temperaturas em estudo.

Em análise aos resultados obtidos para o teor de ácido ascórbico, observa-se que a adição do agente emulsificante não ocasionou maiores alterações do ponto de vista estatístico, no conteúdo dessa vitamina na formulação. Verifica-se ainda que para as temperaturas estudadas, a tendência é obter maior concentração de vitamina C para as temperaturas maiores, conforme constatado para a temperatura de 80 °C.

O ácido ascórbico é uma das vitaminas mais sensíveis ao aquecimento, podendo ser totalmente destruída durante o processo de secagem. Entretanto, a desidratação em temperaturas mais elevadas, acima de 80 °C, pode colaborar com a inativação de algumas enzimas oxidativas (e.g. ácido ascórbico oxidase) as quais colaboram com a degradação do ácido ascórbico (MAHARAJ & SANKAT, 1996).

Tabela 1 – Parâmetros dos modelos aplicados para a representação dos dados experimentais e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelos	T (°C)	Parâmetros				$R^2$	DQM
		k	a	n	b		
Page	50	0,0016	-	1,4976	-	0,9965	0,02023
	60	0,0019	-	1,5642	-	0,9979	0,01547
	70	0,0038	-	1,5538	-	0,9985	0,01301
	80	0,0052	-	1,5775	-	0,9981	0,01464
Henderson e Pabis	50	0,0151	1,0908	-	-	0,9721	0,05775
	60	0,0216	1,1036	-	-	0,9706	0,05790
	70	0,0302	1,1086	-	-	0,9736	0,05511
	80	0,0411	1,1100	-	-	0,9699	0,05879
Midilli e Kucuk	50	0,0011	0,9688	1,5658	$-6,2 \times 10^{-5}$	0,9978	0,01612
	60	0,0015	0,9763	1,6182	$-3,6 \times 10^{-5}$	0,9984	0,01330
	70	0,0031	0,9798	1,5870	$-4,9 \times 10^{-5}$	0,9989	0,01064
	80	0,0044	0,9817	1,6184	$-5,8 \times 10^{-5}$	0,9985	0,01317

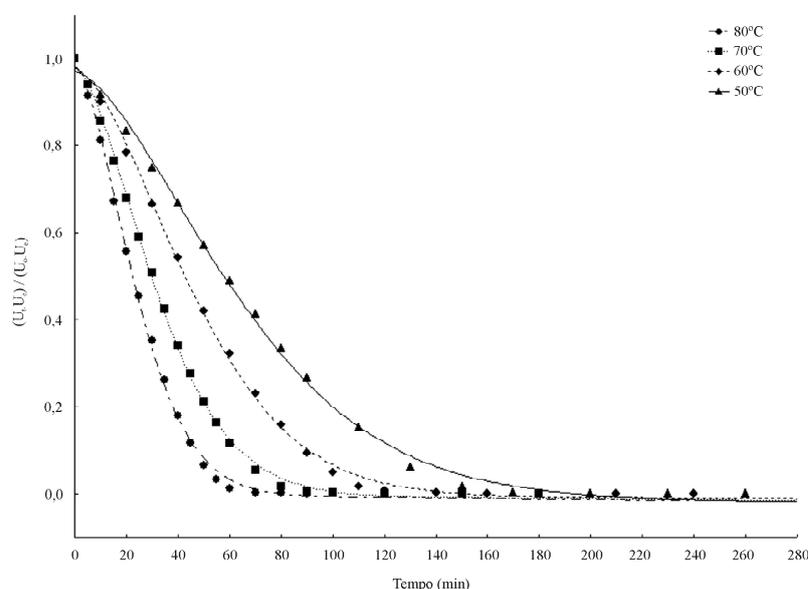


Figura 2 – Curvas de secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo nas temperaturas em estudo, ajustadas com o modelo de Midilli e Kucuk

Tabela 2 – Valores médios da luminosidade ( $L^*$ ), matiz ( $h^\circ$ ), ácido ascórbico e acidez total titulável para a polpa, formulação e polpa em pó de tamarindo desidratado nas temperaturas em estudo.

Tratamentos	Ácido Ascórbico ( $\text{mg}_{\text{aa}} 100 \text{ g}_{\text{ms}}^{-1}$ )	Acidez Total Titulável ( $\text{g}_{\text{at}} 100 \text{ g}_{\text{ms}}^{-1}$ )	$L^*$	$h^\circ$
Polpa	36,73 a	24,94 a	26,87 d	73,53 b
Formulação	39,45 a	22,39 b	37,95 a	74,85 a
50 °C	19,20 c	12,01 c	30,65 c	68,36 de
60 °C	27,85 b	12,61 c	34,38 b	69,38 c
70 °C	23,54 bc	11,93 c	31,38 c	69,25 cd
80 °C	29,66 b	13,03 c	31,18 c	67,72 e
DMS	6,72	1,22	1,56	1,02
C.V.(%)	10,18	3,37	2,17	0,64

DMS – Desvio médio significativo; C.V. – Coeficiente de variação; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A oxidação do ácido ascórbico é influenciada principalmente com a elevação da temperatura, entretanto, Lee & Kader (2000) relatam que essa vitamina pode ser facilmente oxidada em soluções aquosas, na presença de oxigênio e de íons de metálicos (especialmente  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ ), em pH alcalino, etc.

Além destes fatores, a viscosidade, que está intimamente ligada ao conteúdo de água, também possui a sua parcela na degradação do ácido ascórbico, durante o processo de secagem. Em um alimento com umidade intermediária, as taxas de degradação de vitamina C

aumentam em atividades de água mais altas, supostamente devido ao fato da reação de oxidação ocorrer mais facilmente quando a fase aquosa do produto é menos viscosa (LEE & LABUZA, 1975).

Dessa forma o menor valor observado para o conteúdo dessa vitamina, na temperatura de 50 °C, pode ser atribuído ao maior tempo de exposição do produto ao ar de secagem e à elevada atividade de água e teor de umidade presentes na amostra. Esse mesmo comportamento foi observado por Erenturk et al. (2004) ao estudarem a secagem de *Rosa canina* L.

Gabas et al. (2003) relacionaram temperatura e conteúdo de água com a degradação do ácido ascórbico, e constataram que a baixas temperaturas e elevados conteúdos de água a degradação dessa vitamina é mais acentuada.

Através da análise dos resultados referentes à acidez total titulável (ATT), pôde-se verificar que a adição do agente promotor de espuma a polpa de tamarindo diminui o valor de ATT em cerca de 11 %, e esse comportamento pode estar relacionado à alcalinidade do agente (pH=9,8).

Observa-se ainda (Tabela 1) que para as temperaturas em estudo não houve variação do ponto de vista estatístico nos valores de ATT, e tal comportamento foi observado por Rajkumar et al. (2007) ao estudarem a secagem em camada de espuma da polpa de manga.

Contudo, pôde-se observar um decréscimo no valor de ATT para a polpa em pó de tamarindo, obtido nas temperaturas em estudo, em relação à polpa *in natura* e à formulação. A redução observada pode estar relacionada à presença de íons metálicos de ferro e cobre, e a ação de enzimas oxidativas. El-Siddig et al. (2006) relatam que a polpa de tamarindo apresenta diversos micronutrientes na sua composição, dentre eles ferro e cobre, e segundo Clark et al. (2007) o ácido tartárico, principal ácido orgânico a constituir a polpa de tamarindo, é facilmente oxidado na presença de íons de ferro e cobre, como também por algumas enzimas.

Com relação ao comportamento da luminosidade ( $L^*$ ), verifica-se que a adição do agente emulsificante à polpa de tamarindo favorece ao aumento da luminosidade, isto é, a formulação tende a ser mais clara, e tal comportamento deve-se à adição do agente à polpa de tamarindo. Observa-se ainda que a polpa de tamarindo em pó, obtida nas temperaturas em estudo tende, de maneira geral, ao escurecimento quando comparada à formulação, sem diferenças significativas entre as temperaturas de 50, 70 e 80 °C. A luminosidade ( $L^*$ ) da polpa de tamarindo obtida com o uso dessas temperaturas (50, 70 e 80 °C) foi a que mais se aproximou da cor original da polpa de tamarindo.

Considerando a tonalidade de cor revelada através do matiz (Tabela 1), verifica-se que a adição do agente espumante modifica a cor da polpa de amarelo-alaranjado para uma tonalidade mais clara, e tal comportamento se deve pela tonalidade de cor mais clara do agente. As polpas em pó de tamarindo obtida para as temperaturas em estudo, tendem a apresentar tonalidade de cor amarelo-alaranjado mais escuro.

De acordo com El-Siddig et al. (2006) a antocianina é o principal pigmento que constitui a polpa de tamarindo.

Contudo, Coultate (2004) relata que a presença do ácido ascórbico pode causar problemas à antocianina.

Esse mesmo autor relata que na presença de íons de cobre, ferro e oxigênio, a oxidação do ácido ascórbico para ácido dehidroascórbico é acompanhada pela formação de peróxido de hidrogênio, e esse último composto degrada as antocianinas, o que implica na perda de cor do alimento. Dessa forma a modificação na luminosidade e do matiz da polpa em pó de tamarindo, obtido nas temperaturas em estudo, pode estar relacionada com o processo oxidativo da antocianina causado pela degradação do ácido ascórbico.

### CONCLUSÕES

Os melhores atributos (ácido ascórbico, luminosidade, matiz e acidez total titulável) são obtidos com a secagem da polpa a 60 e 70°C.

O extrato em pó de tamarindo é, em média, cinco vezes mais concentrado que a polpa.

Os modelos de Page, Henderson e Pabis e, Midilli e Kucuk representaram, satisfatoriamente, os dados experimentais da secagem da polpa de tamarindo formulada, com os melhores ajustes revelados pela equação de Midilli e Kucuk.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, H. V. **Secagem da polpa de pitanga e armazenamento do pó**. 2005. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12. ed. Washington, DC, 1984. 1094 p.

BASTOS, D. S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. L.; VERRUMA-BERNADI, M. R. Desidratação da polpa de manga "Tommy Atkins" utilizando a técnica de foam mat drying: avaliações químicas físico-químicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Engineering**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.

BATES, D. M.; WATTS, D. G. **Nonlinear regression analysis and its applications**. New York: Wiley, 1988. 365 p.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos**

- de **Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-503, 1998.
- CÁCERES, M. C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do “blend” misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- CLARK, A. C.; PRENZLER, P. D.; SCOLLARY, G. R. Impact of the condition of storage of tartaric acid solutions on the production and stability of glyoxylic acid. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 905-916, 2007.
- COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368 p.
- COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.
- EL-SIDDIG, K.; GUNASENA, H. P. M.; PRASAD, B. A.; PUSHPAKUMARA, D. K. N. G.; RAMANA, K. V. R. **Tamarind, *Tamarindus indica***. Southampton, UK: Southampton Centre for Underutilised Crops, 2006. 198 p.
- ERENTURK, S.; GULABOGLU, M. S.; GULTEKIN, S. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 68, n. 4, p. 513-518, 2004.
- GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 66-70, 2003. Suplemento.
- KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.
- LEE, S. H.; LABUZA, T. P. Destruction of ascorbic acid as a function of water activity. **Journal of Food Science**, v. 40, n. 2, p. 370-373, 1975.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.
- MAHARAJ, V.; SANKAT, C. K. Quality changes in dehydrated dasheen leaves: effects of blanching pre-treatments and drying conditions. **Food Research International**, Barking, v. 29, n. 5/6, p. 563-568, 1996.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAZ, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, New York, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.
- RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANTHAN, R.; PARVATHI, K. Thin layer drying study on foamed mango pulp. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal Manuscript**, v. 9, p. 1-14, 2007.
- SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 37, n. 1, p. 217-525, 2004.
- SILVA, F. A. S. A.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.
- TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p.
- THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 86, n. 4, p. 573-583, 2008.
- ZHANG, Q.; LITCHFIELD, J. B. An optimization of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer. **Drying Technology**, New York, v. 9, p. 383-395, 1991.