

Estudo da cinética de secagem de polpa de carambola

RESUMO

O processo de secagem de produtos agrícolas tem sido uma técnica muito empregada para redução do teor de água dos produtos com o intuito de dificultar o crescimento microbiano e a ocorrência de reações químicas e bioquímicas, possibilitando o armazenamento seguro por longos períodos, bem como reduzir a massa e volume a ser transportado. O presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo da cinética de secagem de polpa de carambola (*Averrhoa carambola*) para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C e 1,0 m s⁻¹ de velocidade do ar de secagem utilizando-se um secador descontínuo de bandejas. Os dados de secagem foram coletados e, posteriormente, analisados para realizar a caracterização das curvas de secagem por meio dos seguintes modelos matemáticos: Aproximação da Difusão; Dois Termos; Henderson e Pabis; Henderson e Pabis Modificado; Lewis; Logarítmico; Midilli e Kuck; Thompson. Com os resultados obtidos, pode-se observar que o modelo de Midilli e Kuck foi o que melhor representou a cinética de secagem em camada delgada do produto em estudo. Conclui-se também que a temperatura é a variável que possui maior influência sobre a redução da razão de umidade; e que os valores da difusividade efetiva (DEF) e energia de ativação (Ea) apresentaram tendência de aumentar com a elevação da temperatura do ar de secagem.

PALAVRAS-CHAVE: Cinética. Secagem. Polpa de carambola. Modelagem matemática.

Rodolfo Benedito da Silva

rodolfobsilva@ufgd.edu.br

Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Fabício Schwanz da Silva

fabicio.silva@ufpr.br

Universidade Federal do Paraná, Palotina, Paraná, Brasil.

Alexandre Gonçalves Porto

agporto@hotmail.com

Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, Mato Grosso, Brasil.

Alessandro Pilonetto Alves

alessandropilonetto@hotmail.com

Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, Mato Grosso, Brasil.

INTRODUÇÃO

A carambola (*Averrhoa carambola*) é originária da Ásia. No Brasil, foi introduzida no século XVIII, sendo cultivada em todo o país, principalmente nas regiões mais quentes. Esta fruta pode ser consumida in natura ou na forma de geleias, sucos, doces, compotas, sorvetes e como ingrediente para coquetéis (BASTOS, 2004).

Devido ao alto teor de umidade, as frutas são bastante susceptíveis a deterioração pela ação de micro-organismos. Dessa forma, a utilização da secagem vem sendo cada vez mais difundida, pois além de oferecer um produto de boa qualidade, permite que seu armazenamento seja por um período mais longo. Existe ainda a facilidade de redução de massa e volume ao ser transportado (ANDRADE et al., 2006; CORRÊA, et al., 2008).

A secagem consiste em um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção do excesso de água contida no mesmo por meio de evaporação, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido (ISQUIERDO et al., 2013; GONELI et al., 2014).

A cinética e a modelagem matemática da secagem são consideradas ferramentas importantes na otimização do processo de secagem (RESENDE et al., 2010; FERREIRA et al., 2012; GONELI et al., 2014; LEITE et al., 2015). A cinética de secagem tem sido um assunto amplamente utilizado e discutido na literatura, apontando evidências que a temperatura e a velocidade do ar de secagem, se configuram como as variáveis mais importantes neste processo (BORGES et al., 2010; SANTOS et al., 2010; SANJINEZ-ARGANDOÑA et al., 2011).

De acordo com Midilli et al. (2002), os modelos matemáticos são usados com o intuito de estimar o tempo de secagem dos produtos e também para obter as curvas de secagem que representam a operação. Na literatura, existem diversos modelos que descrevem o comportamento dos produtos durante o processo de secagem. Tais modelos são classificados em: modelos teóricos, semiteóricos e empíricos. A diferença entre eles, está no fato que os modelos teóricos, consideram apenas a resistência interna à transferência de calor e água entre o produto e o ar aquecido. Já os modelos semiteóricos e empíricos levam em consideração somente a resistência externa à temperatura e umidade relativa do ar de secagem (MIDILLI et al., 2002; PANCHARIYA et al., 2002).

O tempo do processo de secagem que fornece a informação da velocidade de troca de calor entre o produto e o ar, pode ser analisada por meio da difusividade efetiva nas diferentes temperaturas do processo. A difusividade efetiva é uma importante propriedade de transporte, muito útil na análise dos processos de processamento dos produtos, como a secagem (AREVALO-PINEDO e MURR, 2005).

O coeficiente de difusão (DEF) descreve a velocidade de saída de água do produto submetido ao processo de secagem e envolve os efeitos de todos os fenômenos que podem interferir sobre a migração da água, sendo que seu valor é obtido por meio do ajuste de valores experimentais. Como a difusividade pode alterar à medida que mudam as condições de secagem (temperatura e velocidade do ar), ela não é intrínseca ao material. Sendo assim, convencionou-se chamá-la de difusividade efetiva (OLIVEIRA et al., 2006).

A energia de ativação (E_a) é compreendida como a energia necessária para superar as barreiras que as moléculas de água se deparam na migração do interior para a superfície do produto durante o processo de secagem (SHARMA e PRASAD, 2004). As informações a respeito da modelagem matemática das curvas de secagem, dos valores da difusividade efetiva e energia de ativação, são essenciais para o projeto, construção e aprimoramento de equipamentos de secagem (CELMA et al., 2009).

O presente trabalho teve por objetivo estudar as curvas de secagem da polpa de carambola por meio dos modelos matemáticos disponíveis na literatura, bem como determinar a difusividade efetiva (DEF) e a energia de ativação (E_a).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Engenharia e Processamento Agroindustrial, pertencente ao Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial do Campus Universitário Dep. Est. Renê Barbour - Barra do Bugres - MT, da Universidade do Estado de Mato Grosso.

Os frutos de carambola foram coletados em propriedades rurais no município de Barra do Bugres - MT. Logo após a colheita, os frutos foram transportados até o laboratório onde foram inspecionados e selecionados através da coloração e do bom estado de conservação, sendo descartados os frutos considerados impróprios para o processamento.

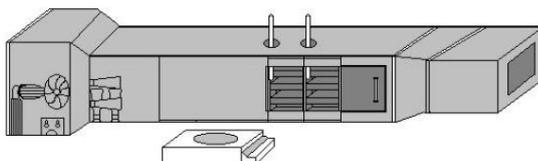
Após esta inspeção e seleção, os frutos foram higienizados com água e sanitizados por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio na proporção de 100 mL L⁻¹ por um período de 20 minutos. Posteriormente, os frutos foram lavados com água para remoção do excesso da solução de sanitização. As polpas foram obtidas antes do início do processo de secagem por meio da utilização de um multiprocessador Philips Walita Mod. RI 7743.

A umidade inicial do produto foi determinada pelo método da estufa, a 105 ± 3 °C, em triplicata, até peso constante.

As secagens em camada delgada com espessura da camada de produto (L_0) de aproximadamente 2 mm, foram realizadas em três dias consecutivos utilizando-se um secador descontínuo de bandejas (Figura 1), conforme o modelo de secador apresentado por Porto (2001). As temperaturas do ar de secagem utilizadas foram de 40 °C, 50 °C e 60 °C e a velocidade do ar constante em 1,0 m s⁻¹.

Durante a operação de secagem, as amostras foram pesadas de forma periódica em uma balança semi analítica OHAUS Modelo AR3130 com precisão de 0,001g para obtenção dos dados da massa do produto. Inicialmente, a verificação ocorreu de 15 em 15 minutos e, posteriormente, de 30 em 30 minutos até completar 12 horas de secagem. As últimas pesagens de cada secagem foram realizadas após completar 24 horas da operação para a obtenção da umidade de equilíbrio.

Figura 1 – Secador descontínuo de bandejas



Fonte: Porto (2001)

A Tabela 1 relaciona os modelos matemáticos empregados no estudo da cinética de secagem da polpa de carambola. Esses modelos são amplamente utilizados na literatura com o intuito de prever o fenômeno da secagem de produtos agrícolas (SANTOS et al., 2010; GONELI et al., 2014; LEITE et al., 2015).

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de secagem

Modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética de secagem		
Modelo	Equação	Codificação
Aproximação da Difusão	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$	(Equação 1)
Dois Termos	$RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	(Equação 2)
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-kt)$	(Equação 3)
Henderson e Pabis Modificado	$RU = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0t) + c \exp(-k_1t)$	(Equação 4)
Lewis	$RU = \exp(-kt)$	(Equação 5)
Logarítmico	$RU = a \exp(-kt) + c$	(Equação 6)
Midilli e Kuck	$RU = a \exp(-kt^n) + bt$	(Equação 7)
Thompson	$RU = \exp((-a - (a^2 + 4bt)^{0,5}) / 2b)$	(Equação 8)

Onde: RU – razão de umidade do produto, adimensional; t – tempo de secagem, h; k, k₀, k₁ – coeficientes de secagem, h⁻¹; a, b, c, n – constantes dos modelos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os valores de razão de umidade (RU) foram determinados pela Equação (9).

$$RU = (U - U_e) / (U_i - U_e) \quad \text{(Equação 9)}$$

Sendo: U – teor de água do produto (decimal base seca – b.s); U_i – teor de água inicial do produto, (decimal base seca – b.s) e U_e – teor de água de equilíbrio do produto, (decimal base seca – b.s).

Para determinação do coeficiente de difusão (DEF), utilizou-se o modelo difusivo de Fick, indicado pela Equação (10):

$$RU = \left(\frac{8}{\pi^2}\right) * \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2}{4} * \pi^2 * \frac{D_{EF} * t}{L_0^2}\right) \quad \text{(Equação 10)}$$

Em que: L₀ – espessura da camada de produto (m); n – n^o de observações; e t – tempo de secagem (segundos).

A energia de ativação (E_a) foi obtida a partir de uma relação do tipo Arrhenius, por regressão não-linear dos pontos utilizando o método dos mínimos quadrados, conforme a Equação (11) (GONELLI, 2014):

$$D_{EF} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{R * T}\right) \quad \text{(Equação 11)}$$

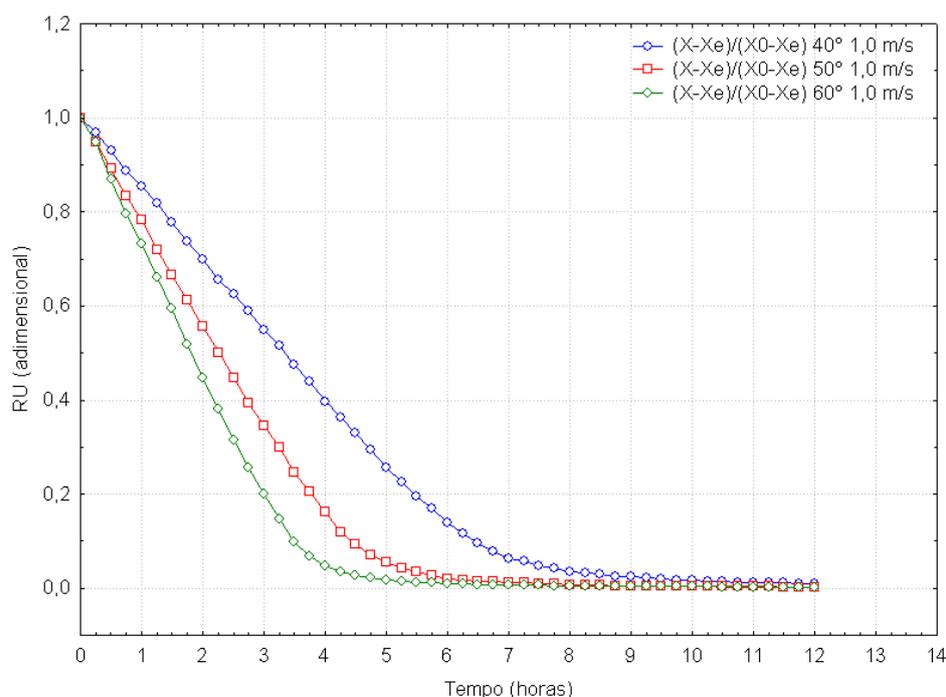
Em que: D_0 - constante ($m^2.s^{-1}$); R - constante universal dos gases; T - temperatura ($^{\circ}C$).

Para o ajuste dos modelos, foram realizadas análises de regressão não linear, pelo método Gauss-Newton. O grau de ajuste de cada modelo considerou a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio padrão da estimativa (SE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 demonstra as curvas de secagem da polpa de carambola em camada delgada, apresentadas na forma adimensional do conteúdo de umidade (RU) em função do tempo para as três temperaturas do ar de secagem.

Figura 2 - Cinética de secagem da polpa de carambola



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na Figura 2, pode-se observar o efeito da temperatura sobre as curvas de secagem em camada delgada da polpa de carambola. Nota-se que com o

aumento da temperatura do ar de secagem, ocorre uma elevação das taxas de remoção de água do produto, diminuindo o tempo para a polpa atingir o equilíbrio. Estes resultados se encontram respaldados por diversos outros pesquisadores que consideram a temperatura do ar de secagem como o parâmetro que exerce maior influência na cinética de secagem de alimentos, dentre eles, Gouveia et al. (2002), Almeida et al. (2006) e Leite et al. (2015) que trabalharam com secagem de cajú, acerola e banana da terra, respectivamente.

Os resultados dos coeficientes de determinação (R^2) e dos desvios padrão da estimativa (SE) dos diversos modelos analisados, com velocidade do ar de secagem de $1,0 \text{ m s}^{-1}$ e temperaturas de 40°C , 50°C e 60°C , respectivamente, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores obtidos dos coeficientes de determinação (R^2) e dos desvios padrão da estimativa (SE)

Modelos	R^2 (%)			SE		
	40°C	50°C	60°C	40°C	50°C	60°C
Aproximação da Difusão	99,1	98,9	98,3	0,04	0,04	0,05
Dois Termos	98,3	98,7	98,7	0,05	0,05	0,04
Henderson e Pabis	98,3	98,7	98,7	0,05	0,05	0,04
Henderson e Pabis Mod.	98,3	98,7	98,7	0,05	0,05	0,04
Lewis	97,5	98,1	98,2	0,07	0,06	0,06
Logarítmico	99,2	99,0	98,9	0,04	0,04	0,04
Midilli e Kuck	99,9	99,9	99,9	0,02	0,01	0,01
Thompson	98,7	98,6	96,8	0,05	0,05	0,07

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na Tabela 2, é possível verificar que os modelos analisados se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais, apresentado elevados valores de coeficientes de determinação (R^2) e baixos valores dos desvios padrão da estimativa (SE), para as diferentes temperaturas do ar de secagem da polpa de carambola.

Ressalta-se que, dentre eles, o modelo de Midilli e Kuck foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das secagens, pois apresentou os menores desvios padrão da estimativa (SE). Resultado semelhantes foram observados por Santos et al. (2010), Menges e Ertekin (2006) e Gurjão (2006) que avaliaram a cinética de secagem de banana da terra, maçã dourada e polpa de tamarindo, respectivamente. Deste modo, o valor da constante de secagem (k) do modelo de Midilli e Kuck foi utilizado para obter a difusividade efetiva (DEF) e, conseqüentemente, os valores de energia de ativação (E_a).

Os valores obtidos dos parâmetros estimados pelo ajuste do modelo de Midilli e Kucuk para as três temperaturas do ar, além dos valores de difusividade efetiva (DEF) e energia de ativação (E_a), são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros obtidos do modelo de Midilli e Kucuk, difusividade efetiva (DEF) e energia de ativação (Ea) ajustados aos dados experimentais

Parâmetros obtidos do modelo de Midilli e Kucuk, difusividade efetiva (DEF) e energia de ativação (Ea) ajustados aos dados experimentais						
T (°C)	A	K	n	B	D _{EF} (m ² s ⁻¹)	E _a (KJ mol ⁻¹)
40	0,95	0,09	1,67	-0,00	3,9 x 10 ⁻¹¹	62,3
50	0,95	0,17	1,69	0,00	7,8 x 10 ⁻¹¹	62,5
60	0,96	0,25	1,71	0,00	1,1 x 10 ⁻¹⁰	63,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Observa-se na Tabela 3, que o parâmetro k do modelo de Midilli e Kuck aumentou com a elevação da temperatura, visto que quanto maior a temperatura do ar de secagem, maior será a facilidade do produto em perder água livre. O mesmo fato ocorreu com o parâmetro n. Os parâmetros A e B não possuem significado físico no processo de secagem, visto que são constantes do modelo. Resultados semelhantes foram obtidos por Menges e Ertekin (2006) e Leite et al. (2015) que estudaram a secagem de maçã dourada e banana da terra, respectivamente. De acordo com Babalis e Belessiotis (2004), o parâmetro k pode ser usado como aproximação na caracterização do efeito da temperatura na difusividade efetiva durante o processo de secagem.

Pode-se verificar, ainda na Tabela 3, que os valores da difusividade efetiva (DEF) variaram entre 3,96 x 10⁻¹¹ a 1,11 x 10⁻¹⁰ m² s⁻¹. De acordo com Zogzas et al. (1996), os valores de difusividade efetiva para produtos de origem agrícola se encontram na faixa de 10⁻¹¹ a 10⁻⁹. Observa-se, também na Tabela 3, que os valores da difusividade efetiva aumentaram com a elevação da constante de secagem (k), indicando a diminuição das resistências internas de secagem. Resultados semelhantes de difusividade efetiva (DEF) foram obtidos por outros autores: entre 1,359 x 10⁻¹⁰ e 5,301 x 10⁻¹⁰ por Limpaboon (2011) no processo de secagem de abóbora e entre 1,26 x 10⁻⁹ e 8,80 x 10⁻⁹ por Singh e Pandey (2012) na secagem de batata doce.

Por fim, constata-se na Tabela 3, que os valores obtidos para energia de ativação (Ea) também aumentaram e encontram-se dentro da faixa apresentada por Zogzas et al. (1996), que varia para produtos agrícolas entre 12,7-110 KJ mol⁻¹. Outros autores como Souraki et al. (2012) e Limpaboon (2011), também encontraram resultados para energia de ativação (Ea) nesta faixa na secagem de vagem (entre 23,97 e 47,26 KJ mol⁻¹) e de abóbora (entre 27,8361 e 37,8437 KJ mol⁻¹), respectivamente.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pode-se concluir que o modelo de Midilli e Kuck foi o que melhor representou a cinética de secagem em camada delgada da polpa de carambola, por apresentar o menor desvio padrão da estimativa.

A temperatura é o principal fator controlador do processo de secagem, pois quanto maior a temperatura de secagem, mais rápido o produto atinge seu equilíbrio termodinâmico.

Os valores obtidos para a difusividade efetiva (DEF) e energia de ativação (Ea) aumentaram com a elevação da temperatura.

Analysis of carambola pulp drying kinetics

ABSTRACT

The drying process of agricultural products has been a widely used technique for reduction of water content in such products in order to hinder microbial growth, and chemical and biochemical reactions, which allows long-term storage as well as brings reduction in weight and volume minimizing transportation. This work aims to study the drying kinetics of star fruit pulp (*Averrhoa carambola*) at temperatures of 40 °C, 50 °C, 60 °C, and air speed of 1.0 m s⁻¹ in a discontinuous tray dryer. Drying data were collected and analyzed for mathematical modelling of the drying curves using the following models: Diffusion Approach, Two Term, Henderson & Pabis, Modified Henderson & Pabis, Lewis, Logarithmic, Midilli & Kuck, and Thompson. Among these models, the Midilli & Kuck model best described the thin-layer drying kinetics of the tested product; It also follows temperature was the variable that had the greatest influence on reducing the moisture ratio; and that the values of effective moisture diffusivity (ED) and activation energy (Ea) increase as the drying air temperature increases.

KEYWORDS: Kinetics. Drying. Starfruit pulp. Mathematical modelling.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. et al. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1, p.145-151, 2006.

ANDRADE, E. T. et al. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, v. 8, n. 2, p. 83-95, 2006.

AREVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400003>

BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 3, p. 449-58, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.005>

BASTOS, D. C. A cultura da carambola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000200001>

BORGES, S. V. et al. Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 605-612, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000300006>

CELMA, A. R.; LÓPEZ-RODRIGUÉZ, F.; BLÁZQUEZ, C. Experimental modelling of infrared drying of industrial grape by-products. **Food and Bioprocess Processing**, v. 87, p. 247-253, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2008.10.005>

CORRÊA, J. L. G. et al. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2008. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v10n1p35-42>

FERREIRA, L. F. D. et al. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 855-862, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600017>

GONELI, A. L. D. et al. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005>

GOUVEIA, J. P. G. et al. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental, v. 6, n. 3, p. 471-474, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662002000300015>

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica L.*)**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

ISQUIERDO, E. P et al. Drying kinetics and quality of natural coffee. **Transactions of the ASABE**, v. 56, p. 1003–1010, 2013.

LEITE, A. L. M. P. et al. Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4530270>

LIMPAIBOON, K. Effects of temperature and slice thickness on drying kinetics of pumpkin slices. **Walailak Journal of Science and Technology (WJST)**, v. 8, v. 2, p. 159-166, 2011.

MENGES, H. O.; ERTEKIN, C. Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 1, p. 119–125, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.049>

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002. <http://dx.doi.org/10.1081/DRT-120005864>

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 181-189, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100020>

PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 4, p. 349-357, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00126-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00126-1)

PORTO, P. S. S. **Cinética da secagem de cebola (*Allium cepa L.*) em camada delgada**. Dissertação de mestrado, FURG, Rio Grande, RS, 2001.

RESENDE, O.; FERREIRA, L. U.; ALMEIDA, D. P. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem do feijão Adzuki (*Vigna angularis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p. 171-178, 2010. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v12n2p171-178>

SANJINEZ-ARGANDONA, E. J. et al. Influência da geometria e da temperatura na cinética de secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 308-312, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000200005>

SANTOS, P. et al. Influência de pré-tratamentos na cinética de secagem em diferentes temperaturas de banana da variedade terra (*Musa sapientum*, Linneo). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, p. 218-234, 2010.

SHARMA, G. P.; PRASAD, S. Effective moisture diffusivity of garlic cloves undergoing microwave convective drying. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 609-617, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.027>

SINGH, N. J.; PANDEY, R. K. Convective air drying characteristics of sweet potato cube (*Ipomoea batatas*). **Food and Bioprocess Processing**, v. 90, n. 2, p. 317-322, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2011.06.006>

SOURAKI, B. A.; GHAFARI, A.; BAYAT, Y. Mathematical modeling of moisture and solute diffusion in the cylindrical green bean during osmotic dehydration in salt solution. **Food and Bioprocess Processing**, v. 90, p. 64-71, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2010.11.015>

ZOGZAS, N. P.; MAUROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996. <http://dx.doi.org/10.1080/07373939608917205>

Recebido: 22 out. 2015.

Aprovado: 14 set. 2016.

Publicado: 01 nov. 2016.

DOI: 10.3895/rbta.v10n2.3261

Como citar:

SILVA, R. B. et al. Estudo da cinética de secagem de polpa de carambola. **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 2069-2080, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Rodolfo Benedito da Silva

Rua Fernando Corrêa da Costa, n. 2367, Boa Esperança, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

CEP: 78060-900

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

