

**Determinação dos parâmetros cinéticos durante o processo de secagem da casca de
abacaxi**

Determination of kinetic parameters during the pineapple peel drying process

**Determinación de los parámetros cinéticos durante el proceso de secado de la cáscara de
piña**

Recebido: 11/02/2020 | Revisado: 02/03/2020 | Aceito: 02/03/2020 | Publicado: 18/03/2020

Newton Carlos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9603-2503>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: newtonquimicoindustrial@gmail.com

Raphael Lucas Jacinto Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7232-2373>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: raphaelqindustrial@gmail.com

Lucas Rodolfo Inácio da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3684-3117>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: rodolfo_i@hotmail.com

Cecília Elisa de Sousa Muniz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7402-9354>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: ceciliamuniz.qi@gmail.com

Tamires dos Santos Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2627-036X>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: tsantosp16@gmail.com

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6493-3203>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: virginia.mirtes2015@gmail.com

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6286-5403>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: victor_herbert@hotmail.com

Flávia Izabely Nunes Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8863-5526>

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Brasil

E-mail: flavia_izabely@hotmail.com

Williane Silva Pinheiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2393-1743>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: willianepinheiro@live.com

Raphael da Silva Eduardo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5968-7578>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

raphael_leahpar17@hotmail.com

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo realizar a cinética de secagem da casca de abacaxi em diferentes temperaturas e ajustar modelos matemáticos empíricos e difusivos aos dados experimentais. A cinética de secagem foi realizada nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C na velocidade de ar de 1,5 m/s. Aos dados experimentais foram ajustados modelos matemáticos empíricos (Newton Page e Parry) e difusivos para considerando a geometria de parede infinita e a condição de contorno do terceiro tipo. Dentre os modelos matemáticos aplicados o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem da casca de abacaxi, pois apresentou elevados valores para o coeficiente de determinação (R^2), menores valores para a função qui-quadrado, além de distribuição aleatória para todas as temperaturas aplicadas. Os valores da difusividade e coeficiente convectivo obtiveram influência do aumento da temperatura, apresentando tendência a proporcionalidade direta e os baixos valores do número de *Biot* indicam que a condição de contorno utilizada (terceiro tipo) descreveu de forma satisfatória o processo.

Palavras-chave: Conservação; Fruta tropical; Resíduos agroindustriais.

Abstract

The present work aims to perform a kinetics of pineapple peel drying at different temperatures and to adjust empirical and diffusive mathematical models for experimental data. The drying

kinetics were performed at temperatures of 45, 55 and 65 °C, at a speed of 1.5 m/s. The experimental data were fitted with empirical (Newton Page and Parry) and diffusive mathematical models to consider an infinite wall geometry and a boundary condition of the third type. Among the mathematical models used or the page model that was the best adjusted to the experimental data of the pineapple peel drying kinetics, as it displays high values for the selection coefficient (R^2), lower values for a chi-isolated function, in addition to random distribution for all applied temperatures. The values of diffusivity and convective coefficient have an influence on the increase in temperature, show direct proportionality and the minimum values of Biot number that are subjected to used start conditions (third type) displayed in a satisfactory way or process.

Keywords: Conservation; Tropical fruit; Agro-industrial waste.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una cinética de secado de cáscara de piña a diferentes temperaturas y ajustar modelos matemáticos empíricos y difusivos para datos experimentales. La cinética de secado se realizó a temperaturas de 45, 55 y 65 °C, a una velocidad de 1,5 m/s. Los datos experimentales se ajustaron con modelos matemáticos empíricos (Newton Page y Parry) y difusivos para considerar una geometría de pared infinita y una condición de contorno del tercer tipo. Entre los modelos matemáticos utilizados o el modelo de página que mejor se ajustó a los datos experimentales de la cinética de secado de la cáscara de piña, ya que muestra valores altos para el coeficiente de selección (R^2), valores más bajos para una función aislada de chi, Además de la distribución aleatoria para todas las temperaturas aplicadas. Los valores de difusividad y coeficiente convectivo influyen en el aumento de la temperatura, muestran la proporcionalidad directa y los valores mínimos del número de Biot que están sujetos a las condiciones de inicio utilizadas (tercer tipo) que se muestran de manera o proceso satisfactorio.

Palabras clave: Conservación; Frutas tropicales; Residuos agroindustriales.

1. Introdução

O abacaxi (*Ananas comosus L. Merryl*) é uma fruta tropical muito popular em todo o mundo devido à sua excelente qualidade, sabor especial e riqueza nutricional (Sun et al., 2016), mostrando uma produção global de 25 milhões toneladas anualmente (Nabavi & Silva, 2018). Sendo bastante consumido como fruta fresca ou como produtos de valor agregado (por

exemplo, suco e geleia), uma grande quantidade de casca de abacaxi é substancialmente produzida e descartada, cuja utilização efetiva merece uma atenção especial porque é urgente e significativo para resolver o desperdício de recursos biológicos e questões de poluição ambiental (Dai & Huang, 2016).

Segundo Banerjee et al. (2019) a casca de abacaxi pode ser amplamente utilizada como fonte de hemicelulose. É relatado que as cascas de abacaxi possuem 22-35% de hemicelulose em base seca (Pardo et al., 2014) e também é rica em outras componentes valiosos, como a bromelina, que têm um enorme valor no setor alimentar e terapêutico (Banerjee et al., 2018). Por esse motivo Aruna et al. (2019) trabalhou com a casca de abacaxi como substrato na fermentação em estado sólido, como forma de agregar valor ao produto.

A utilização do processo de secagem proporciona a redução do teor de água até níveis seguros para o armazenamento e o conhecimento das propriedades termodinâmicas na secagem é importante fonte de informação para projetar equipamentos, calcular a energia requerida no processo, estudar as propriedades da água adsorvida e avaliar a microestrutura dos alimentos, bem como para o estudo dos fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos mesmos (Corrêa et al., 2010; Resende et al., 2010; Santos et al., 2019; Barros et al., 2020).

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo realizar a cinética de secagem da casca de abacaxi em diferentes temperaturas e ajustar modelos matemáticos empíricos e difusivos aos dados experimentais.

2. Metodologia

Os abacaxis foram adquiridas na feira de livre da cidade de Campina Grande – PB e foram transportadas para o laboratório, onde inicialmente foram lavadas em água clorada a 2,5% e enxaguadas com água corrente da rede de abastecimento. De forma manual os abacaxis foram descascados com auxílio de facas domésticas e sendo assim separando-se em casca, polpa e cilindro central.

As cascas foram colocadas em telas de aço inoxidável, e uniformemente espalhadas. Para iniciar o experimento, as bandejas foram colocadas em um secador com circulação de ar com velocidade de ar de 1,5 m/s, para a realização das cinéticas de secagem nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C, no início e no final das secagens foram determinadas as massas secas e calculados os teores de água de acordo com Brasil (2008).

Através dos dados experimentais, foi possível calcular os valores da razão do teor de água (Equação 1).

$$X^* = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs(inicial)} - X_e} \quad (1)$$

onde: X^* é a razão de umidade (adimensional); X_e é o teor de água de equilíbrio em base seca; X_{bs} é o teor de água em base seca; $X_{bs(inicial)}$ é o teor de água inicial em base seca.

Com o cálculo da razão de teor de água das cascas de abacaxi, traçaram-se as curvas da cinética de secagem, representada pela razão do teor de água em função do tempo de secagem em minutos, aplicando os modelos matemáticos (Tabela 1) de Newton, Page e Parry para ajustar os dados experimentais.

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem.

Modelo	Equação
Newton	$X^* = \exp(-k.t)$ (2)
Page	$X^* = \exp(-k.t^n)$ (3)
Parry	$X^* = a.\exp(-k.t) + c$ (4)

Nota: X^* : Razão de umidade (adimensional); k : constante de secagem; “a”, “n” e “c”: parâmetros dos modelos; t : tempo de secagem.

Para análise dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi utilizado o programa computacional STATISTICA, versão 7, utilizando-se a análise de regressão não-linear, pelo método Quasi-Newton. Os modelos foram selecionados tomando-se como parâmetro a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) e a função qui-quadrado (χ^2) (Equação 5).

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{exp,i}^* - X_{pre,i}^*)^2}{N - n} \quad (5)$$

onde, χ^2 : é a função qui-quadrado; $X_{exp,i}^*$: é a razão de umidade experimental; $X_{pre,i}^*$: é a razão de umidade prevista pelo modelo; N : é o número de dados experimentais; e n : é o número de coeficientes e constantes do modelo.

Solução analítica da equação de difusão

O teor médio de umidade do sólido com geometria de parede infinita no momento t é dado por (Luivok, 1968), desconsiderando-se a contração volumétrica.

$$X^*(t) = \sum_{n=1}^{16} B_n \exp\left(-\mu_n^2 \frac{Def}{(L/2)^2} t\right) \quad (6)$$

Onde: $X^*(t)$ é a razão de umidade no instante t ; L é a espessura; Def é a difusividade; t é o tempo.

Os parâmetros da Equação 6, foram obtidos através das Equações 7, 8 e 9:

$$B_n = \frac{2Bi^2}{\mu_n^2(Bi^2 + Bi + \mu_n^2)} \quad (7)$$

$$Bi = \frac{h(L/2)}{Def} \quad (8)$$

onde: h é o coeficiente convectivo de transferência de calor; Bi é o número de Biot.

$$\cot \mu = \frac{\mu}{Bi} \quad (9)$$

onde, a Equação 9 é característica para a parede infinita. Para obtenção da solução analítica da equação de difusão a otimização do processo foi feita de acordo com as metodologias propostas por Silva et al. (2010).

3. Resultados

Na Tabela 2, estão apresentados os valores obtidos para cada parâmetro dos modelos matemáticos de Newton, Page e Parry ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das cascas de abacaxi nas temperaturas de 45, 55, 65 °C.

Tabela 2 – Parâmetros obtidos pelo ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais da cinética de secagem da casca de abacaxi.

Modelo	T (°C)	Parâmetros
--------	--------	------------

		a	k	n/c
	45	-	0,01151	-
Newton	55	-	0,01341	-
	65	-	0,01572	-
	45	-	0,00971	1,04071
Page	55	-	0,01129	1,00947
	65	-	0,02235	0,91123
	45	1,00856	0,01221	0,01504
Parry	55	0,98906	0,01362	0,00881
	65	0,96027	0,01463	0,00114

Fonte: Própria (2020).

Pode-se observar através da Tabela 2, que para todos os modelos matemáticos aplicados a constante de secagem “k” aumento com o aumento da temperatura. Fato este também observado por Santos et al. (2017), ao realizarem a cinética de secagem de cascas de pitaya nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. O parâmetro “k” tende a aumentar visto que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem (Corrêa et al., 2010; Nascimento et al., 2018).

O parâmetro “n” do modelo de Page apresentou redução nos seus valores conforme se teve aumento da temperatura de secagem. Comportamento este diferente do observado por Martins et al. (2014) em seus estudos de secagem. E os parâmetros “a” e “c” do modelo de Parry, também apresentaram comportamento definido com incremento da temperatura, ou seja, reduziram. Este mesmo comportamento também foi observado por Almeida et al. (2020) em seus estudos de secagem.

Na Tabela 3, pode-se observar os valores obtidos para os parâmetros estatísticos, obtidos pelo ajuste dos modelos matemáticos de Newton, Page e Parry ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das cascas de abacaxi nas temperaturas de 45, 55, 65 °C.

Tabela 3 – Parâmetros estatísticos obtidos pelo ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais da cinética de secagem da casca de abacaxi.

Modelo	T(°C)	R ²	χ^2	DR
Newton	45	0,9987	0,02982	Aleatória
	55	0,9951	0,03465	Aleatória
	65	0,9842	0,07640	Tendenciosa
Page	45	0,9989	0,001831	Aleatória
	55	0,9978	0,001552	Aleatória
	65	0,9982	0,001234	Aleatória
Parry	45	0,9976	0,01152	Tendenciosa
	55	0,9931	0,05222	Tendenciosa
	65	0,9924	0,03947	Aleatória

Nota: R² – Coeficiente de determinação; χ^2 - função qui-quadrado; DR – Distribuição de Resíduos. Fonte: Própria (2020).

Para todos os modelos aplicados o coeficiente de terminação apresentou valores superiores a 0,99 (R² > 0,99), exceto para o modelo matemático de Newton na temperatura de 65 °C que foi de 0,9848. Como o R² não constitui um bom parâmetro para representação do fenômeno de secagem, ainda foram avaliadas a função qui-quadrado e a tendência de distribuição de resíduos.

Com relação aos valores obtidos para função qui-quadrado os modelos matemático de Newton (65 °C) e de Parry (55 °C) obtiveram os maiores valores 0,07640 e 0,05222, respectivamente. No entanto, o modelo de Page apresentou os menores valores dessa função variando de 0,00132 a 0,001831. No que se refere a distribuição dos resíduos os modelo de Newton apresentou distribuição tendenciosa para temperatura de 65 °C e o modelo de Parry para as temperaturas de 45 e 55 °C. Apenas o modelo de Page apresentou distribuição aleatória para todas as temperaturas aplicadas.

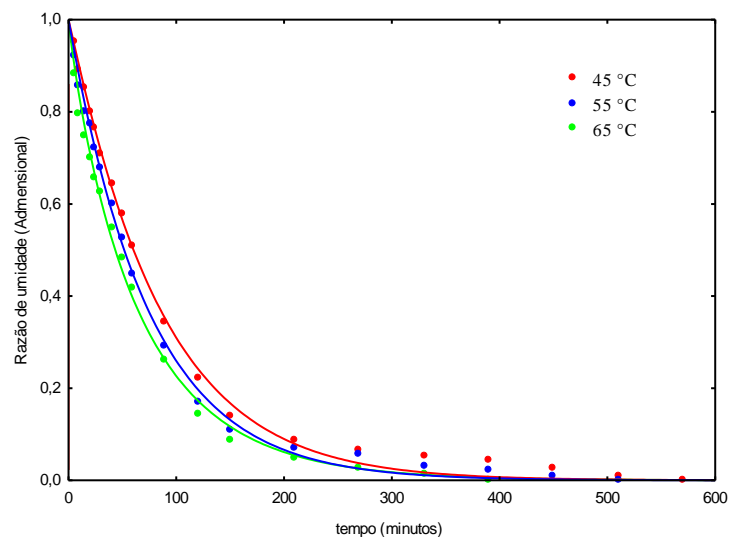
Mesmo quando os parâmetros estatísticos apresentam bons resultados, o modelo pode ser ineficaz se apresentar distribuição de resíduo tendenciosa (Baptestini et al., 2015; Santos

et al., 2019). Sendo portanto o modelo matemático de Page que melhor descreve o processo de secagem das cascas de abacaxi nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C.

Leite et al. (2017), ao também realizarem a cinética de secagem em cascas de abacaxi, porém nas temperaturas de 75 e 85 °C verificaram que o modelo matemático de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. Santos et al. (2020), em seu estudo de secagem com casca de pitomba, observaram que o modelo de Page também foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Na Figura 1, têm-se o ajuste do modelo matemático de Page aos dados experimentais da cinéticas para as temperaturas em estudo.

Figura 1 – Ajuste do modelo matemático de Page aos dados experimentais da cinética de secagem da casca de abacaxi

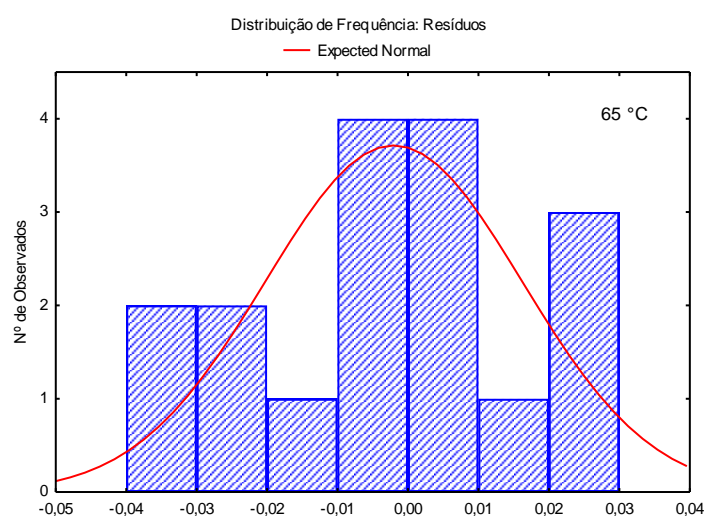
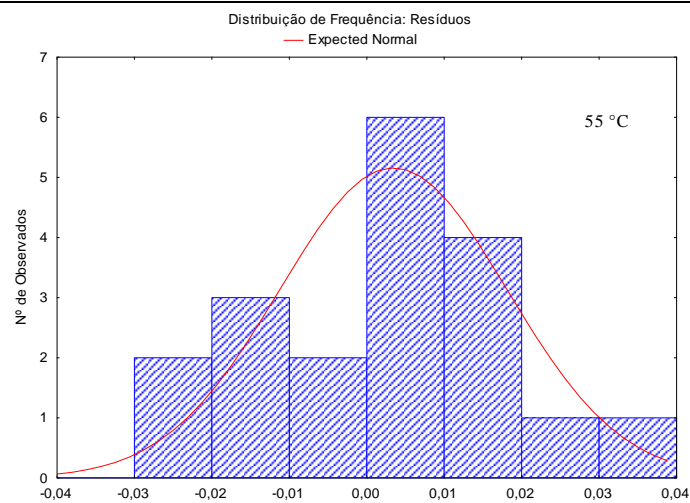
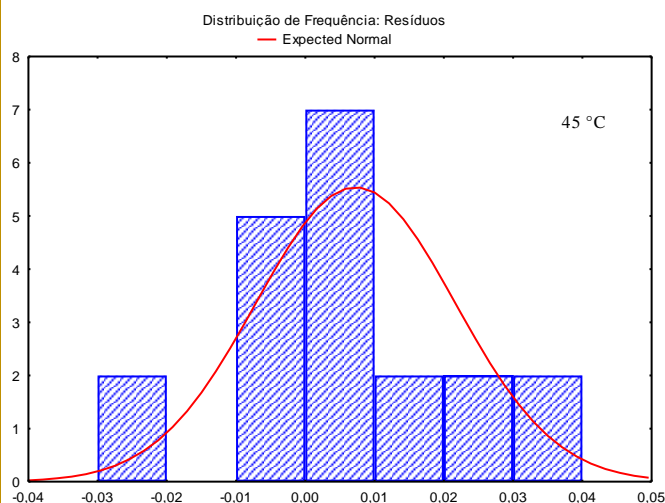


Fonte: Própria (2020).

Pode-se observar que, quando se teve aumento na temperatura de secagem, menores foram os tempos para que as cascas atingisse o equilíbrio, correspondendo a 570, 510 e 390 min, para as respectivas temperaturas 45, 55 e 65 °C.

Na Figura 2, estão apresentados os gráficos de histogramas para a distribuição do erro experimental da cinética de secagem das cascas de abacaxi.

Figura 2 – Gráficos de histograma para o erro experimental das cinética de secagem das cascas de abacaxi.



Fonte: Própria (2020).

Observa-se que os histogramas apresentaram valor médio no meio da amplitude dos dados e as frequências se tornaram mais baixas nas direções dos extremos, porém não de forma gradual. Na Tabela 4, pode-se observar os valores obtidos para solução analítica considerando-se a geometria de uma parede infinita que apresenta bons coeficientes de determinação R^2 superior a 0,99 e baixos valores da função qui-quadrado.

Tabela 4 – Resultados obtidos por solução analítica da cinética de secagem das cascas de abacaxi.

T (°C)	D_{ef} ($m^2 \cdot min^{-1}$)	h ($m \cdot min^{-1}$)	Nº de <i>Biot</i>	R^2	χ^2
45	$2,17 \times 10^{-8}$	$3,07 \times 10^{-5}$	0,0175	0,9982	$5,945 \times 10^{-3}$

55	$4,39 \times 10^{-8}$	$3,83 \times 10^{-5}$	0,44	0,9981	$4,737 \times 10^{-3}$
65	$5,46 \times 10^{-8}$	$8,73 \times 10^{-5}$	4,00	0,9979	$3,944 \times 10^{-3}$

Fonte: Própria (2020).

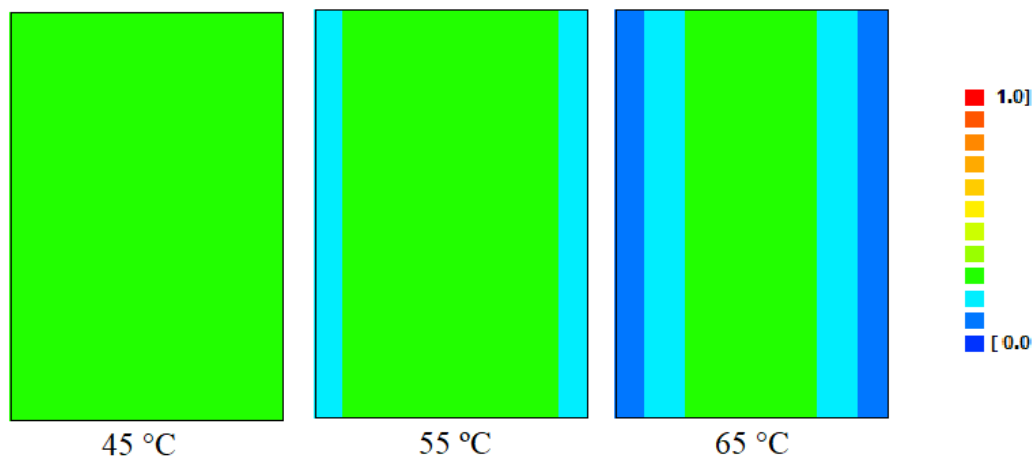
Os valores da difusividade variaram de 2,17 a $5,46 \times 10^{-8}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$) quando a temperatura de secagem variou de 45 a 65 °C, visto que quando a temperatura é elevada a viscosidade da água diminuiu, facilitando assim a sua remoção. Para Silva et al. (2018) o aumento da temperatura do ar de secagem acarreta em uma maior taxa de remoção de água do produto.

Os valores do coeficiente convectivo de transferência de calor tiveram uma tendência a proporcionalidade direta segundo o teste de correlação (+0,9212) com o aumento da temperatura de secagem variando de 3,07 a $8,73 \times 10^{-5}$ ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$). Podendo afirmar que dentre as temperaturas aplicadas, a temperatura de 65 °C possibilitou maior quantidade de calor transferida para o produto. Santos et al. (2019) obtiveram valores variando 1,51 a $1,79 \times 10^{-6}$ ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) para secagem de fatias de pêssgo nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Com relação aos valores obtidos para o número de Biot, também foi observado uma relação direta (+0,9102) com o aumento da temperatura. Esses baixos valores indicam que a condição de contorno utilizada (terceiro tipo) descreveu de forma satisfatória o processo. Segundo Giner et al. (2010) e Bezerra et al. (2015), o número de Biot é um número adimensional que correlaciona a taxa de condução interna com a taxa de convecção externa e é capaz de indicar a resistência interna do produto ao processo de transferência de calor e massa.

Na Figura 3, é possível observar a distribuição espacial de umidade no interior do produto no tempo específico de 120 minutos para as três temperaturas do processo.

Figura 3 – Distribuição espacial de umidade no interior do produto no tempo de 120 minutos.



Fonte: Própria (2020).

Através da Figura 3, percebe-se que o teor de umidade adimensional, diminui nas regiões periféricas e aumenta na parte central, ou seja, o processo de redução do teor de umidade se deu de fora para dentro do produto. E que na temperatura de 45 °C no mesmo intervalo de tempo ($t=120$ min), ainda não se tinha uma variação expressiva de umidade devido a sua exposição a uma baixa temperatura.

4. Considerações finais

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem da casca de abacaxi, pois apresentou elevados valores para o coeficiente de determinação (R^2), menores valores para a função qui-quadrado e distribuição aleatória para todas as temperaturas aplicadas. Os valores da difusividade e coeficiente convectivo obtiveram influência do aumento da temperatura, apresentando tendência a proporcionalidade direta e os baixos valores do número de Biot indicam que a condição de contorno utilizada (terceiro tipo) descreveu de forma satisfatória o processo.

Como sugestões de trabalhos futuros, após o processo de secagem pode-se triturar a casca para obter uma farinha e utilizá-la como substrato na fermentação para produção de proteína ou utilizar a farinha para extração de pectina visando a produção de biofilme, como forma de agregar valor ao produto.

Referências

- Almeida, R., Santos, N., Pereira, T., Queiroga, A., Silva, V., Ribeiro, V., Araújo, R., Cabral, M., Silva, L., & Borges, E. (2020). Cinética de secagem do feijão azuki: modelagem matemática e propriedades termodinâmicas. *Research, Society and Development*, 9(3), e27932316.
- Aruna, T. E. (2019). Production of value-added product from pineapple peels using solid state fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 57, 102193.
- Banerjee, S., Ranganathan, V., Patti, A., & Arora, A. (2018). Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications. *Trends in food science & technology*, 82, 60-70.
- Banerjee, S., Patti, A. F., Ranganathan, V., & Arora, A. (2019). Hemicellulose based biorefinery from pineapple peel waste: Xylan extraction and its conversion into xylooligosaccharides. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 38-50.
- Barros, S., Câmara, G., Leite, D., Santos, N., Santos, F., Soares, T., Lima, A., Soares, T., Oliveira, M., Vasconcelos, U., Albuquerque, A., & Queiroz, A. (2020). Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas do kino (*Cucumis metuliferus*). *Research, Society and Development*, 9(1), e60911608. Doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1608>
- Bezerra, C. V., Meller da Silva, L. H., Corrêa, D. F., & Rodrigues, A. M. C. (2015). A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 85, 750-755.
- Brasil. Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, p.1020.
- Corrêa, P. C., Oliveira, G. H. H., Botelho, F. M., Goneli, A. L. D., & Carvalho, F. M. (2010). Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. *Revista Ceres*, 57(5), 595- 601.

Dai, H., & Huang, H. (2016). Modified pineapple peel cellulose hydrogels embedded with sepia ink for effective removal of methylene blue. *Carbohydrate Polymers*, 148, 1-10.

Giner, S. A., Irigoyen, R. M. T., Cicuttín, S., & Fiorentini, C. (2010). The variable nature of Biot numbers in food drying. *Journal of Food Engineering*, 101(2), 214–222.

Leite, D. D. F, dos Santos, F. S., da Costa Santos, D., Lisbôa, J. F., de Lima Ferreira, J. P., & Queiroz, A. J. M. (2017). Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do abacaxi. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(4), 769-774.

Luikov, A.V. (1968). *Analytical Heat Diffusion Theory*. Academic Press, Inc., Ltd., London.

Nabavi, S. M., & Silva, A. S. (Eds.). (2018). *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. Academic Press.

Nascimento, A. P. S., Barros, S. L., Santos, N. C., Araújo, A. J. B., Cavalcanti, A. S. R. R. M., & Duarte, M. E. M. (2018). Secagem convectiva e influência da temperatura nas propriedades físico-químicas das amêndoas de girassol comercial. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 20(3), 227-238.

Pardo, M. E. S., Cassellis, M. E. R., Escobedo, R. M., & García, E. J. (2014). Chemical characterisation of the industrial residues of the pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3(2), 53-56.

Santos, F. S. D., de Figueirêdo, R. M., Queiroz, A. J. D. M., & Santos, D. D. C. (2017). Cinética de secagem e caracterização física e química de cascas de pitaya com polpa branca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(12), 872-877.

Santos, N. C., Barros, S. L., Monteiro, S. S., Silva, S. N., Ribeiro, V. H. A., Silva, V. M. A., & Araújo, R. D. F. (2019). Kinetics of Drying and Physical-Chemical Quality of Peach cv. Hubimel. *Journal of Agricultural Science*, 11(16), 223-232.

Santos, N., Almeida, R., Pereira, T., Queiroga, A., Silva, V., Amaral, D., Almeida, R., Ribeiro, V., Barros, E., & Silva, L. (2020). Modelagem matemática aplicada a cinética de

secagem das cascas de (Talisia esculenta). *Research, Society and Development*, 9(2), e46921986.

Silva, I. L., Silva, H. W. D., de Camargo, F. R., de Farias, H. F., & Freitas, E. D. F. (2018). Secagem e difusividade de sementes de melão. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 21-30.

Silva, W. P., Precker, J. W., e Silva, C. M., & Gomes, J. P. (2010). Determination of effective diffusivity and convective mass transfer coefficient for cylindrical solids via analytical solution and inverse method: Application to the drying of rough rice. *Journal of food Engineering*, 98(3), 302-308.

Sun, G., Zhang, X., Soler, A., & Marie-Alphonsine, P. A. (2016). Nutritional composition of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.). In *Nutritional composition of fruit cultivars* (pp. 609-637). Academic Press.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Newton Carlos Santos – 10%

Raphael Lucas Jacinto Almeida – 10%

Lucas Rodolfo Inácio da Silva – 10%

Cecília Elisa de Sousa Muniz – 10%

Tamires dos Santos Pereira – 10%

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva – 10%

Flávia Izabely Nunes Moreira – 10%

Williane Silva Pinheiro – 10%

Raphael da Silva Eduardo – 10%