

Modelagem matemática aplicada a cinética de secagem das cascas de pitomba (*Talisia esculenta*)

Mathematical modeling applied to the drying kinetics of pitomba bark (*Talisia esculenta*)

Modelado matemático aplicado a la cinética de secado de la corteza de pitomba (*Talisia esculenta*)

Recebido: 02/11/2019 | Revisado: 04/11/2019 | Aceito: 11/11/2019 | Publicado: 11/11/2019

Newton Carlos Santos

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

Universidade Federal de Campina Grande, 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

Tamires dos Santos Pereira

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

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: tsantosp16@gmail.com

Anna Paula Rocha de Queiroga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5505-061X>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: annapaula_rocha@hotmail.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

Deborah Silva do Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2345-4876>

Instituto Federal do Pernambuco, Brasil

E-mail: deborahamaral6@gmail.com

Renata Duarte Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5818-3063>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: renatadual@yahoo.com.br

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

Eliélson Rafael Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1809-7395>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: elielsnrafael@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

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo determinar a composição centesimal da casca da pitomba, realizar a sua cinética de secagem em três diferentes temperaturas de ar de secagem, ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais e avaliar efeito da temperatura de secagem sobre a sua composição centesimal, a fim de agregar valor a esse produto subutilizado. As cascas foram submetidas ao processo de secagem realizando sua cinética em um secador convectivo com velocidade de ar fixa ($1,5 \text{ m.s}^{-1}$) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, os modelos matemáticos empíricos (Lewis, Handerson e Pabis e Page) foram ajustados aos dados experimentais. Nas cascas *in natura* e desidratadas foi determinado a sua composição centesimal, com relação aos seguintes parâmetros: umidade, sólidos totais, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos. O modelo matemático de Page foi indicado como o de melhor ajuste devido apresentar elevados valores de R^2 ($R^2 > 0,99$) e os menores valores da função qui-quadrado para todas as temperaturas de secagem aplicadas. Os valores inferiores de umidade e de proteínas foram obtidos quando se aplicou temperaturas mais elevadas. Para o teor de sólidos totais, cinzas e de lipídeos houve um aumento quando se aplicou temperaturas mais altas. Os resultados obtidos em relação ao teor de carboidrato totais foram relativamente elevados evidenciando que a farinha da casca da pitomba é um pó com alto teor fibras.

Palavras-chave: Fruto nativo; Page; Resíduos.

Abstract

The present work aims to determine the centesimal composition of pitomba bark, to perform its drying kinetics in three different drying air temperatures, to adjust mathematical models to experimental data and to evaluate the effect of drying temperature on its centesimal composition. add value to this underutilized product. The peels were submitted to the drying process by performing their kinetics in a fixed air velocity convective dryer (1.5 m.s^{-1}) at 50, 60 and 70°C , the empirical mathematical models (Lewis, Handerson and Pabis and Page) were adjusted to the experimental data. In fresh and dehydrated barks, their centesimal composition was determined, with respect to the following parameters: humidity, total solids, ashes, lipids, proteins and carbohydrates. The Page mathematical model was indicated as the best fit due to its high R^2 values ($R^2 > 0.99$) and the smallest chi-square function values for all applied drying temperatures. Lower moisture and protein values were obtained when higher temperatures were applied. For the total solids, ash and lipid content there was an increase when higher temperatures were applied. The results obtained in relation to the total carbohydrate content were relatively high evidencing that the pitomba bark flour is a high fiber powder.

Keywords: Native Fruit; Page; Waste.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición centesimal de la corteza de pitomba, realizar su cinética de secado en tres temperaturas de aire de secado diferentes, ajustar los modelos matemáticos a los datos experimentales y evaluar el efecto de la temperatura de secado en su composición centesimal. agregue valor a este producto infrautilizado. Las exfoliaciones se sometieron al proceso de secado realizando su cinética en un secador convectivo de velocidad de aire fija ($1,5 \text{ m.s}^{-1}$) a 50, 60 y 70°C , los modelos matemáticos empíricos (Lewis, Handerson y Pabis y Página) se ajustaron a los datos experimentales. En cortezas frescas y deshidratadas, se determinó su composición centesimal, con respecto a los siguientes parámetros: humedad, sólidos totales, cenizas, lípidos, proteínas y carbohidratos. El modelo matemático de Page se indicó como el mejor ajuste debido a sus altos valores de R^2 ($R^2 > 0,99$) y los valores más bajos de la función chi-cuadrado para todas las temperaturas de secado aplicadas. Se obtuvieron valores más bajos de humedad y proteína cuando se aplicaron temperaturas más altas. Para el contenido total de sólidos, cenizas y

lípidos hubo un aumento cuando se aplicaron temperaturas más altas. Los resultados obtenidos en relación con el contenido total de carbohidratos fueron relativamente altos, lo que demuestra que la harina de corteza de pitomba es un polvo con alto contenido de fibra.

Palabras clave: Fruta Nativa; Page; Resíduos.

1. Introdução

As fruteiras nativas ocupam lugar de destaque no ecossistema do cerrado e seus frutos já são comercializados em feiras, com grande aceitação popular. Esses frutos apresentam sabores, elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais, e podem ser consumidos *in natura* ou na forma de sucos, licores, sorvetes, geleias etc (Souza, 2011).

A Pitomba (*Talisia esculenta*), pertencente à família Sapindaceae, é nativa da região amazônica ocidental, embora seja largamente cultivada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Seus frutos são redondos a formato elipsoide e normalmente contêm uma ou duas sementes. A pele da pitomba é fina, macia e marrom na aparência. A polpa é a única parte comestível da pitomba, apresentando uma cor branca e uma textura semelhante ao damasco e suas cascas são subutilizadas (Souza et al., 2016).

Uma alternativa que tem mostrado viabilidade tecnológica e econômica para utilização desses subprodutos é o enriquecimento de produtos de alta aceitação e consumo dentro da população, incluindo-se aos mesmos, farinhas mistas elaboradas com resíduos industriais de frutas e hortaliças. Através dessa incorporação, pode-se promover a redução das deficiências nutricionais decorrente da mudança no padrão da alimentação, pautadas no elevado consumo de alimentos industrializados em detrimento dos *in natura*, naturalmente ricos em fibras, vitaminas e minerais e promover o aproveitamento adequado desses resíduos gerados (Silva, 2016).

Nunes et al. (2017) afirmam que um dos desafios que a humanidade enfrenta atualmente é a procura pela redução de perdas de alimentos que ocorrem ao longo da produção, colheita, pós-colheita e comercialização. Sendo a secagem um dos métodos eficazes para que aconteça a diminuição dessa perda, no entanto, segundo Silva et al. (2015) a cinética de secagem, também compreendida como a velocidade com que determinado produto perde água, é influenciada pelas particularidades intrínsecas, assim como pela umidade relativa do ar, velocidade e temperatura (Santos et al., 2020a).

Desta maneira, este trabalho apresenta como objetivo a determinação da composição centesimal da casca da pitomba, realizar a cinética de secagem das cascas três diferentes temperaturas de ar de secagem, ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais e

avaliar efeito da temperatura de secagem sobre a sua composição centesimal, a fim de agregar valor a esse produto subutilizado.

2. Metodologia

As pitombas 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 as pitombas foram despulpadas com auxílio de facas domésticas e sendo assim separando-se em casca, polpa e caroço.

Cinética de secagem

As secagens das cascas foram realizadas em triplicata, utilizando estufa de secagem com circulação de ar forçado ajustado para operar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e com velocidade do ar de 1,5 m/s, nas quais as amostras foram distribuídas uniformemente em bandejas de tela de aço, formando uma camada fina.

Os dados experimentais foram expressos em termos de razão de teor de água (X^*), dada pela relação entre as diferenças de teores de água no tempo, t , e teor de água de equilíbrio ($X(t) - X_{eq}$) e teores de água inicial e de equilíbrio ($X_i - X_{eq}$). Como descrito na Equação (1):

$$X^*(t) = \frac{X(t) - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \quad (1)$$

Sendo que: X^* = razão de teor de água (adimensional); X_{eq} = teor de água de equilíbrio (base seca); $X(t)$ = teor de água (base seca); X_i = teor de água inicial (base seca).

As funções empíricas $f(t,a,b)$ apresentadas na Tabela 1, foram ajustadas aos conjuntos de dados experimentais, usando regressão não linear através do Software de Ajuste de Curvas LAB Fit (Silva e Silva, 2008). Os resultados, dos modelos empíricos, foram avaliados através dos indicadores estatísticos qui-quadrado, χ^2 (Equação 5) e coeficiente de determinação, R^2

(Bevington e Robinson, 1992; Da Silva et al., 2008; Taylor, 1997; Silva et al., 2014; Santos et al., 2020b).

Tabela 1- Modelos empíricos utilizados na descrição da cinética de secagem.

Nome do modelo	Equação empírica
Lewis	$X^* = e^{-at}$ (2)
Handerson e Pabis	$X^* = ae^{-bt}$ (3)
Page	$X^* = e^{-at^b}$ (4)

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

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.

Determinação da composição centesimal

Após desidratados, as amostras foram trituradas em moinho de facas onde ficaram com texturas de farinha com granulometria irregular. Em seguida, empacotadas e armazenadas em embalagens laminadas e seladas a vácuo.

As determinações de umidade, sólidos totais, cinzas e proteínas seguiram a metodologia de acordo com BRASIL (2008). O teor de lipídeos foi realizado através do método de Folch, Less & Stanley (1957).

Métodos analíticos

Teor de umidade e sólidos Totais - realizadas em estufa (marca TECNAL, modelo TE-393/2) pela técnica de secagem gravimétrica a 105°C, por 24 horas;

Teor de cinzas - quantificado por gravimetria após incineração em mufla (marca FORNETEC, modelo F1 - DM Monofásico) a 550°C. O método de baseia na perda de peso que ocorre quando o produto é incinerado a 550°C, com destruição da matéria orgânica.

Teor de proteínas - realizado através da quantidade de nitrogênio da amostra, por digestão *Kjeldahl*. As três etapas importantes para a determinação de proteínas são: digestão, onde a amostra é submetida a altas temperaturas juntamente com a mistura catalítica em um digestor (marca TECNAL, modelo TE 007A); destilação realizada em destilador (marca TECNAL, modelo TE 007A) com Hidróxido de Sódio concentrado e por fim titulação, onde o nitrogênio é transformado em amônia, resultando em g de protídios e se aplicando um fator de 6,25.

Teor de lipídeos - realizada empregando clorofórmio e metanol. As vantagens sobre a maioria dos métodos é que se consegue a extração e purificação dos lipídios, pela mistura de solventes.

Teor de carboidratos - O valor de carboidratos totais, incluindo fibras, foi obtido por diferença centesimal com a soma dos resultados encontrados em percentagem de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos, conforme apresentado na Equação (6):

$$\text{Carboidratos totais (g/100g)} = 100 - [\text{umidade} + \text{cinzas} + \text{proteínas} + \text{lipídeos}] \quad (6)$$

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas para os dados experimentais em triplicata e os resultados foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de *Tukey* adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas o software ASSISTAT versão 7.0 foi utilizado.

3. Resultados

Na Tabela 2, estão expressos os valores obtidos para os parâmetros dos modelos matemáticos empíricos (Lewis, Handerson e Pabis e Page) ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem das cascas de pitomba nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

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

Modelo	T (°C)	Parâmetros		R ²	χ ²
		<i>a</i>	<i>b</i>		
Lewis	50	0,02192	-	0,9921	0,003657
	60	0,03324	-	0,9980	0,009954
	70	0,04979	-	0,9930	0,010041
Handerson e Pabis	50	1,0099	0,0222	0,9945	0,098255
	60	0,9950	0,0330	0,9913	0,095100
	70	1,0184	0,0508	0,9935	0,032218
Page	50	0,02359	0,9794	0,9963	0,001410
	60	0,03942	0,9841	0,9961	0,002654
	70	0,04594	1,1069	0,9992	0,001192

Nota: *a* e *b*: Parâmetros dos modelos empíricos; R²: Coeficiente de determinação; χ²: Função qui-quadrado. Fonte: Própria (2019).

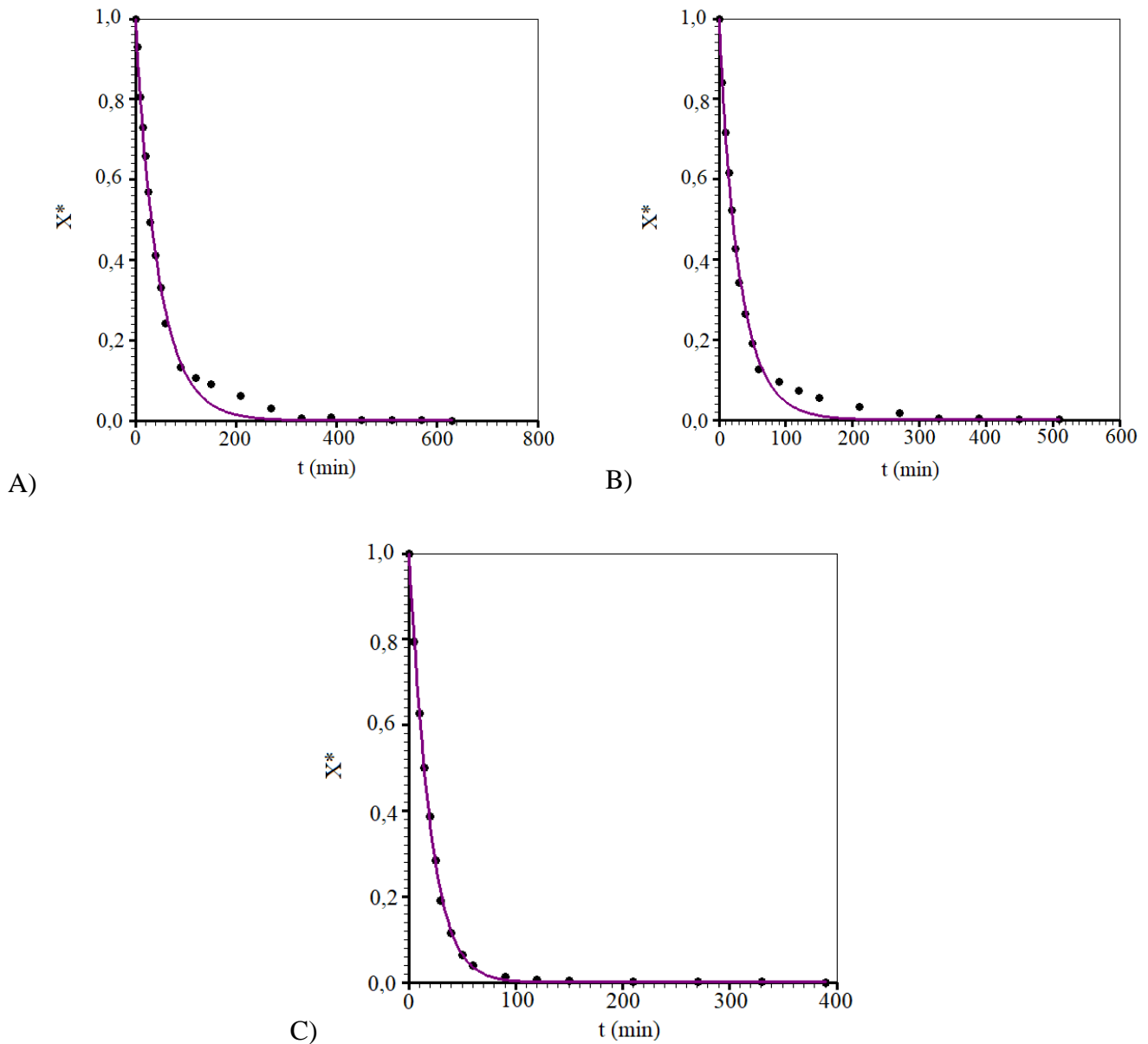
Observou-se que, os três modelos ajustados apresentaram coeficiente de determinação R² superior a 0,99 para todas as temperaturas aplicadas (R² > 0,99), mas avaliação apenas deste parâmetro Segundo Martins et al. (2015) e Santos et al. (2020b), não constitui um bom critério de seleção de modelos não-lineares. Tornando-se necessário a observação conjunta de outros parâmetros estatísticos como o qui-quadrado (χ²). Sendo assim, em análise da função qui-quadrado o modelo de Page foi o que apresentou os menores valores para essa função variando de 0,001192 a 0,002654. Portanto o modelo de Page foi considerado como o de melhor ajuste aos dados experimentais.

Santos et al. (2020a) ao realizarem a cinética de secagem em cascas de toranja nas temperaturas de 60, 70, 80 e 90 °C, também observaram que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais obtidos. Barros et al. (2020) ao ajustarem modelos

matemáticos aos dados experimentais da cinética de secagem das cascas que kino, obtiveram que, apenas os modelos de Page e Aproximação da Difusão apresentaram ajustes satisfatórios.

Na figura 1, pode-se observar o ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da cinética de secagem das cascas d pitomba para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

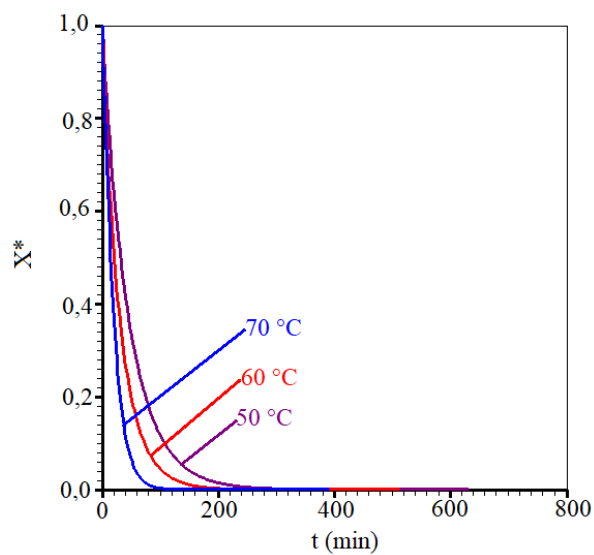
Figura 1 – Cinética de secagem da casca de pitomba usando simulação do modelo empírico de Page para diferentes temperaturas: A) 50 °C, B) 60 °C e C) 70 °C.



Fonte: Própria (2019).

Como o modelo de Page foi considerado o de melhor ajuste na Figura 1, têm-se os gráficos para cada temperatura de secagem aplicada, observado que maiores tempos de processo foram necessários para temperaturas menores e conseqüentemente, menores tempos para temperaturas maiores. Na Figura 2, está apresentada uma sobreposição das curvas da cinética de secagem das cascas de pitomba para o modelo de Page nas temperaturas aplicadas no processo.

Figura 2 – Sobreposição de curvas da cinética de secagem das cascas de pitomba para o modelo de Page nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.



Fonte: Própria (2019)

Segundo Santos et al. (2020b) percebe-se maiores inclinações das curvas durante os instantes iniciais do processo de secagem, indicando maiores gradientes de temperatura entre o ar de secagem e o produto.

Os resultados da composição centesimal (teores de umidade, sólidos totais, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos totais para os tratamentos T1, T2, T3 e T4) da casca da pitomba são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição centesimal da casca de pitomba *in natura* e das farinhas obtidas

Composição (g.100g ⁻¹)	Tratamentos				dms	CV%
	<i>In natura</i> (T1)	50 °C (T2)	60 °C (T3)	70°C (T4)		
Umidade	66,50a±0,36	10,53b±0,42	8,56c±0,15	6,84d±0,03	0,7492	1,24
Sólidos totais	33,50d±0,36	89,47c±0,42	91,43b±0,15	93,15a±0,03	0,74924	0,37
Cinzas	1,71b±0,01	1,74b±0,02	1,79a±0,01	1,81a±0,01	0,03020	0,66
Proteínas	3,68a±0,01	3,63ab±0,02	3,56b±0,01	3,44c±0,05	0,07625	0,81
Lipídeos	0,80b±0,01	1,043a±0,31	1,24a±0,23	1,313a±0,03	0,29869	12,42
Carboidratos	28,03d±0,37	83,02c±0,39	84,84b±0,14	86,59a±0,07	0,78200	0,42

Média ± desvio padrão. Letras minúsculas sobrescritas iguais na mesma linha não diferem significativamente entre as temperaturas estudadas (P>0,05). dms = Diferença mínima significativa; CV% = Coeficiente de variação em %. Fonte: Própria (2019).

A determinação da composição centesimal das cascas de pitomba *in natura* (Tabela 3) muito se aproximaram aos dados obtidos por Fraga et al. (2017) ao também determinarem a composição centesimal da casca da pitomba *in natura* que obtiveram os seguintes teores: umidade (58,42 g/100g), cinzas (1,64 g/100g), lipídeos (0,07 g/100g), proteínas (3,61 g/100g) e carboidratos (36,26 g/100g).

Para o teor de umidade o valor encontrado para ambas as farinhas encontram-se dentro do valor máximo estipulado pela legislação (BRASIL, 2005) para farinhas, que é de 15,0 g/100g. Estatisticamente os tratamentos diferiram significativamente entre si, no qual houve uma diminuição do teor de umidade de 59,66g/100g entre o tratamento (T1) e (T4). O teor de umidade foi inversamente proporcional à temperatura aplicada, ou seja, quanto maior foi à

temperatura de secagem menor foi o teor de umidade na farinha obtida. Os resultados do presente trabalho foram próximos aos obtidos por Nunes et al. (2017) que obtiveram os seguintes teores de umidade para os resíduos de abacaxi após secagem 9,25 g/100g (50°C), 7,12 g/100g (60 °C) e 5,41 g/100g (70 °C). Alcântara et al. (2012) ao obterem farinhas na temperatura de 55°C do pedúnculo de caju e da casca do maracujá as mesmas apresentaram teor de umidade respectivamente de 14,73 g/100g e 6,04 g/100g. Almeida et al. (2020a) ao caracterizarem farinhas da casca de jaboticaba obtiveram os seguintes valores 14,90 g/100g para farinha obtida na temperatura de 50 °C e 10,57 g/100g para farinha obtida por liofilização.

Verificou-se que a quantidade de sólidos totais foi maior quando utilizado temperaturas mais altas tratamento (T4), apresentando 93,15 g/100g. Tal crescimento é causado pela redução no teor de água, no entanto, todos os tratamentos avaliados apresentaram diferença significativa entre si.

O teor de cinzas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (T1 e T2) e (T3 e T4). O aumento deste teor foi proporcional ao aumento da temperatura, sendo a amostra T4 com a maior quantidade de cinzas (1,84g/100g) valor este inferior ao obtido por Borges et al. (2009) ao desidratarem a casca da banana verde na temperatura de 70°C obtiveram 2,59 g/100g. Observa-se na Tabela 3 que entre a amostra *in natura* (T1) e o tratamento (T4) houve um ganho de 0,1 g/100g, com uma diferença mínima significativa de 0,03020 entre as médias dos tratamentos para este parâmetro. Almeida et al. (2020b), obtiveram 1,45 g/100g de cinzas na farinha do resíduo do arroz vermelho obtida a 50 °C/48h.

O teor de proteínas apresentou diferença significativa entre os tratamentos analisados. O tratamento (T4) apresentou o menor valor de proteínas (3,44 g/100g) fato este esperado, devido ao fato de que, altas temperaturas provocam a degradação das proteínas. Os valores obtidos no presente trabalho foram superiores aos obtidos por Garmus et al. (2009) na farinha da casca da batata inglesa (2,5 g/100g) e por Silva e Souza (2017), para farinha da casca de jamelão (0,80 g/100g).

Em relação ao teor lipídico os tratamentos (T2, T3 e T4) não apresentaram diferença significativa quanto a este parâmetro, no entanto quando comparados com o tratamento (T1), houve uma variação de até 12,42%. À medida que se aumentou a temperatura de secagem houve um pequeno aumento do teor lipídico com diferença mínima significativa entre as médias de 0,29869. Os valores obtidos no presente trabalho melhor se aproximaram ao obtido para farinha de berinjela (1,85 g/100g) por Scorsatto et al. (2017) e superiores ao obtido para farinha de beterraba (0,36 g/100g) por Croceti et al. (2016). Segundo Almeida et al. (2018) a

determinação de lipídios torna-se importante, pois os lipídios desempenham papel importante na qualidade do alimento, contribuindo com atributos como textura, sabor e valor calórico.

Os resultados obtidos em relação ao teor de carboidrato totais foram relativamente elevados variando de 83,02 g/100g (T2) a 86,59 g/100g (T4) no qual, a análise de carboidratos totais está incluso o teor de fibras totais, evidenciam que a farinha da casca da pitomba é um pó com alto teor fibras havendo diferença significativa entre os tratamentos 1, 2, 3 e 4 com uma diferença mínima significativa de 0,78200 entre as medias dos tratamentos.

4. Considerações finais

Entre os modelos aplicados, o modelo matemático de Page foi indicado como o de melhor ajuste devido apresentar elevadores valores de R^2 ($R^2 > 0,99$) e os menores valores da função qui-quadrado para todas as temperaturas de secagem aplicadas. Vale salientar, que a cinética de secagem na temperatura de 70 °C foi a que ocorreu em um menor tempo de processo, atingindo o equilíbrio aos 390 minutos.

O teor de umidade das farinhas obtidas está adequado com a legislação vigente. Os valores inferiores de umidade e de proteínas foram obtidos quando se aplicou temperaturas mais elevadas. Para o teor de sólidos totais, cinzas e de lipídeos houve um aumento quando se aplicou temperaturas mais altas. Os resultados obtidos em relação ao teor de carboidrato totais foram relativamente elevados evidenciando que a farinha da casca da pitomba é um pó com alto teor fibras.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se realizar as cinéticas em outras temperaturas e em velocidades de ar diferentes. Submeter as cascas desidratadas a diferentes análises como, por exemplo, fibras e minerais. Avalia seu armazenamento assim como também, aplicar o pó no desenvolvimento de um produto de panificação agregando valor a este resíduo.

Referências

Alcântara, S. R., Sousa, C. A. B., Almeida, F. A. C., & Gomes, J. P. (2012). Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 14, 473-478.

Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Luiz, M. R., & Pereira, T. S. (2018). Viabilidade da adição do resíduo seco da casca de abacaxi para fabricação de cookie funcional. *Anais...* In: III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências – Campina Grande, PB: III CONAPESC, 2018.

Almeida, R., Santos, N., Pereira, T., Silva, V., Cabral, M., Barros, E., Souza, N., Luiz, M., Amorim, F., & Silva, L. (2020a). Determinação de compostos bioativos e composição físico-química da farinha da casca de jabuticaba obtida por secagem convectiva e liofilização. *Research, Society and Development*, 9(1), e157911876.

Almeida, R., Santos, N., Pereira, T., Silva, V., Ribeiro, V., Silva, L., Almeida, R., Santos, S., Moreira, F., & Lima, S. (2020b). Composição físico-químicas de cookies adicionados de resíduos do arroz vermelho. *Research, Society and Development*, 9(1), e151911852.

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.

Bevington, P. R., & Robinson, D. K. (1992). Data reduction and error analysis for the physical sciences, 2nd ed. *Boston, MA: WCB/McGraw-Hill*.

Borges, A. M., Pereira, J., & Lucena, E. M. P. (2009). Caracterização da farinha de banana verde. *Ciências e Tecnologia dos Alimentos*, 29(2), 333-339.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução nº263*, de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjIwMw%2C%2C>>. Acesso em: 10 de setembro de 2019

Brasil - Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, p.1020.

Croceti, A., Ogleari, C. H., Gomes, G., Sare, I., Campos, F. R., & Balbi, M. E. (2016). Determining the chemical composition based on two drying methods to beetroot (*Beta vulgaris*, l. Família *aranthaceae*) flour production. *Visão Acadêmica*, 17(4).

Da Silva, W. P., Mata, M. E. R. M. C., Silva, C. D. P. S., Guedes, M. A., & Lima, A. G. B. (2008). Comportamento da secagem de grãos de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) variedade sempre-verde, como base para a determinação da difusividade efetiva e energia de ativação. *Engenharia Agrícola*, 28(2), 325–333. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000200013>

Folch, J., Less, M., & Stanley, S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(497).

Fraga, L. N., Oliveira, A. K. S., Aragão, B. P., Wartha, E. R. S. A., & Carvalho, I. M. M. (2017). Composição centesimal e teor de vitamina C da casca da pitomba. *Anais... In: Congresso Internacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde – III CIAFIS*, 2017.

Garmus, T. T., Bezerra, J. R. M. V., Rigo, M., & Cordova, K. R. V. (2009). Elaboration of cookie with potato skin flour (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 3(2), 56-65.

Martins, E. A. S., Lage, E. Z., Goneli, A. L. D., Hartmann Filho, C. P., & Lopes, J. G. (2015). Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(3), 238–244.

Nunes, J. S., Lins, A. D. F., Gomes, J. P., Silva, W. P., & Silva, F. B. (2017). Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. *Revista Agropecuária Técnica*, 1(1), 41-46.

Rocha, M. S. (2011). *Compostos bioativos e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense*. 93f. 2011. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2011.

Santos, N., Barros, S., Almeida, R., Monteiro, S., Nascimento, A., Silva, V., Gomes, J., Luiz, M., & Vieira, D. (2020b). Avaliação da Degradação dos Compostos Bioativos do Fruto

Physalis (*P. peruviana*) Durante o Processo de Secagem. *Research, Society and Development*, 9(1), e102911678.

Santos, N., Leite, D., Câmara, G., Barros, S., Santos, F., Soares, T., Lima, A., Soares, T., Albuquerque, A., Oliveira, M., Vasconcelos, U., & Queiroz, A. (2020a). Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas da toranja (*Citrus paradisi* Macf.). *Research, Society and Development*, 9(1), e61911609.

Scorsatto, M., Pimentel, A. C., Silva, A. J. R., Sabally, K., Rosa, G., & Oliveira, G. M. M. (2017). Assessment of Bioactive Compounds, Physicochemical Composition, and In Vitro Antioxidant Activity of Eggplant Flour. *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 30(3), 235-242.

Silva, C. G. (2016). *Desenvolvimento de biscoitos enriquecidos com farinha de caroço de manga: incorporação de substâncias bioativas e aproveitamento de resíduos agroindustriais*. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Universidade Federal Fluminense, Niterói–RJ. 2016.

Silva, E. S., Oliveira, J., Machado, A. V., & Costa, R. O. (2015) - Secagem de grãos e frutas: revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, 5(1), 19-23.

Silva, F. A. S., & Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal Agricultural Research*, 11, 3733-3740.

Silva, S. S., & Souza, S. M. A. (2017). Aproveitamento da casca e polpa de jamelão (*syzygium cumini* lamareck) para produção de farinha com potencial antioxidante para uso em barra de mel contendo derivados de mandioca e cereal. *Anais... In: Seminário de Iniciação Científica*, n. 21, 2017.

Silva, W. P. & Silva, C. M. D. P. S. *LAB Fit Curve Fitting Software* (Nonlinear Regression and Treatment of Data Program) V 7.2.50 (2008), online, available from world wide web: <www.labfit.net>, date of access: 2019-Setembro-14.

Silva, W. P., Silva, C. M. D. P. S., Gama, F. J. A., & Gomes, J. P. (2014). Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 67-74.

Souza, M. P. et al. (2016). Phenolic and aroma compositions of pitomba fruit (*Talisia esculenta* Radlk.) assessed by LC-MS/MS and HS-SPME/GC-MS, *Food Research International*.

Taylor, J. R. (1997). An introduction to error analysis, 2nd ed. Sausalito, California: University Science Books.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Newton Carlos Santos – 10%

Raphael Lucas Jacinto Almeida – 10%

Tamires dos Santos Pereira – 10%

Anna Paula Rocha de Queiroga – 10%

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva – 10%

Deborah Silva do Amaral – 10%

Luana Nascimento Silva – 10%

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro – 10%

Eliélson Rafael Barros – 10%

Lucas Rodolfo Inácio da Silva – 10%