

MODELAGEM MATEMÁTICA DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM DA CASCA DA JABUTICABA

Jamilly Salustiano Ferreira¹; Rodrigo Araújo Constantino²; Julice Dutra Lopes³
¹ Bolsista Pibic e graduanda em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, campus Campina Grande, PB, jamillysalustiano@gmail.com;
² Mestrando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, campus de Campina Grande, PB, rodrigoconstantino_ecr7@hotmail.com;
³ Docente do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba, UFPB, campus João Pessoa, PB, julicedl@gmail.com

Introdução

A jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg) é uma árvore frutífera encontrada desde o Rio Grande do Sul até o Pará, sendo que as maiores produções concentram-se nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo (OLIVEIRA et al., 2003; SATO; CUNHA, 2007). Segundo Marquetti (2014) sua casca possui grande concentração de minerais e fibras solúveis essenciais para o organismo humano, como também propriedades bioativas como compostos fenólicos e antocianinas, sendo portanto, uma boa alternativa para o enriquecimento de produtos de alimentícios.

A secagem é uma das etapas de pré-processamento de produtos agrícolas com a finalidade de retirar parte da água nele contida, sendo um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem de modo a permitir a manutenção de sua qualidade. Esse método pode ser usado como meio de conservação que resulta em uma transformação do produto, podendo ser usado como uma nova opção no mercado, com efeitos benéficos na estabilidade microbiológica e química dos alimentos (ALMEIDA et al, 2003; FELLOWS, 2006).

A obtenção da cinética de secagem é de fundamental importância para a modelagem matemática de operação e para outros fins como projetos de secadores convectivos. Esse estudo possibilita a determinação do mecanismo predominante de transferência de massa do material para o fluido com as respectivas equações matemáticas correspondentes, além de ampliar o estudo sobre sistemas de secagem, seu dimensionamento, otimização e a determinação da viabilidade de sua aplicação comercial (JUNIOR; CORREA, 1999).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi estudar a cinética de secagem da casca de jabuticaba na temperatura de 60 °C, ajustando os modelos matemáticos de Page, Henderson & Pabis, Midilli et al, Newton aos dados experimentais.

Metodologia

O trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia de alimentos (LEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande, PB.

As jabuticabas foram adquiridos no mercado central da cidade de Campina Grande, PB, nos quais foram previamente lavados e sanitizados. Os frutos foram cortados ao meio através de uma faca, separando as cascas e a polpa de forma manual. As amostras foram dispostas em cestas teladas de peso conhecido e em seguida colocadas no secador convectivo para secagem com circulação forçada de ar na temperatura 60 °C e com velocidade do ar 2,0 m/s. A cinéticas de secagem, em triplicata, foi obtida através da pesagem, em intervalos regulares até massa constante, conhecendo-se o teor de água inicial. No final da secagem

foram determinadas as massas secas e calculado o teor de água de acordo com IAL (2008). O conjunto de bandejas-amostras foram pesadas em balança semi analítica.

Com os dados experimentais obtidos foi calculado a razão do teor de água que é a relação entre o teor de água U , em base seca (g), o teor de água de equilíbrio U_e , base seca (g) e o teor de água inicial U_0 , base seca (g). Os modelos matemáticos de Page (1949) ($Rx = \exp(-k \cdot t^n)$), o de Henderson & Pabis (1961) ($Rx = a \cdot \exp(-k \cdot t)$), Midilli et al (2002) ($Rx = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$) e o de Newton (1985) ($Rx = \exp(-k \cdot t)$) foram ajustados aos dados experimentais. Para o ajuste matemático dos dados experimentais foi utilizado o programa computacional STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT, 2004) por meio da análise de regressão não linear. Para analisar a qualidade do ajuste do modelo matemático, utilizou-se como critério o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM).

Resultados e discussão

O processo foi fortemente influenciado pela temperatura, onde o teor de água inicial foi de 84,6 g/100g. A perda do teor de água se mostrou mais rápida nos primeiros minutos do processo, ou seja, a medida que a temperatura eleva-se o tempo de secagem diminui evidenciando a maior velocidade de retirada de água. As curvas de cinética definem bem o processo característico das secagens da casca da jabuticaba. A partir das equações empíricas foi possível calcular também os resultados da constante de difusividade “k”.

Verificou-se durante a secagem da casca de jabuticaba que os modelos matemáticos apresentaram constante da taxa de secagem “k” semelhantes, sendo o de Page igual a 0,022725, o de Henderson & Pabis 0,027660, o de Midilli et al 0,021008 e o de Newton 0,027369. Segundo Resende et al (2015) esse comportamento mostra que a difusão é provavelmente o mecanismo físico que governa o movimento da umidade através da estrutura da amostra, ou seja, a velocidade de secagem é controlada através da velocidade de difusão do líquido por meio do sólido, não apresentando um período de taxa constante definido. O modelo de Page apresentou parâmetro “n” igual a 1,050767, o parâmetro “a” para o ajuste de Henderson & Pabis foi 1,050767, enquanto o de Midilli et al 0,989762 para o parâmetro “a”, 1,069431 para o “n” e 0,000009 para o parâmetro “b”.

Observou-se que os modelos matemáticos de Page, Henderson & Pabis, Midilli et al e Newton se ajustaram bem aos dados experimentais representando bem o processo com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99 e desvio quadrático médio (DQM) inferior a 0,011. O coeficiente de determinação (R^2) dos modelos matemáticos para a temperatura de 60 °C para os modelos já citados foram respectivamente, 99,91, 99,87, 99,92, 99,86% e o desvio quadrático médio (DQM), 0,009, 0,011, 0,0083 e 0,011. Como é possível observar, dentre os modelos testados o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo de Midilli et al. Resultados semelhantes a esses foram obtidos por Soares et al (2016) ao estudar a avaliação dos modelos de processos de secagem da jabuticaba *in natura* com o uso de indicadores de desempenho nas temperaturas de 50 e 60 °C, assim como também Maciel et al (2016) ao estudar a secagem da polpa de goiaba em camada em espuma. O tempo de secagem do presente estudo foi de 600 minutos para a temperatura de 60 °C.

Conclusões

Os modelos matemáticos de secagem estudados se ajustaram perfeitamente aos dados experimentais sendo o modelo de Midilli et al o que melhor descreveu o comportamento das curvas de secagem na condição de temperatura estudada, por apresentar maior R^2 e menor constante de secagem “k”. As equações apresentaram coeficientes de determinação superiores a 99%, podendo ser

utilizado na estimativa das curvas de secagem da casca de jaboticaba.

Palavras-Chave: *Myrciaria cauliflora* Berg., modelagem matemática, cinética de secagem

Fomento

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica concedida para a realização da pesquisa.

Referências

ALMEIDA, G. S.; CAVALCANTE, F. J. N.; LIMA, A. G. B. de. Transporte de calor e massa em sólidos heterogêneos: um estudo teórico via análise concentrada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.1-16, 2003.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. Porto alegre: Artmed, 2006. 602p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 1020p, 2008.

JÚNIOR, P.C.A.; CORRÊA, P.A. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.349-353, 1999.

MACIEL, R. M. G.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. da; SEVERO, L. S. Cinética de secagem da polpa de goiaba em camada de espuma. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV International Technical Symposium, FAURGS, Gramado, RS, 2016.

OLIVEIRA, A. L. de; BRUNIN, M. A.; SALANDINI, C. A. R.; BAZZO, F. R. Caracterização Tecnológica de Jaboticabas ‘Sabará’ provenientes de diferentes regiões de Cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v. 25, n. 3, p. 397 – 400, 2003.

RESENDE, L. G. M.; SANTOS, B. S. dos; TRAVÁLIA, B. M.; CONSTANT, P. B. L.; PAGANI, A. A. C.; SANTOS, J. A. B. dos. Modelagem matemática da secagem da casca do fruto cambucá-preto (*Eugenia velutina* Berg.) utilizando diferentes sistemas de secador. XXXVII – Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2015.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SOARES, D. S. C.; SANTOS, J. T. S.; LIMA, L. A. L. C.; NUNES, T. P.; CHAVES, A. C. S. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M. de. Avaliação dos modelos de processos de secagem da jaboticaba *in natura* com o uso de indicadores de desempenho. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Fortaleza, CE, 2016.

STATSOFT, Inc. Statistica (Data Analysis Software System), version 7, 2004.