

## PROCESSO DE SECAGEM E ANÁLISE DA CINÉTICA DE REDUÇÃO DE UMIDADE DO CAROÇO DE ABACATE

Thamiris Delabrida Silva<sup>1</sup>, Felipe Augusto da Silva Araújo<sup>1</sup>, Samuel Araújo de Oliveira<sup>1</sup>, Luzia Ferreira Irene<sup>1</sup>, Clara Suprani Marques<sup>1</sup>, Kamilla Soares de Mendonça<sup>1</sup>

Instituto Federal de Minas Gerais – campus Bambuí

[thamirsdelabrida@gmail.com](mailto:thamirsdelabrida@gmail.com)

### RESUMO

No presente trabalho, foi realizada a secagem de um resíduo de setor de frutas (caroço de abacate) quando previamente tratado com etanol (CA) ou sem etanol (SA), para obtenção de farinha. Os dados da cinética de secagem foram analisados e ajustados em sete modelos matemáticos. De forma geral, os dados experimentais mostraram um bom ajuste aos modelos, com  $R^2$  superior a 0,98. Além disso, as amostras previamente tratadas com etanol perderam umidade mais rapidamente, o que é um resultado interessante para a indústria de alimentos, visto que o processo de secagem é custoso do ponto de vista energético. Portanto, o uso de etanol pode ser vantajoso para a redução de custos.

### 1 INTRODUÇÃO

A etapa de secagem como operação unitária envolve a remoção da umidade presente em um material, resultando em uma diminuição na sua massa. Isso é essencial na conservação de alimentos, pois retarda o crescimento de microrganismos e a atividade de enzimas de escurecimento em ambientes secos (MARTINS, 2020).

A secagem de frutas é uma opção para o desenvolvimento de novos produtos e aumento da sua vida de prateleira. Dentre as frutas comercializadas no Brasil, destacamos o abacate, cuja porção composta pelo caroço e casca representa cerca de 32% do peso total do fruto, sendo geralmente descartada. Ela é principalmente composta por amido, tendo outros componentes como lipídeos, proteína, resíduo mineral e fibra presentes em proporções menores. Seu conteúdo de umidade é cerca de 66% (SILVA et al., 2013). O aproveitamento desse resíduo pode ser uma estratégia interessante para aumentar o valor agregado do produto e diminuir o desperdício.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi realizar a secagem do caroço de abacate quando submetido a duas condições prévias de secagem (adição de etanol

e sem adição de etanol), bem como analisar a curva de redução de umidade ao longo do processo, de forma a obter uma farinha seca que pode ser usada futuramente para diversos fins.

## **2 METODOLOGIA**

O estudo foi conduzido no Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Bambuí, no Setor de Frutos e Hortaliças e no Laboratório de Bromatologia. Foram usados abacates da variedade Ouro Verde coletados no próprio Campus. Cerca de 22 frutos foram selecionados por tamanho e maturação semelhantes.

### **2.1 Moagem**

As sementes foram picadas com o auxílio de uma faca e trituradas em um liquidificador. Após, foram armazenadas em condições refrigeradas, garantindo a sua preservação até o momento da análise de umidade e secagem.

### **2.2 Análise de umidade**

A determinação da umidade foi feita seguindo o método de secagem direta em estufa, conforme o Instituto Adolfo Lutz (1985). As amostras foram secas em estufa a 105 °C por aproximadamente 24 h, até o peso constante. A análise foi conduzida em triplicata, consistindo em duas repetições independentes para cada amostra.

### **2.3 Secagem**

Inicialmente, as amostras foram divididas em dois grupos: com adição de etanol (CA) e sem adição de etanol (SA), de forma a avaliar em qual tratamento a perda de umidade ocorreria mais rapidamente. Durante a secagem, foram realizadas pesagens das amostras a cada 15 min nas duas primeiras horas e 30 minutos em seguida, até peso constante. A temperatura foi de 65 °C. Um secador de bandeja com sistema de fluxo de ar forçado foi utilizado, sendo a transferência de calor por meio de convecção forçada de ar aquecido.

### **2.4 Modelos matemáticos**

Para modelagem matemática, doze modelos empíricos foram testados para selecionar o de melhor ajuste aos dados experimentais de cinética. A razão de umidade (RX) durante a secagem do caroço de abacate foi calculada de acordo com a equação 1:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que  $RX$  é a razão de umidade [adimensional],  $X$  é o teor de umidade em um tempo específico [g água g<sup>-1</sup> matéria seca],  $X_0$  é o teor de umidade inicial [g água g<sup>-1</sup> matéria seca] e  $X_e$  é o teor de umidade no equilíbrio [g água g<sup>-1</sup> matéria seca].

A taxa de secagem (TS) foi calculada de acordo com a Equação 2:

$$TS = \frac{X_{t+\Delta t} - X_t}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que  $TS$  é a taxa de secagem [g água g<sup>-1</sup> matéria seca min<sup>-1</sup>],  $X_{t+\Delta t}$  é o teor de umidade no tempo  $t+\Delta t$  [g água g<sup>-1</sup> matéria seca] e  $t$  o tempo [min].

**Tabela 1** – Modelos matemáticos aplicados às curvas de secagem.

Modelo	Equação	Referência
Page	$RX = \exp(-kt^n)$	Diamante & Munro (1993)
Page modificado	$RX = \exp(-(kt)^n)$	Ozdemir & Devres (1999)
Logarítmico	$RX = a \exp(-kt) + b$	Yaldiz et al. (2001)
Dois termos	$RX = a \exp(-kt) + b \exp(-k_1t)$	Madhiyanon et al. (2009)
Midilli e Kuçuk	$RX = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli et al. (2002)
Dois termos exponenciais	$RX = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-k_1t)$	Sharafeldeem et al. (1980)
Verma	$RX = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-k_1t)$	Verma et al. (2000)

$k$ ,  $n$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $k_1$  e  $k_2$  são constantes de ajuste dos modelos.

Para o ajuste dos modelos aos dados de cinética, foram utilizadas técnicas de regressão não-linear, com auxílio do software Statistica 8.0® (Statsoft, Tulsa, OK). O coeficiente de determinação  $R^2$ , raiz média do quadrado do erro (RMQE) e qui-quadrado ( $\chi^2$ ) foram calculados para avaliar a adequabilidade de ajuste dos modelos, as equações estão representadas abaixo (Eq. 3-4). Menores valores de RMQE e  $\chi^2$  e maiores valores de  $R^2$  indicam melhor qualidade dos modelos (Arslan et al., 2010; Tunde-Akintunde & Ogunlakin, 2013).

$$RMQE = \sqrt{\left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_{pre,i} - I_{exp,i})^2 \right]} \quad (\text{Eq. 3})$$

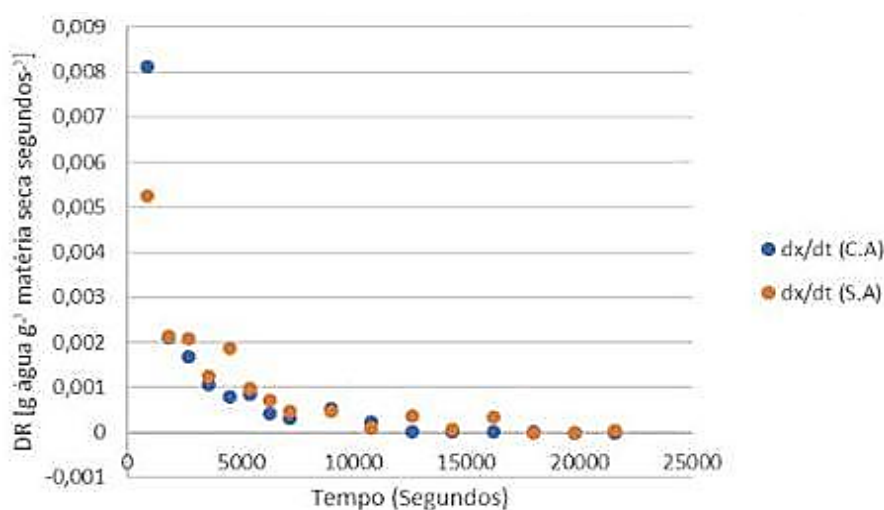
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(I_{exp,i} - I_{pred,i})^2}{N - n'} \quad (\text{Eq. 4})$$

sendo  $N$  é o número de observações,  $l_{pre}$  são os valores preditos pelo modelo,  $l_{exp}$  são os valores obtidos experimentalmente e  $n$  é o número de constantes do modelo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições em que foram realizadas este trabalho, foram necessários 3600 minutos para a secagem das amostras para que elas atingissem peso constante. Os dados estão expressos na Figura 1.

**Figura 1-** Taxa de secagem em função do tempo.



Em geral, os modelos empíricos apresentaram bons ajustes aos dados de secagem, sendo o modelo Dois Termos o que apresentou melhor ajuste, com altos valores de  $R^2$  (0,9975) e baixos valores de RMQE (0,0122) e  $\chi^2$  (0,0002). Os modelos Page, Midilli and Kuçuk, e Page modificado também apresentaram bons resultados, com  $R^2$  superior a 0,98, indicando ajuste dos dados experimentais aos modelos propostos.

Quanto aos tratamentos propostos, foi verificado que a prévia adição de etanol à amostra ocasionou uma perda de umidade inicial mais rápida do que a amostra sem álcool, atingindo 8% de umidade em 120 min, ao passo que a amostra SA atingiu esse conteúdo de umidade em 150 min. Isso que é vantajoso para a indústria de alimentos, visto que o processo de secagem exige um elevado gasto energético. Dessa forma, a aceleração do processo é interessante pois pode contribuir para a redução de custos. Além disso, de forma geral, a análise dos dados de secagem do produto e sua modelagem são importantes para garantir que o produto tenha uma umidade adequada, dentro dos padrões da legislação vigente, que estabelece que farinhas apresentem até 15% de umidade (BRASIL,2005).

## 4 CONCLUSÃO

Podemos concluir que os dados encontrados estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente para a umidade em farinhas, o que é essencial para assegurar a qualidade do produto. Além disso, a adição de etanol foi favorável à secagem, sendo uma opção interessante a ser adotada para acelerar o processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSLAN, D.; ÖZCAN, M. M.; MENGEŞ, H. O. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Energy Conversion and Management**. v. 51, n. 12, p. 2769–2775, 2010.

BRASIL. Resolução RDC no 263, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Aprova o "Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos". **Diário Oficial da União**. Brasília, de 23 de setembro de 2005.

DIAMANTE, L. M.; MUNRO, P. A. Mathematical modelling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. **Solar Energy**. v. 51, p. 271–276, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 21-22.

MARTINS, Fernanda Pereira et al. Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 4, p. 0600-0607i, 2020.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**. v. 20, p. 1503-1513, 2002.

OZDEMIR, M.; DEVRES, Y.O. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. **Journal of Food Engineering**. v. 42, p. 225–233, 1999.

SHARAFELDEEN, Y. I.; BLAISDELL, J. L.; HAMDY, M. Y. A model for ear corn drying. **Transactions of the ASAE**. v. 23, p. 1261-1268, 1980.

SILVA, IZIS RAFAELA ALVES et al. Efeito da Modificação Química por Reação de Cross-Linking nas Propriedades do Amido de Semente de Abacate (*Persea americana* Mill). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 31, n.2, 2013.

TUNDE-AKINTUNDE, T. Y.; OGUNLAKIN, G. O. Mathematical modeling of drying of pretreated and untreated pumpkin. **Journal of Food Science and Technology**. v. 50, n. 4, p. 705–713, 2013.

VERMA, B.; SHUKLA, N. P. Removal of Nickel (II) from electroplating industry effluent by agrowaste carbons. **Indian Journal Environmental Health**. v. 42, p. 145-150, 2000.

YALDIZ, O; ERTEKIN, C.; UZUN, H. I. Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. **Energy**. v.26, n. 5, p 457-465, 2001.