



## MODELAGEM MATEMÁTICA E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS NA SECAGEM DOS RESÍDUOS DO REPOLHO ROXO

João Gabriel Silva Gouveia<sup>1</sup>, Thomas Mizael Rodrigues dos Santos<sup>1</sup>, Allen Ruan Palmeira Diniz<sup>1</sup>, Marcellly Beatriz Silva Monteiro<sup>1</sup>, Dimitry Gomes Cruz<sup>1</sup>, Ana Luiza Alves Gomes de Farias<sup>1</sup>, Vanessa Carla Macedo de Araujo<sup>1</sup>, Bheatriz Mariah de Andrade Souza<sup>1</sup>, Emanuele Bessa de Lima<sup>1</sup>, Francislaine Suelia dos Santos<sup>2</sup>, Josivanda Palmeira Gomes<sup>2</sup>

### RESUMO

O Brasil é um grande produtor de frutas e vegetais, mas a agroindústria gera muitos resíduos, como cascas e talos, que frequentemente são desperdiçados. Esses resíduos podem ser utilizados no desenvolvimento de novos produtos alimentícios. O repolho roxo, por exemplo, contém antocianinas, corantes naturais que variam do azul ao vermelho-púrpura, o que o torna uma matéria-prima promissora em termos de coloração. Devido ao elevado teor de água nesses resíduos, é necessário reduzir esse teor para prolongar a vida útil e a estabilidade dos produtos durante a estocagem. O estudo da cinética de secagem visa monitorar as mudanças físicas e fenômenos ocorridos na desidratação, garantindo a produção de alimentos de alta qualidade a baixo custo. Portanto, esse projeto teve por objetivo estudar a cinética de secagem dos resíduos do repolho roxo, através da modelagem matemática, determinação do coeficiente de difusão, da energia de ativação e as propriedades termodinâmicas do processo. Os resíduos do repolho roxo foram triturados, dispostos em cestas teladas e desidratados nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em estufa de circulação de ar, o experimento foi realizado em triplicata, com pesagens das bandejas em intervalos regulares, até massa constante. Em seguida, foram aplicados aos dados experimentais a modelagem matemática com diferentes modelos (Aproximação da difusão, Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli e Page) e avaliado a qualidade dos ajustes (coeficiente de determinação -  $R^2$ , desvio quadrático médio - DQM, qui-quadrado -  $\chi^2$ ; e calculado as difusividades efetivas, as energias de ativação e as propriedades termodinâmicas (entalpia, entropia e energia livre de Gibbs) do processo. Os resultados verificaram que todos os modelos estudados resultaram em ajustes satisfatórios para todas as temperaturas adotas, contudo, o modelo Aproximação da difusão apresentou melhor desempenho. A difusividade efetiva foi da ordem de  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s e a energia de ativação de 24,84 kJ/mol; as propriedades termodinâmicas apontaram para um processo não espontâneo, com valores positivos de entalpia e energia livre de Gibbs, e valores negativos de entropia.

**Palavras-chave:** resíduo agroindustrial, desidratação, difusividade efetiva, energia de ativação.

<sup>1</sup>joaogabrielpem@gmail.com; thomaspibicens.medio@gmail.com; allemruanpem@gmail.com; marcellypem@gmail.com; dimitrypem@gmail.com; annaluluiza253@gmail.com; vcvanessa@gmail.com; bheatriz.pibicmedio@gmail.com; emanuelebessapem@gmail.com

<sup>2</sup>Profa. Dra. Francislaine Suelia dos Santos, Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: francislaine.suelia@professor.ufcg.edu.br

<sup>2</sup>Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB, e-mail: josivanda@gmail.com



**MATHEMATICAL MODELING AND THERMODYNAMIC PROPERTIES IN THE  
DRYING OF RED CABBAGE WASTE**

**ABSTRACT**

Brazil is a major producer of fruit and vegetables, but the agro-industry generates a lot of waste, such as peels and stalks, which are often wasted. This waste can be used to develop new food products. Red cabbage, for example, contains anthocyanins, natural dyes that range from blue to purple-red, making it a promising raw material in terms of coloring. Due to the high water content in this waste, it is necessary to reduce this content in order to extend the shelf life and stability of the products during storage. The study of drying kinetics aims to monitor the physical changes and phenomena that occur during dehydration, guaranteeing the production of high-quality food at a low cost. Therefore, the aim of this project was to study the drying kinetics of red cabbage waste through mathematical modeling, determination of the diffusion coefficient, activation energy and thermodynamic properties of the process. The red cabbage waste was shredded, placed in screened baskets and dehydrated at temperatures of 50, 60 and 70 °C in an air circulation oven. The experiment was carried out in triplicate, with the trays weighed at regular intervals until constant mass. Mathematical modeling was then applied to the experimental data using different models (diffusion approximation, Henderson and Pabis, logarithmic, Midilli and Page) and the quality of the fits was assessed (coefficient of determination -  $R^2$ , mean square deviation - MSD, chi-square -  $\chi^2$ ; and the effective diffusivities, activation energies and thermodynamic properties (enthalpy, entropy and Gibbs free energy) of the process were calculated. The results showed that all the models studied resulted in satisfactory fits for all the temperatures adopted; however, the Diffusion Approximation model performed best. The effective diffusivity was in the order of  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s and the activation energy was 24.84 kJ/mol; the thermodynamic properties indicated a non-spontaneous process, with positive values for enthalpy and Gibbs free energy, and negative values for entropy.

**Keywords:** agro-industrial waste, dehydration, effective diffusivity, activation energy.