



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DO PROCESSO DE SECAGEM DOS GRÃOS DE CANOLA (*Brassicanapus L*)

Henrique da Cruz Benitez Vilhasanti¹; André Luis Duarte Goneli²; Rodolfo Freire Marques³; Elton Aparecido Siqueira Martins³; Cesar Pedro Hartmann Filho³; Murilo Henrique Rojas dos Santos⁴

UFGD/FCA – Caixa Postal 533, 79.804-970 – Dourados – MS, E-mail: vilhasanti716@hotmail.com

¹Bolsista de Iniciação Científica da UFGD. ²Orientador, Professor FCA, Bolsista PQ CNPq. ³Alunos de Pós Graduação. ⁴Aluno de Graduação em Agronomia.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros termodinâmicos durante a secagem dos grãos de canola (*Brassicanapus L*). Na condução do experimento foram utilizados grãos de canola, da cultivar Hyola® 344, que foram cultivados na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, em Dourados - MS e colhidos manualmente, com teor de água de, aproximadamente, 0,43(b.s.). A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa), conhecendo-se o teor de água inicial do produto, até atingir o teor de água final de, aproximadamente, 0,11 (b.s.), com auxílio de uma balança analítica com resolução de 0,01g. Os teores de água do produto foram determinados pelo método da estufa a $103 \pm 1^\circ\text{C}$, até peso constante, em três repetições. A secagem dos grãos de canola foi realizada para diferentes condições controladas de temperatura (40, 50, 60 e 70 °C). A entalpia diminuiu com o aumento da temperatura do ar de secagem, bem como a entropia. A energia livre de Gibbs aumentou com o aumento da temperatura.

Palavras chave: *Brassicanapus L.*, Secagem, Entalpia

INTRODUÇÃO

Assim como muitos produtos agrícolas, os grãos de canola são normalmente colhidas com um teor de água inadequado para uma correta e eficiente conservação. Com isso, a redução da quantidade de água do material deve ser conduzida com a finalidade de se reduzir a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem no produto durante o armazenamento. Nesse contexto, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade e estabilidade após a colheita. Seu principal objetivo é a redução do conteúdo de água até níveis seguros que permitam o correto armazenamento por determinados períodos de tempo.

O conhecimento das propriedades termodinâmicas nos processos de secagem de produtos agrícolas é importante fonte de informação. Mudanças de entalpia fornecem uma medida da variação de energia que ocorre quando da interação das moléculas de água com os constituintes do produto durante os processos de sorção. A entropia pode estar associada com a ligação ou repulsão das forças no sistema e está associada com o arranjo espacial da relação água-produto. Assim, entropia caracteriza, ou define, o grau de ordem ou desordem existente no sistema água-produto (MCMINN et al., 2005). A energia livre de Gibbs é um indicativo da afinidade do produto pela água, fornecendo um critério de avaliação da desorção da água. Para valores de energia livre de Gibbs negativos, o processo é espontâneo, enquanto para valores positivos é não-espontâneo (TELIS et al., 2000). Mudanças na energia livre de Gibbs podem definir o processo de desorção ou o de adsorção durante a troca de água entre o produto e o meio. O equilíbrio será alcançado quando o gradiente de energia livre de Gibbs for zero (NAYAK; PANDEY, 2000).

De acordo com o que foi exposto O objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros termodinâmicos durante a secagem dos grãos de canola (*Brassic napus* L.).

MATÉRIA E MÉTODOS

Na condução do experimento foram utilizados grãos de canola, cultivar Hyola® 344, que foram cultivados na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, em Dourados - MS e colhidos manualmente, com teor de água de, aproximadamente, 0,43(b.s.).

O produto foi submetido à secagem em estufa com ventilação forçada, utilizando-se diferentes temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70°C). A redução do teor de água durante a secagem foi acompanhada com auxílio de uma balança analítica com resolução de 0,01g pelo método gravimétrico ou de perda de massa. Os teores de água do produto foram

determinados pelo método da estufa, $105 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 24 horas, em duas repetições (Brasil 2009). O tempo entre as leituras foi controlado por meio da diferença de massa. Foi considerado como ponto final da secagem, quando os grãos de canola atingiram o teor de água de 0.11 (b.s.).

Durante o processo de secagem, as bandejas com as amostras foram pesadas periodicamente com o auxílio de uma balança digital de 0,01 g de resolução. O tempo entre as leituras foi controlado por meio da diferença de massas, de forma que não permitisse diferenças grandes de teor de água entre as leituras.

O coeficiente de difusão para as diversas condições de secagem foi calculado utilizando o modelo baseado na teoria da difusão líquida, por meio da seguinte expressão:

$$RU = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp \left[\frac{n^2 \pi^2 D_i}{9} \cdot \left(\frac{3}{R_e} \right)^2 \right] \quad (1)$$

em que,

D_i : coeficiente de difusão, $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$;

R_e : distância radial até a superfície, m;

n: número de termos.

Para determinação do raio equivalente dos grãos de canola, foram realizadas 51 repetições, utilizando-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. Dessa forma o raio equivalente dos grãos de canola foi de 0,863 mm.

Para avaliar a influência da temperatura no coeficiente de difusão efetivo, foi utilizada a equação de Arrhenius, descrita da seguinte forma:

$$D_i = D_o \exp \left(\frac{E_a}{R T_a} \right) \quad (2)$$

em que,

E_a : energia de ativação, kJ mol^{-1} ;

D_o : fator pré-exponencial;

R: constante universal dos gases, $8,314 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$; e

T_a : temperatura absoluta, K.

As propriedades termodinâmicas do processo de secagem dos grãos de canola foram obtidas pelo método descrito por Jideani & Mpotokwana (2009):

$$\Delta h = E_a - RT$$

(3)

$$\Delta s = R \left(\ln D_o - \ln \frac{k_B}{h_p} - \ln T \right)$$

(4)

$$\Delta G = \Delta h - T\Delta s$$

(5)

em que,

ΔH : entalpia, J mol⁻¹

ΔS : entropia, J mol⁻¹

ΔG : energia livre de Gibbs, J mol⁻¹

k_B : constante de Boltzmann, 1,38 x 10⁻²³ JK⁻¹

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, são apresentados os valores médios do coeficiente de difusão efetivo obtidos durante a secagem dos grãos de canola, para diferentes condições de temperatura do ar, considerando o raio equivalente de 0,863 mm.

Tabela 1. Coeficientes de difusão efetivo ajustados às diferentes temperaturas de secagem dos grãos de canola.

Temperatura (°C)	$D \times 10^{-11}$ (m ² s ⁻¹)
40	0,6565
50	1,0583
60	1,4259
70	1,6960

A energia de ativação necessária para a difusão de água durante a secagem dos grãos de canola, calculada de acordo com a Equação 2, foi de, aproximadamente, 28,25 kJ mol⁻¹. Nos processos de secagem, quanto menor a energia de ativação maior será a difusividade de água no produto. A energia de ativação é uma barreira que deve ser ultrapassada para que o processo de difusão possa ser desencadeado no produto (KASHANINEJAD et al., 2007). No Quadro 2, encontram-se os valores dos seguintes atributos termodinâmicos: entalpia, entropia e a energia livre de Gibbs, analisados durante a secagem dos grãos de canola, em diferentes condições de temperatura do ar de secagem.

Tabela 2. Valores da entalpia, entropia e a energia livre de Gibbs para os grãos de canola, em diferentes condições de temperatura do ar de secagem.

Temperatura (°C)	ΔH	ΔS	ΔG
	Jmol ⁻¹		
40	25648,39	-215,475	93126,52
50	25565,25	-215,736	95282,58
60	25482,11	-215,99	97441,22
70	25398,97	-216,236	99602,35

Analisando o (Quadro2), a variação dos valores de entropia teve um comportamento semelhante ao da entalpia, ou seja, seu valor reduziu com o aumento da temperatura do ar de secagem. Esse comportamento era um fenômeno esperado, pois a diminuição da temperatura acarreta em menor excitação das moléculas de água, resultando num aumento da ordem do sistema água-produto (Corrêa et al., 2010). Segundo Goneliet al (2010), a entropia é uma grandeza termodinâmica ligada ao grau de desordem, onde seus valores se elevam durante um processo natural em um sistema isolado. Os valores negativos de entropia podem estar atribuídos à existência de adsorção química e/ou modificações estruturais do adsorvente (MOREIRA et al., 2008).

Em relação energia livre de Gibbs, houve um aumento dos valores com o aumento da temperatura do ar de secagem (Quadro2). Segundo NkoloMeze'e et al.(2008), a energia livre de Gibbs é atribuída ao trabalho necessário para tornar os locais de sorção disponíveis. Os valores positivos da energia livre de Gibbs indicam que a secagem dos grãos de canola não foi um processo espontâneo, esses valores positivos são característicos de uma reação endergônica, ou seja, requerem adição de energia proveniente do meio em que se encontra o produto para que ocorra a reação (CORRÊA et al., 2010).

CONCLUSÃO

- O coeficiente de difusão efetivo aumenta gradativamente sua magnitude com a elevação da temperatura.
- A relação do coeficiente de difusão efetivo com a temperatura do ar de secagem pode ser descrita pela equação de Arrhenius, que apresenta uma energia de ativação para a difusão durante a secagem dos grãos de canola de 28,25kJ mol⁻¹.

- Na secagem dos grãos de canola, a entalpia e a entropia decrescem como aumento da temperatura. A energia livre de Gibbs aumentou com o aumento de temperatura, sendo suas magnitudes positivas na faixa de temperatura utilizada no presente trabalho.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 365 p.

GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BOTELHO, F.M. Water desorption and thermodynamic properties of okra seeds. **Transactions of the ASAE**, 53:191-197. 2010.

Corrêa, P. C.; Oliveira, G. H. H.; Botelho, F. M.; Goneli, A. L. D.; Carvalho, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. *Revista Ceres*, v.57, p.595-601, 2010.

MCMINN, W.A.M.; AL-MUHTASEB, A.H.; MAGEE, T.R.A. Enthalpy-entropy compensation in sorption phenomena of starch materials. **Journal of Food Engineering**, 38:505–510. 2005.

MOREIRA, R. et al. Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 514-521, 2008.

NAYAK, L.; PANDEY, J.P. Free energy change and monolayer moisture content of paddy and milled rice. **Journal of the Institution of Engineers**, 80:43–45. 2000.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L.G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.98-108, 2007.

NKOLO MEZE'E, Y.N.; NOAH NGAMVENG, J.; BARDET, S. Effect of enthalpy–entropy compensation during sorption of water vapour in tropical woods: the case of bubinga (*Guibourtia Tessmanii* J. L'Eonard; *G. Pellegriniana* J.L.). **Thermochimica Acta**, 468:1–5. 2008.

OLIVEIRA, G.H.H.; CORRÊA, P.C.; ARAÚJO, E.F.; VALENTE, D.S.M.; BOTELHO, F.M. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). **International Journal of Food Science & Technology**, 45:546-554. 2010.

TELIS V.R.N.; GABAS A.L.; MENEGALLI F.C.; TELIS-ROMERO J. Water sorption thermodynamic properties applied to persimmon skin and pulp. **Thermochimica Acta**, 343:49–56. 2000.