

CINÉTICA DE CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DOS GRÃOS DE AMENDOIM DURANTE A SECAGEM

ANDRÉ L. D. GONELI¹, WILLIAN D. ARAÚJO², CESAR PEDRO HARTMANN FILHO³, ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS⁴, HENRIQUE C. B. VILHASANTI⁵

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, UFGD / Dourados-MS, andregoneli@ufgd.edu.br

² Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia, - UFGD / Dourados-MS, williandias@casadalavoura.agr.br

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, cphartmann21@hotmail.com

⁴ Eng. Agrícola, Mestrando Engenharia Agrícola, UFGD / Dourados-MS, elton_asm@yahoo.com.br

⁵ Graduando em Engenharia Agrícola, UFGD / Dourados-MS, henrique_vilhasanti716@hotmail.com

Apresentado no

XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a cinética de contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim durante a secagem. Os grãos de amendoim foram colhidos com teor de água inicial de 0,59 (b.s.), sendo submetidos à secagem sob condições controladas de temperatura (40, 50, 60 e 70 °C), até o teor de água aproximado de 0,04 (b.s.). O tamanho dos grãos foi determinado por meio da variação do volume, sendo este obtido por meio da medição dos três eixos ortogonais dos grãos de amendoim. Aos dados experimentais de volume dos grãos, foi ajustado um modelo em analogia aos modelos utilizados para expressar a secagem dos produtos agrícolas em camada delgada, considerando a íntima relação do volume dos grãos de amendoim com o teor de água. Com base nos resultados encontrados conclui-se a redução do teor de água influencia na contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim. O aumento da temperatura do ar de secagem promove redução no tempo necessário para a redução do volume dos grãos de amendoim.

PALAVRAS-CHAVE: taxa de redução do volume, tempo de secagem, modelo matemático.

SHRINKAGE KINETICS OF PEANUT FRUITS DURING DRYING

ABSTRACT: The objective of the present work was to evaluate the shrinkage kinetics of peanuts kernels during drying. The peanut kernels was harvested with initial moisture content of approximately 0.59 (d.b.) and submitted to drying process under controlled conditions of temperature (40, 50 60 and 70 °C), until the approximate moisture content of 0.04 (d.b.). The kernels size were determined by the volume variation where was obtained through the measurement of the three orthogonal axis of the peanut kernels. The volume experimental data of kernels was adjusted with a model in analogy to models for expressing the thin layer drying of agricultural products, considering the intimate relationship of the volume of peanut kernels with water content. Based on the obtained results, it can be concluded that the moisture content reduction influences on the peanut kernels shrinkage. The air drying temperature increase promotes a reduction in the time required for reducing the volume of peanut kernels.

KEY-WORDS: volume ratio, drying time, mathematical model

INTRODUÇÃO: Uma das mudanças físicas mais importantes que ocorrem nos produtos agrícolas durante o processo de secagem é a redução do seu volume. A redução do teor de água devido à secagem influencia diretamente as propriedades físicas, provocando redução no volume do produto, fenômeno este conhecido como contração volumétrica. O comportamento do volume dos grãos e ou frutos durante a secagem é importante para que possam ser estimados os níveis de tensão a que o produto é submetido, assim como serve de ferramenta para o desenvolvimento de equipamentos, processos e modelos de simulação (OLIVEIRA et al., 2011). Normalmente, este comportamento é avaliado em função de gradientes de temperatura e umidade do produto, sendo raramente estudado em função do tempo de secagem. A maioria dos estudos relacionados à secagem de produtos agrícolas se

refere ao efeito de diversas variáveis externas como a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar dentre outras sobre o produto durante sua perda de água. Para tanto, modelos matemáticos são utilizados para representar a cinética de secagem frente a estas condições, sendo estes fundamentais para simulações matemáticas de camadas espessas de produto, que irão auxiliar no projeto de novos secadores ou no aperfeiçoamento de secadores já em operação (BERBERT et al., 1995). Na literatura muitos autores relataram que apesar da importância da contração volumétrica, este fenômeno é muitas vezes negligenciado durante o desenvolvimento de modelos de secagem (RAMOS et al., 2005). Considerando a escassez de informações a respeito do tempo necessário para ocorrer a variação do volume de produtos agrícolas durante a secagem, o objetivo deste trabalho foi avaliar e modelar, matematicamente, a contração volumétrica do grãos de amendoim em função do tempo para diferentes temperaturas do ar durante a secagem.

MATERIAL E MÉTODOS: Os grãos de amendoim foram colhidos manualmente, com um teor de água inicial de, aproximadamente, 0,59 decimal b.s., sendo os teores de água determinados pelo método gravimétrico em estufa, a 105 ± 1 °C, durante 24h, em duas repetições (BRASIL, 2009). A secagem foi realizada para diferentes condições controladas de temperatura (40, 50, 60 e 70 °C), e respectivas umidades relativas (19, 12, 7 e 6%). A redução do teor de água durante a secagem foi acompanhada com o uso de uma balança com resolução de 0,01 g pelo método gravimétrico (conhecendo-se o teor de água inicial). O teor de água final para a leitura das dimensões características dos grãos foi de 0,05 decimal b.s.. Para a determinação do volume, os grãos de amendoim foram considerados como esferóides triaxiais, tendo a medida dos eixos ortogonais comprimento (a), largura (b) e espessura (c) determinadas com auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, como ilustrado na Figura 1.

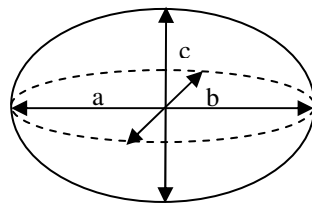


FIGURA 1. Desenho esquemático dos grãos do amendoim, considerado um esferoide triaxial.

A determinação do volume (V_g) para cada teor de água do produto foi baseado no uso da Equação 1 (MOHSENIN, 1986), mostrada a seguir:

$$V_g = \frac{\pi(a b c)}{6} \quad (1)$$

A variação do volume dos grãos de amendoim em relação ao tempo foi descrita assim como é feito para a secagem, em analogia à lei de resfriamento de Newton, baseada na transferência de calor por convecção. Assume-se que para cada tempo de secagem, um teor de água é correlacionado com o teor de água inicial e o teor de água de equilíbrio, sendo os valores de razão de umidade em função do tempo ajustados a modelos matemáticos, podendo ser descritos da seguinte forma:

$$RU = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \exp(-k_s t) \quad (2)$$

em que,

- RU - razão de umidade do produto, adimensional;
- M - teor de água do produto, decimal b.s.;
- M_e - teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s.;
- M_i - teor de água inicial do produto, decimal b.s.;
- k_s - constante de secagem, h^{-1} ; e
- t - tempo, h.

Considerando que as propriedades físicas dos grãos de amendoim apresentam uma relação com o teor de água, torna-se aceitável supor que as mudanças nas dimensões dos produtos e, conseqüentemente nos seus volumes, devido à secagem, devam comporta-se de maneira semelhante ao representado pela Equação 3, (LESPINARD et al., 2009):

$$TRV = \frac{V - V_e}{V_0 - V_e} = \exp(-k.t) \quad (3)$$

em que,

TRV - taxa de redução do volume, adimensional; V - volume do produto, cm³;
V_e - volume de equilíbrio do produto, cm³; V₀ - volume inicial do produto, cm³; e
k - constante de variação do volume, h⁻¹.

Para análise do grau de ajuste do modelo utilizado para descrever a cinética de contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação (R²) o desvio padrão da estimativa (SE), utilizando a análise de regressão não linear, com o auxílio do programa computacional STATISTICA 7.0[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Considerando que devido à rápida variação do volume dos grãos de amendoim no início da secagem, a Equação proposta por Lespinaard et al., (2009), Equação 3, não apresenta ajuste matemático adequado. Assim, para os grãos de amendoim, foi proposta a seguinte modificação na equação proposta por Lespinaard et al., (2009):

$$TRV = \exp(-k.t^n) \quad (4)$$

Desta forma, apresenta-se na Tabela 1, os valores dos parâmetros k e n da Equação 4, utilizada na modelagem dos dados observados da taxa de redução do volume dos grãos de amendoim, para todas as temperaturas em estudo (40, 50, 60 e 70 °C) em função do tempo, juntamente com os respectivos valores dos parâmetros estatísticos, o desvio padrão da estimativa (SE) e o coeficiente de determinação (R²).

TABELA 1. Parâmetros do modelo e parâmetros estatísticos utilizados na cinética da contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim.

Temperatura (°C)	k	n	SE (decimal)	R ² (decimal)
40	0,5843	0,4779	0,0161	0,9981
50	0,6043	0,6338	0,0013	0,9999
60	0,6841	0,5698	0,0602	0,9745
70	0,7434	0,5948	0,0287	0,9941

De acordo com a Tabela 1 é possível verificar que, o parâmetro k tem seus valores elevados com o aumento da temperatura do ar de secagem, caracterizando a influência exercida pela temperatura em suas magnitudes. A mesma situação não ocorreu com o parâmetro n da Equação 4, onde seus valores não obtiveram tendência definida em suas magnitudes com a elevação da temperatura. Ainda na Tabela1, nota-se que o modelo utilizado apresentou valores reduzidos do desvio padrão da estimativa e elevados valores dos coeficientes de determinação, independente da temperatura do ar de secagem, indicando ajuste satisfatório do modelo aos dados observados. Assim, a Equação 4, pode ser utilizada para representar o fenômeno da taxa de redução do volume dos grãos de amendoim em função do tempo. Afonso Júnior et al. (2004), também observaram resultados semelhantes aqueles encontrados no presente estudo, onde o modelo matemático ajustado representou satisfatoriamente a contração volumétrica dos frutos de café.

Na Figura 2, são observados os valores observados e estimados (Equação 4), da taxa de redução do volume dos grãos de amendoim em função do tempo para diferentes temperaturas do ar de secagem.

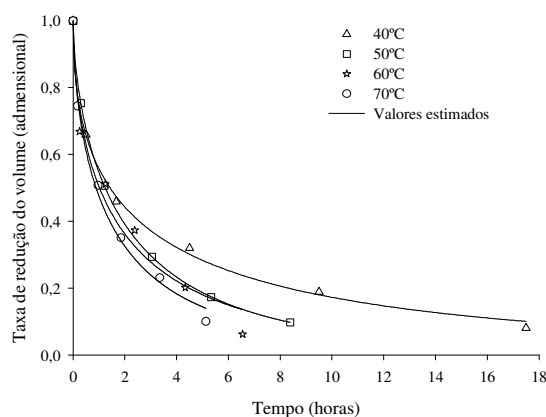


FIGURA 2. Valores observados e estimados, pelo modelo, da taxa de redução do volume dos grãos de amendoim em função do tempo, para diferentes temperaturas.

Como pode ser observado na Figura 2, o aumento da temperatura do ar de secagem corroborou para redução do tempo de encolhimento dos grãos de amendoim, concordando com Afonso Júnior et al. (2004), em que estudavam a dinâmica da contração volumétrica dos frutos de café. Observa-se também na Figura 2 que no início do processo de secagem houve uma redução brusca do volume dos grãos de amendoim, tendendo os grãos, com o decorrer do tempo, a apresentarem equilíbrio volumétrico. Provavelmente este fenômeno esteja relacionado com o elevado teor de água contido no grão no início da secagem, bem como a íntima dependência do teor de água com a maioria das alterações físicas ocorridas nos produtos agrícolas. Ainda na Figura 8 nota-se o bom ajuste do modelo utilizado para descrever a redução do volume dos grãos de amendoim em função do tempo em todas as temperaturas do ar de secagem. O período necessário para a redução do volume dos grãos de amendoim de 0,59 a 0,05 decimal b.s. foi de 17,5, 8,4, 6,5, e 5,1 horas, respectivamente para as temperaturas de 40, 50, 60, e 70 °C.

CONCLUSÕES: Com base nos resultados encontrados conclui-se a redução do teor de água influencia na contração volumétrica unitária dos grãos de amendoim. O aumento da temperatura do ar de secagem promove redução no tempo necessário para a redução do volume dos grãos de amendoim.

AGRADECIMENTOS: À Capes e à Fundect, pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; VILARINHO, M. C.; FRANÇA, A. S. Dinâmica da contração volumétrica do fruto de café durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café, n. 8, p. 29-35, 2004.
- BERBERT, P. A.; QUEIROZ, D. M.; SILVA, J. S.; PINHEIRO FILHO, J. B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, p.167-173, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- LESPINARD, A. R.; GOÑI, S. M.; SALGADO, P. R.; MASCHERONI, R. H. Experimental determination and modeling of size variation, heat transfer and quality indexes during mushroom blanching. **Journal of Food Engineering**. v.92, p.8-17, 2009.
- MOSHENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.
- OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; JÚNIOR, P. C. A.; CAMPOS, S. C. Modeling of the shrinkage kinetics of coffee berries during drying. **Acta Scientiarum**. v.33, p.423-428, 2011.
- RAMOS, I. N.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Integrated approach on solar drying, pilot convective drying and microstructural changes. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p.195-203, 2005.