

SIMULACIÓN NUMÉRICA DE TRANSFERENCIA SIMULTANEA DE CALOR Y MASA EN EL SECADO DE CACAO POR CONVECCIÓN.

Pedro García Alamilla y Miguel Angel García Alvarado

Instituto Tecnológico de Veracruz. Av. Miguel Angel de Quevedo 2729, Col Formando Hogar. (Apdo. Postal 1420), 91860 Veracruz, Ver., México. Tel:9345701, Fax:9341469 Ext:201, E-mail:miguelg@itver.edu.mx

Palabras clave: *Cacao, secado, transferencia de masa y calor*

Introducción. El secado del cacao constituye una etapa importante para la obtención de un grano con buena calidad. El secado artificial presenta la ventaja de ser más rápido que el natural, sin embargo se disminuye la calidad del grano al final. La disminución de la calidad esta asociada a la presencia de amargura y astringencia (4), debido a la presencia de ácido acético. Este compuesto volátil se forma durante la fermentación y la finalidad del secado no solamente es la de eliminar agua sino también remover al ácido acético presente. Por lo cual es preciso encontrar condiciones de operación adecuadas para eliminar la mayor cantidad de este compuesto paralelamente con el agua, para ello se debe conocer como influyen las variables de operación (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire) en el producto mediante secado por convección. El secado de alimentos se caracteriza por ser un proceso simultaneo de transferencia de masa y energía (3), por lo cual se desarrolla un modelo acoplado para simular el comportamiento de las diferentes variables.

Objetivo: Estudiar la influencia de los parámetros de secado mediante simulación numérica de las ecuaciones de transferencia de masa y calor.

Metodología. Resolución del modelo: Las ecuaciones propuestas fueron discretizadas empleando un algoritmo de Crank - Nicholson. Con el objetivo de contemplar el encogimiento del producto durante el secado, se empleo una malla de nodos variables en el espacio (2).

Las propiedades físicas empleadas para la resolución del modelo fueron estimadas a partir de relaciones propuestas en la literatura (1),(3),(4). La programación para la resolución del modelo se llevo a cabo en lenguaje de programación Fortran 90.

Resultados y Discusión. Sobre un balance de masa para el producto considerando coordenadas cilíndricas, con distribución uniforme de velocidad de aire y transporte unidireccional en la coordenada radial, se establecen tres ecuaciones que representan la transferencia simultanea de masa y energía, que de manera matemática se expresan:

Para agua:

$$\frac{\partial x_w}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ D_{effw} r \frac{\partial x_w}{\partial r} \right\} \quad (1)$$

Para ácido acético:

$$\frac{\partial x_a}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ D_{effa} r \frac{\partial x_a}{\partial r} \right\} \quad (2)$$

Para la temperatura:

$$\bar{n}C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ K_{eff} r \frac{\partial T}{\partial r} \right\} \quad (3)$$

Condiciones de frontera asociadas respectivamente:

$$-D_{effw} \frac{\partial x_w}{\partial r} = k_{c_w} \bar{n} [Y_{iw} - Y_w] \quad r=L \quad (4)$$

$$-D_{effa} \frac{\partial x_a}{\partial r} = k_{c_a} \bar{n} [Y_{ia} - Y_a] \quad r=L \quad (5)$$

$$-K_{eff} \frac{\partial T}{\partial r} = h_c \bar{n} [T_i - T_g] - K_{c_w} \bar{n} \bar{\epsilon}_w [Y_{iw} - Y_w] - K_{c_a} \bar{n} \bar{\epsilon}_a [Y_{ia} - Y_a] \quad r=L \quad (6)$$

El sistema de ecuaciones resuelto numéricamente proporciona el comportamiento de la temperatura y de las concentraciones de agua y ácido acético a través del secado. El ácido acético presenta una gran resistencia a emigrar del grano durante el secado, durante tiempos cortos de secado que involucran temperaturas 50°C – 80°C y humedades relativas entre 5 – 25 %.

Conclusiones. El ácido acético requiere manipulación de una temperatura adecuada y de una humedad relativa específica para emigrar del grano de cacao adecuadamente, esto podría requerir de condiciones variables de operación a través del secado.

Agradecimientos. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado.

Bibliografía.

- Augier, F., Nganhou, J. Barel, M., Benet, J.C., Gerthomieu, G. (1998). Réduction de l'acidité du cacao lors du séchage. *Plantations, recherche, développement*. Mars -Avril: 127 – 132
- Balaban, M. and Pigott, G.M. (1988). Mathematical Model of Simultaneous Heat and Mass Transfer in Food with Dimensional Changes and Variable Transport Parameters. *Journal of Food Science*. Vol. 53 (3): 935-939
- Hernández, J.A., Pavon, G., García, M.A. (2000). Analytical solution of mass transfer equation considering shrinkage for modeling food-drying kinetics. *Journal Of Food Engineering*. Vol. 45: 1-10
- Lehrian, D.W. and Patterson, G.R. (1983) Cocoa Fermentation. In: *Biotechnology* (Vol5), eds Rehm, H.J. & Redd, G. Verlag Chemie, Weinheim, Germany. 529 –575