

DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO DE SECADO DE MATERIALES BIOLÓGICOS POR MEDIO DEL ANÁLISIS FRACTAL DE SUPERFICIES Y DE DINÁMICA NO LINEAL

Jorge Chanona, Reynold Farrera, Liliana Alamilla, Gustavo Gutiérrez

Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos. ENCB-IPN. Prol. de Carpio y Plan de Ayala S/N Col. Santo Tomas. México D. F., C.P. 11340 MEXICO. Fax (5)7296000 ext. 62459, e-mail:jorge_chanona@hotmail.com

Palabras clave: Superficies fractales, no lineal, atractor extraño

Introducción. El proceso de deshidratación de productos biológicos involucra fenómenos simultáneos de transporte los cuales ocasionan cambios en la topografía de las superficies durante el secado. Tradicional el estudio de los cambios ha sido documentada utilizando la geometría euclidiana sin embargo, ésta no proporciona una descripción cuantitativa (1), la aplicación de la geometría fractal puede proveer de una descripción matemática de estos cambios durante la operación de secado y correlacionar los números fractales obtenidos con las condiciones de secado.

El objetivo de este trabajo fue la aplicación de la geometría de fractales y de la dinámica no lineal para contribuir a la descripción del comportamiento del secado.

Metodología. Un producto biológico modelo gelificado en forma de placa (10 X 10 X 0.15 cm) elaborado con agar-glucosa con un 40 % ST, fue deshidratado en un túnel de secado con flujo de aire paralelo a la muestra a diferentes condiciones de operación (45, 55, 65 °C y 1, 2 y 3 m/s). Se obtuvieron las cinéticas de secado y de las temperaturas superficiales (TS). Se tomaron fotografías a las superficies deshidratadas a diferentes tiempos de secado con un microscopio óptico (100X). Las imágenes fueron digitalizadas y se realizó el análisis fractal de las superficies utilizando el método de Hurst (2). Las TS fueron analizadas por medio de dinámica no lineal utilizando el método propuesto en la literatura (3)

Resultados y Discusión. Durante el secado del producto biológico modelo las cinéticas obtenidas muestran que la velocidad de secado tiene una dependencia directa con las condiciones de secado. El producto no presenta un período de velocidad de secado constante y se deshidrata casi exclusivamente durante el periodo de secado insaturado, este último puede ser descrito por los coeficientes de difusividad efectiva que se determinaron a diferentes condiciones de secado. Se destaca en el análisis con dinámica no lineal para las TS un periodo de ajuste de condiciones de secado caótico que fue evidenciado por la presencia de un atractor extraño y que describe dicho período de secado. Por otro lado durante el periodo decreciente el comportamiento de las TS fue fractal. Asimismo, las fotografías de la superficie del gel a diferentes tiempos y condiciones de secado fueron digitalizadas, las imágenes y la dimensión fractal de las superficies (D_s) se indican en la Figura 1. La D_s aumenta con el tiempo de secado y con la velocidad y temperatura de secado. Los resultados señalan que las TS pueden ser un

criterio para delimitar los periodos de secado y que la D_s de las superficies puede describir cuantitativamente el cambio en la topografía de la superficie de la placa durante el secado. Esto puede ser análogo a la formación de relieve natural pero a escala microscópica. Estos resultados sugieren que se puede describir la naturaleza de los procesos de secado por medio de números fractales y dinámica no lineal.

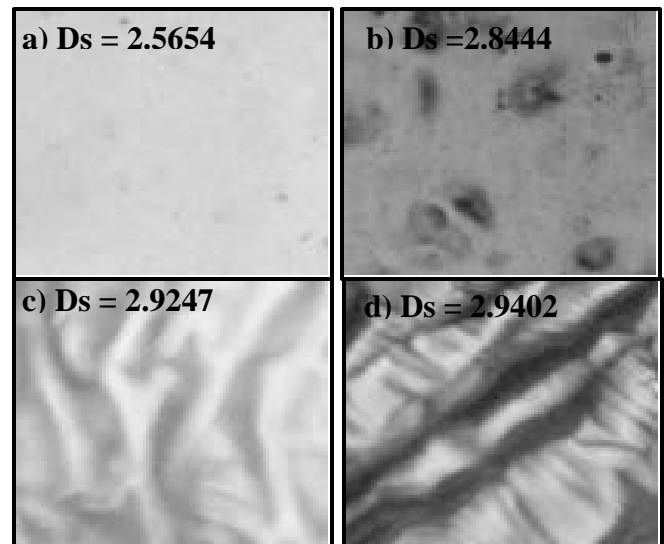


Figura 1. Fotomicrografías de la superficie del gel a 100 X, muestra el cambio de D_s a) al $t = 0$ min de secado, b) al $t = 150$ min de secado, c) al $t = 300$ min de secado, todos ellos a 45 °C, 1 m/s, y d) al $t = 300$ min de secado a 65 °C, 3 m/s.

Conclusiones. El análisis fractal puede permitir una evaluación cuantitativa de la deformación que sufren las superficies. Adicionalmente, la dinámica no lineal ofrece una descripción de los comportamientos caóticos que ocurren durante el secado; tales evaluaciones pueden ser correlacionadas con las condiciones d proceso y así, contribuir a mejorar la calidad del secado.

Agradecimientos. Apoyo financiero a CGPI-IPN 990188 y 200392 y CONACYT 27583B

Bibliografía.

1. Peleg, M. (1993). Fractals and Foods. Food Science and Nutrition. 33(2):149-165.
2. Russ, J. C. (1994). Fractal Surfaces. Plenum Press. New York USA. pp.83-96.
3. Doherty, M. F., Ottino, J. M. (1988). Chaos in deterministic systems: strange attractors, turbulence and applications in chemical engineering. Chem. Engng. Sci. 43(2):139-183.