



GOTAS Y BURBUJAS EN FERMENTADORES: ENTENDIENDO SU COMPORTAMIENTO MEDIANTE TÉCNICAS AVANZADAS DE ANÁLISIS DE IMÁGENES

Enrique Galindo^{1*}, Ma. Soledad Córdova¹, Rufino Díaz² y Gabriel Corkidi²

¹Instituto de Biotecnología -UNAM, ²Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico-UNAM, Apdo. Postal 510-3, Cuernavaca, Morelos, 62250, MEXICO. fax: (777) 3 13 88 11,

email: galindo@ibt.unam.mx

Palabras clave: *análisis de imágenes, dispersión, gotas, burbujas*

Introducción. Varios bioprocesos industriales requieren del mezclado gas-líquido para la transferencia de oxígeno. Cuando la fuente de carbono es una segunda fase líquida inmiscible en agua, el mezclado líquido-líquido también es importante. Asimismo, la presencia de biomasa (particularmente la de carácter micelial), también hace crítico el mezclado sólido-líquido-gas. En estos sistemas, la transferencia de masa generalmente está limitada por la hidrodinámica de los procesos (1). Por tanto, se requiere de herramientas que permitan caracterizar -a nivel microscópico- la dispersión multifásica en tanques agitados; cuantificar el tamaño de las diversas estructuras que se forman y obtener información del área interfacial. En este trabajo, se sintetiza y recapitula sobre el desarrollo y aplicación de técnicas de análisis de imágenes y nuevos enfoques experimentales, que hemos implementado en nuestro laboratorio para estudiar detalladamente la dispersión multifásica.

Metodologías. Se utilizaron, como modelos de estudio, sistemas que simulan la producción de γ -decalactona (aroma característico a durazno) por *Trichoderma harzianum* en un tanque de mezclado. Las imágenes se capturan digitalmente y se procesan con las herramientas del programa comercial Image-Pro Plus v.5.1 (Media Cybernetics, USA) y se cuantifica el diámetro de las gotas de aceite o de las burbujas de aire de al menos 500 objetos por muestra.

Instrumentación y desarrollo de sistemas de análisis y procesamiento. El arreglo experimental incluye un estereomicroscopio conectado a una cámara de video, que utiliza una fuente de luz estroboscópica, con la cual se alimenta una sonda de fibra óptica sumergible (2). La señal de la cámara se acopla al encendido de la lámpara por un circuito de sincronización diseñado ad hoc (3). Para hacer la medición más rápida y confiable, se desarrollaron algoritmos específicos para el procesamiento y segmentación automatizada (4). La inspección microscópica de la dispersión permitió observar la formación de estructuras muy complejas (figura 1). Para determinar la posición espacial de estas estructuras, se acoplaron dos cámaras de video a los oculares del estereomicroscopio y a la señal de sincronía de una tarjeta para la adquisición de pares de imágenes RGB (5). Con algoritmos desarrollados ad hoc se calcularon las posiciones de los objetos, se descartaron los traslapes de objetos provenientes de planos diferentes y se determinó si las burbujas realmente están dentro de las gotas. La identificación de la naturaleza de las microgotas, se hizo con el enfoque de la óptica paraxial (5). Se colocó la sonda de luz dentro de una cubeta de poliestireno (con división del plano) y así obtener las imágenes (invertidas o no-invertidas) formadas por las estructuras. Actualmente

estamos desarrollando sistemas para la captura y registro de imágenes de regiones de turbulencia en el tanque de mezclado, utilizando videoendoscopia de alta velocidad. Ello permitirá documentar los eventos de colisión gota-burbuja en forma dinámica y proponer mecanismos de formación de las estructuras.

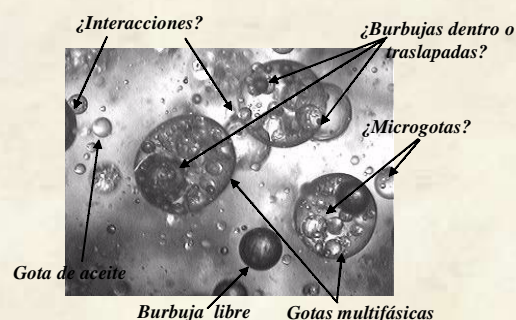


Figura 1. Estructuras que se observan con el arreglo experimental de análisis de imágenes.

Conclusiones. En un período de 5 años, hemos desarrollado un sistema de análisis de imágenes versátil, con algoritmos ad hoc semiautomáticos y específicos, que ha permitido la inspección detallada de la dispersión de gotas de aceite y de burbujas de aire y la identificación de las complejas interacciones entre las fases de procesos de fermentación multifásicos.

Agradecimientos. Apoyo financiero: DGAPA-UNAM (proyectos IN 117202 y IN 111105) y CONACyT (proyecto U44098-Z).

Bibliografía

- Galindo, E., Pacek, A.W. and Nienow, A.W. (2000). Study of drop and bubble sizes in a simulated mycelial fermentation broth up to four phases. *Biotechnol. Bioeng.* 69 (2): 213 – 221.
- Brito-Albavera, T., Larralde, P., Corkidi, G., Taboada, B. y Galindo, E. (2001) Montaje de un arreglo experimental para la evaluación (mediante análisis de imágenes) de dispersiones multifásicas en fermentaciones. *Memorias del IX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*, SMBB, Veracruz, Veracruz.
- Taboada, B., Larralde, P., Brito-Albavera, T., Vega-Alvarado, L., Díaz, R., Galindo, E. and Corkidi, G. (2003). Images acquisition of multiphase dispersions in fermentation processes. *J. Appl. Research Technol.* 1(1): 78-84.
- Galindo, E., Larralde, P., Brito, T., Córdova, M.S., Taboada, B., Vega, L. and Corkidi, G. (2005) Development of advanced image-analysis techniques for the in situ characterization of multiphase dispersions occurring in bioreactors. *J. Biotechnol.* 116: 261-270.
- Córdova, M.S., Escobar, O., Brière, J.B., Taboada, B., Díaz, R., Corkidi, G and Galindo, E. (2005) Comportamiento óptico y posición espacial de las estructuras complejas presentes en sistemas modelo de fermentación multifásica, *XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*, SMBB (sometido).