

# MODELADO MATEMATICO DE LA PRODUCCION DE DIHIDROXIACETONA UTILIZANDO UNA CEPA DE *Gluconobacter oxydans* Y GLICEROL

C. Pelayo Ortiz, J.L. Nuño Ayala, JA. Jáuregui, G. Andrade Hernández, V. González Alvarez,  
Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán # 1451 Guadalajara, Jalisco  
Correo electrónico: [cpelayo@ccip.udg.mx](mailto:cpelayo@ccip.udg.mx)

Palabras clave: *Dihidroxiacetona, cinética, modelado matemático*

**Introducción:** El glicerol (glicerina) es un producto de la transformación de productos agrícolas cuya importancia se manifiesta sobretodo en el marco de desarrollo de áreas de valoración no alimenticia (biocarburantes). Interviene en la mayoría de las vías catabólicas generales de sustratos carbonados y es asimilable por muchos microorganismos, algunos de los cuales pueden producir moléculas de interés industrial como la dihidroxiacetona (DHA). Esta molécula se utiliza esencialmente en cosmetología por sus propiedades autobronceantes. Actualmente existen pocos datos referentes al modelado matemático de este proceso. Un modelo podría ser útil para optimizar los diferentes parámetros cinéticos y para lograr una conversión máxima de la fuente de carbono.

Este trabajo está orientado hacia la caracterización cinética de la bacteria *Gluconobacter oxydans* ATCC 621, utilizando glicerol como sustrato, a la identificación y cuantificación de los fenómenos de inhibición inherentes al sustrato y al producto y al modelado matemático de este sistema biológico, en un reactor por lotes.

**Metodología:** El medio de cultivo solo contenía la fuente de carbono y 10 g/L de extracto de levadura (1). Los experimentos se llevaron a cabo en un reactor LSL Biolafitte conteniendo inicialmente 1.5 L de medio de cultivo a 28 °C, pH 6, 800 r.p.m. y 1vvm. La concentración de biomasa se determinó por densidad óptica y peso seco, las concentraciones de glicerol y dihidroxiacetona por cromatografía líquida de alta resolución. El programa EXCEL se utilizó para desarrollar las leyes cinéticas y el paquete MATLAB para la validación del modelo matemático.

**Resultados y discusión:** Se estudió la influencia de la concentración inicial de glicerol (31, 51, 76, 95 y 129 g/L) sobre el crecimiento de la bacteria y sobre la síntesis de DHA. Se encontró que el glicerol y la DHA producida ejercen un efecto inhibitorio fuerte sobre las velocidades específicas  $\mu$  y  $q_{DHA}$ . El rendimiento  $Y_{x/Glicerol}$  disminuye al aumentar la concentración de glicerol en el medio, sobre el rendimiento  $Y_{DHA/Glicerol}$  este sustrato no presentó efecto ya que se mantuvo constante (del orden del 90%). Se observaron limitaciones en la producción de biomasa (concentración máxima = 2 g/L) y un desacoplamiento entre el desarrollo celular y la síntesis de DHA al utilizar concentraciones altas de glicerol (95 y 129 g/L), estas fueron

atribuidas a un efecto inhibitorio por el producto. Las bacterias presentaron cambios morfológicos con estas dos concentraciones iniciales de glicerol. Las velocidades específicas de crecimiento y de producción de DHA fueron representadas por expresiones únicas, combinando las leyes cinéticas de Andrews y Levenspiel (Figura 1). Un modelo matemático constituido por tres ecuaciones diferenciales permitió simular correctamente la realidad experimental utilizando concentraciones inferiores de glicerol de 76 g/L. A concentraciones más elevadas se encontró que el modelo debe modificarse por uno del tipo Luedeking-Pirt, que tome en cuenta el desacoplamiento entre el desarrollo celular y la síntesis de DHA. Se encontró también que los parámetros de inhibición ( $K_i$  y  $K_j'$ ), fueron los más sensibles durante el proceso de validación del modelo, la evolución de estos parámetros pudo ser descrita por polinomios de 2º orden.

$$\mu = \mu_{max} \frac{[GLI]}{K_S + [GLI] + \frac{[GLI]^2}{K_i}} \left( 1 - \frac{[DHA]}{[DHA]_{max}} \right)$$

$$q_{GLI} = \frac{\mu}{Y_{x/GLI}}$$

$$q_{DHA} = q_{DHA_{max}} \frac{[GLI]}{K_{S'} + [GLI] + \frac{[GLI]^2}{K_i'}} \left( 1 - \frac{[DHA]}{[DHA]_{max}'} \right)$$

Fig. 1. Expresiones cinéticas para describir el doble efecto de inhibición ejercido por el glicerol y la DHA sobre las velocidades específicas de *Gluconobacter oxydans*.

**Conclusiones:** El modelo matemático desarrollado en este trabajo permitió simular adecuadamente el desempeño de la bacteria en el reactor. Este modelo puede ser utilizado para realizar estudios por computadora para determinar el comportamiento de la bacteria en otros tipos de reactores (semicontinuo y continuo) para optimizar los parámetros de producción de la dihidroxiacetona.

**Bibliografía:** (1) Bories A., Claret C. y Soucaille P. (1991) Kinetic study and optimization of the production of dihydroxyacetone from glycerol using *Gluconobacter oxydans*. *Process Biochemistry* 26:243-248.