

MODELADO MATEMÁTICO DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SUCCÍNICO POR *Actinobacillus succinogenes* ZT-130

G. Andrade Hernández, C. Pelayo Ortiz, V. González Alvarez, R.I. Corona González, V. Alcaraz González
Blv. Gral. Marcelino García Barragán # 1451, Colonia Olímpica, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco
Fax: 36-19-40-28. Correo electrónico: cpelayo@ccip.udg.mx

Palabras clave: Ácido succínico, cinética, modelado

Introducción. El ácido succínico y sus derivados son ampliamente utilizados como químicos en la elaboración de cosméticos, fármacos, conservación de alimentos, en la agricultura, síntesis química, en la industria de la construcción, metalúrgica, elaboración de plásticos biodegradables, etc. Es un compuesto orgánico obtenido a partir de derivados del petróleo por síntesis química, lo que lo convierte en un producto no renovable, en el que se obtienen subproductos indeseables que limitan su aplicación para el consumo humano. En 1999 el precio del ácido succínico era de 5.9-8.8 dólares/Kg y el principal productor era Japón. Mediante tecnología fermentativa puede ser posible producir ácido succínico para su venta a 0.55 dólares/Kg por arriba de las 75,000 ton/año. Existen en la literatura muchos trabajos de microorganismos que se han utilizado para la producción de ácido succínico pero ninguno presenta datos relacionados con la cinética de ésta fermentación, sólo se habla de producción y rendimientos logrados (1, 2).

El objetivo de este trabajo consiste en estudiar el comportamiento de *Actinobacillus succinogenes* ZT-130 en reactor por lotes, a diferentes concentraciones iniciales de glucosa, con el fin de identificar y cuantificar bajo forma de leyes cinéticas el o los fenómenos de inhibición presentes en este sistema biológico. Estas leyes cinéticas serán introducidas en un modelo matemático el cual se validará y se utilizará posteriormente para estudiar por simulación el desarrollo de la bacteria en otras formas de cultivo (lote alimentado, continuo).

Metodología. El estudio se llevó a cabo en reactor por lotes a pH 6.8 y 39 °C, utilizando el medio sintético propuesto por Lee y col. (2) y las concentraciones iniciales de glucosa siguientes: 25.3, 32.2, 41, 54.7, 65.3, 85.3 y 101.4 g/l.

Resultados y discusión. La glucosa se degradó totalmente excepto en los experimentos con 85.3 y 101.4 g/l iniciales de glucosa. La bacteria produjo ácido succínico en mayor concentración pero también ácido acético y ácido fórmico en concentraciones de hasta 8 y 7 g/l respectivamente. Se observaron limitaciones en la producción de biomasa (concentración máxima de 4 g/l) y un desacoplamiento entre el crecimiento y la síntesis de ácidos. En 65.3, 85.3 y 101.4 g/l de glucosa se observó una disminución drástica de la concentración celular. Se encontró que el ácido succínico formado fue el responsable directo de este fenómeno metabólico. Contrario a los datos reportados en la literatura

(1), se encontró una concentración crítica muy baja (33 g/l) para este ácido, mas allá de la cual no se observa actividad microbiana alguna. El rendimiento $Y_{X/G}$ disminuye al aumentar la concentración de glucosa mientras que los otros tres rendimientos ($Y_{S/G}$, $Y_{A/G}$, $Y_{F/G}$) aumentan con las cuatro primeras concentraciones de glucosa, después disminuyen de forma exponencial (a 65.3, 85.3 y 101.4 g/l, experimentos donde se llegó a la concentración crítica de ácido succínico). Las velocidades específicas μ , q_S , q_A y q_F presentaron un comportamiento similar al observado para los rendimientos de producción de ácidos y fueron cuantitativamente representadas por leyes cinéticas de tipo exponencial (modelo de Aiba). El modelo se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{dG}{dt} \cdot \frac{r_X}{Y_{X/G}} \cdot \frac{r_S}{Y_{S/G}} \cdot \frac{r_A}{Y_{A/G}} \cdot \frac{r_F}{Y_{F/G}} \cdot mX \\ \frac{dX}{dt} &= \mu X \\ \frac{dS}{dt} &= q_S X \\ \frac{dA}{dt} &= q_A X \\ \frac{dF}{dt} &= q_F X \end{aligned}$$

Conclusiones. Un modelo matemático de cinco ecuaciones diferenciales y 17 parámetros permitió simular correctamente el desarrollo de la bacteria a concentraciones de glucosa iniciales inferiores a 65.3 g/l. A concentraciones más elevadas se determinó que deben realizarse estudios a nivel celular para dilucidar otros fenómenos metabólicos no detectados en el estudio llevado a cabo e incorporarlos en el modelo propuesto.

Bibliografía.

- Guettler, M.; Jain, M.; Soni, B. (1998). "Process for making succinic acid, microorganisms for use in the process and methods of obtaining the microorganisms". United States Patent 5,504,004.
- Lee, P.C.; Lee, W.G.; Kwon, S.; Lee, S.Y.; Chang, H.N. (2000). "Batch and continuous cultivation of *Anaerobiospirillum succiniciproducens* for the production of succinic acid from whey". *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol (54) 23-27.

$dG ?$
 DT/e