



EFECTO DEL ESCALAMIENTO DE UN QUIMIOSTATO EN SU COMPORTAMIENTO DINÁMICO

Rigel V. Gómez-Acata, Pablo A. López-Pérez, Vicente Peña-Caballero, Juan Figueroa-Estrada, Ricardo Aguilar-López, CINVESTAV-IPN Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Lab. De Análisis Dinámico y Control de Procesos. México, D.F.; C.P. 07360. rvgomez@cinvestav.mx.

Palabras clave: Bifurcación, Multiplicidad de Estados Estacionarios, Parámetros cinéticos.

Introducción. Durante la simulación y control de bioprocesos es común utilizar modelos no estructurados debido a su fácil manejo e implementación, aunque presenten limitaciones intrínsecas a su propia arquitectura, debido a que no toman en cuenta reacciones metabólicas, ciclo celular, edad del cultivo, etc. Durante una fermentación es común, ajustar los datos experimentales a diversos modelos no estructurados y seleccionar en base al coeficiente de correlación el que mejor describa el proceso. Estos datos son obtenidos generalmente de fermentaciones en lote. Se ha observado que los parámetros cinéticos para un mismo modelo varían con respecto al tamaño nominal del biorreactor donde se realizó la fermentación, a pesar de presentar valores de coeficiente de correlación, muy cercanos.

Con base a lo anterior, en este trabajo se propuso, analizar el efecto del escalamiento de un quimiostato, en su comportamiento dinámico, mediante la construcción de los diagramas de bifurcación (1,2), tomando en cuenta los valores calculados de los parámetros cinéticos obtenidos de dos biorreactores de diferente tamaño nominal (0.25 y 3.0 L), durante la hidrólisis de carboximetilcelulosa (CMC) por *Cellulomonas cellulans* (sistema propuesto).

Metodología. Para el análisis dinámico del sistema propuesto, se utilizó el software MATLAB®v7.5, con el paquete Matcont v2.4. Los parámetros cinéticos utilizados en este estudio, son los reportados por Agarwal, 2009(3) para el modelo Han-Levenspiel de inhibición por sustrato.

Resultados. El sistema modelo quedó planteado de la siguiente manera:

$$\frac{dS}{dt} = DS_0 - DS - \frac{\mu(S)x}{Y_{xs}} \dots \text{ec.1}$$

$$\frac{dx}{dt} = -Dx + \mu(S)x \dots \text{ec.2}$$

$$\mu(S) = \mu_{max} \frac{\left(1 - \frac{S}{C_s}\right)^n S}{S + K_I \left(1 - \frac{S}{C_s}\right)^m} \dots \text{ec.3}$$

Con base en las ec. 1, 2 y 3, se generó el diagrama de bifurcación (Fig. 1). Cada una de la sucesión de puntos que conforman la trayectoria de bifurcación es un nodo estable (estado estacionario estable), con excepción de los puntos marcados con las etiquetas BP, LP, que

indican soluciones triviales del sistema y tasa crítica de dilución, respectivamente. Obsérvese la presencia de multiplicidad de estados estacionarios a partir de $D > 0.075 \text{ h}^{-1}$ al utilizar los parámetros cinéticos obtenidos del biorreactor 1, mientras que, al utilizar los parámetros recabados del biorreactor 2, la multiplicidad de estados estacionarios se hace evidente hasta $D > 0.100 \text{ h}^{-1}$.

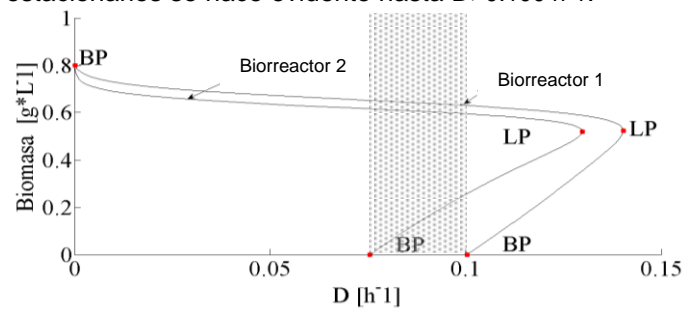


Fig. 1. Diagrama de bifurcación del proceso de hidrólisis de celulosa, utilizando el modelo de Han-Levenspiel. LP (Tasa crítica de dilución); BP (solución trivial del sistema).

Nótese además que, la LP es mayor al utilizar los datos del biorreactor 1, en comparación a los obtenidos con el biorreactor 2. La tabla 1, resume los resultados anteriores y señala el coeficiente de correlación (R^2) correspondiente a la fermentación llevada a cabo en el biorreactor 1 y 2(1).

Tabla 1. Valores de coeficiente de correlación (R^2), Tasa crítica de dilución (LP) e intervalo de multiplicidad de estados estacionarios ($n < D < m$), para el sistema propuesto.

	R^2	LP (h ⁻¹)	$n < D < m$ (h ⁻¹)
Biorreactor 1	0.949	0.141	$0.100 < D < 0.141$
Biorreactor 2	0.933	0.129	$0.075 < D < 0.129$

Conclusiones. El comportamiento dinámico del sistema bajo estudio, difiere al utilizar los parámetros cinéticos obtenidos de biorreactores de diferente tamaño nominal, de manera puntual en la tasa crítica de dilución y el intervalo de multiplicidad de estados estacionarios.

Agradecimiento. R.V.G.A agradece a CONACyT por la beca otorgada, y al CINVESTAV-IPN por el apoyo durante toda la investigación realizada.

Bibliografía.

1. Namjoshi, A., Kienle, A., Ramkrishna, D. (2003). *Chem. Eng. Sci.*, 58 (3): 793-800
2. Zhang, Y. & Henson M. (2001). *Biotechnol. Prog.*, 17 (4):647-660
3. Agarwal, R., Mahanty, B., & Venkata Dasu, V. (2009). *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 23 (2): 213-218