



XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería



ANÁLISIS ESTEQUIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN MICROBIANA DE XILITOL Y ETANOL EN CULTIVOS MIXTOS

José I. Hernández-Oropeza, Edgar Salgado-Manjarrez, Juan S. Aranda-Barradas, Departamento de Bioingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n La Laguna Ticomán, México, D.F., 07340, ji.hdzo@hotmail.com

Palabras clave: producción xilitol/etanol, cultivos mixtos, análisis estequiométrico

Introducción. La producción simultánea de xilitol y etanol con cultivos mixtos de *Candida parapsilosis* y *Saccharomyces cerevisiae*, a partir de un sustrato combinado de xilosa y glucosa, surge como una interesante bioconversión con potencial aplicación en las industrias farmacéutica y alimentaria. La glucosa asimilada por *S. cerevisiae* en condiciones anaerobias no estrictas conduce a la acumulación de etanol en el medio de cultivo [1]. La xilosa sólo es consumida eficientemente por microorganismos con sistemas enzimáticos específicos para la asimilación de ese sustrato, como las levaduras del género *Candida* [2]. Un sistema en cocultivo de ambos microorganismos conduciría a la utilización de sustratos derivados de desechos agroindustriales, enriquecidos en xilosa y glucosa, y paralelamente, se obtendrían dos productos de interés industrial, xilitol y etanol. En este trabajo se presenta un análisis estequiométrico para la producción microbiana de xilitol y etanol en cultivos mixtos.

Metodología. Los balances elementales pueden ser establecidos en términos de las velocidades volumétricas q , y en general se expresan de la siguiente manera [3]:

$$\sum_{j=1}^N y_{sj} q_{sj} + y_{sx} q_x + \sum_{j=1}^M y_{pj} q_{pj} = 0 \quad (1)$$

El coeficiente y especifica el contenido del elemento en un compuesto dado. Para generalizar los 4 balances elementales se define una matriz E con 4 renglones (representando a C, H, O, N), y $N + M + 1$ columnas. La ecuación (1) puede escribirse en una notación compacta:

$$E q = 0 \quad (2)$$

donde q es el vector columna de velocidades volumétricas. La ecuación (2) provee 4 constantes entre las $N + M + 1$ velocidades en q , y consecuentemente 4 de esas pueden ser calculadas a partir de las restantes $N + M - 3$ velocidades. Descomponiendo a q de la ecuación (2) en un conjunto de velocidades medidas q_m , y de velocidades calculadas q_c , con la correspondiente partición de E , la ecuación (2) puede ser reescrita como:

$$E_m q_m + E_c q_c = 0 \quad (3)$$

La ecuación (3) puede resolverse para q_c , obteniéndose:

$$q_c = -E_c^{-1} E_m q_m \quad (4)$$

donde E_c^{-1} es la matriz inversa de E_c . La ecuación (4) es útil porque a partir de un vector de velocidades volumétricas medidas es posible calcular las velocidades volumétricas restantes en un cultivo experimental.

Resultados.

$$\begin{aligned} \text{a)} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1.8 & 3 \\ 1 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0.2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -q_{s_1} \\ q_{x_1} \\ q_{p_1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -q_o \\ -q_n \\ q_c \\ q_h \end{bmatrix} = 0 \\ \text{b)} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2.1 & 2.4 \\ 1 & 0.8 & 1 \\ 0 & 0.1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -q_{s_2} \\ q_{x_2} \\ q_{p_2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -q_o \\ -q_n \\ q_c \\ q_h \end{bmatrix} = 0 \end{aligned}$$

Fig. 1. Balances elementales para la producción de a) etanol y b) xilitol en cultivos mixtos.

$$\begin{aligned} \text{a)} & \begin{matrix} Y_{so} & 1 & -1.05Y_{sx} & -1.5Y_{se} \\ Y_{sm} & & 0.2Y_{sx} & \\ Y_{sc} & 1 & -Y_{sx} & -Y_{se} \\ Y_{sh} & 1 & -0.6Y_{sx} & -1.5Y_{se} \end{matrix} \\ \text{b)} & \begin{matrix} Y_{so} & 1 & -1.035Y_{sx} & -1.1Y_{sxOH} \\ Y_{sm} & & 0.12Y_{sx} & \\ Y_{sc} & 1 & -Y_{sx} & -Y_{sxOH} \\ Y_{sh} & 1 & -0.87Y_{sx} & -1.2Y_{sxOH} \end{matrix} \end{aligned}$$

Fig. 2. Rendimientos teóricos en a) la producción de etanol a partir de glucosa, b) la producción de xilitol a partir de xilosa.

Para el análisis estequiométrico, el consumo de glucosa por *C. parapsilosis* y de xilosa por *S. cerevisiae* se omitió [2, 4]. La composición elemental de *S. cerevisiae* se tomó como $CH_{1.8}O_{0.5}N_{0.2}$ [3], y de la *C. parapsilosis* como $CH_{2.1}O_{0.8}N_{0.2}$ [2]. Los rendimientos teóricos fueron obtenidos al dividir los resultados de la ecuación (4) entre la velocidad volumétrica de consumo de sustrato.

Conclusión. La aplicación sistémica de balances elementales en la ecuación general del crecimiento celular deriva en la predicción de los rendimientos teóricos, útiles para el diseño de procesos fermentativos.

Agradecimiento. A COFAA del IPN por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto (clave SIP 20100707).

Bibliografía.

- Aranda JS, Salgado E. (2002). *Tecnol Alim.* 37(4): 7-15.
- Aranda-Barradas JS, Delia ML, Riba JP. (2000). *Bioproc Eng.* 22(3):219-225.
- Nielsen J, Villadsen J, Lidén G. (2011). *Elemental and Redox Balances.* En: *Bioreaction Engineering Principles.* Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 47-92.
- Suk-Jin H, Galazka JM, Soo-Rin K, Jin-Ho C, Xiaomin Y, Jin-Ho S, Glass NL, Cate JHD, Yong-Su J. (2011). *PNAS.* 108(2):504-509.