

BALANCE ESTEQUIOMÉTRICO DEL CRECIMIENTO DE *Penicillium commune* EN PULPA DE CAFÉ PARA LA DEGRADACIÓN DE CAFEÍNA POR FMS

Juan Romano¹, Isabelle Gaime-Perraud², Mariano Gutiérrez-Rojas³ y Gerardo Saucedo-Castañeda³
¹ ICIDCA, CUBA; ² IRD, FRANCIA; ³ Dpto. Biotecnología, UAM-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col.
Vicentina, Iztapalapa, México D.F. 09340 MÉXICO, Fax: 58 04 47 12, e-mail: saucedo@xanum.uam.mx

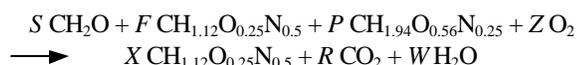
Palabras clave: fermentación-sólida, *Penicillium*, estequiometría

Introducción. La utilización de pulpa de café (PC) como alimento animal esta limitada por la presencia de compuestos antifisiológicos como la cafeína (1,3,7-trimetilxantina). Una alternativa propuesta para degradar la cafeína de la PC es la fermentación en medio sólido (FMS) con el hongo *P. commune* con capacidad para metabolizar la cafeína (1). Los modelos de balance estequiométrico o modelos de caja negra son la base para el análisis cuantitativo de la fisiología celular (2). La distribución de los flujos metabólicos globales se describe utilizando coeficientes de rendimiento (Y_{ij}) referidos a la biomasa o a un sustrato (2,3).

El propósito de este estudio fue analizar la consistencia de un modelo de balance estequiométrico y determinar los coeficientes de rendimiento en la FMS de PC con *P. commune* para la degradación de cafeína.

Metodología. Se usó pulpa de café ensilada, fermentada en columnas de vidrio con 100g, a 30°C, con aireación de 0.5Lkg⁻¹min⁻¹, cultivado durante 40h con *P. commune* V33A25 (IRD-UAM). Se determinaron los ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico) y la fructosa, así como la cafeína por HPLC. El O₂ y el CO₂ se determinaron en línea por cromatografía de gases. La composición de C, H y N de la PC se determinó en un analizador elemental PERKIN ELMER. El análisis de consistencia de los resultados y de los errores se hizo calculando la función de prueba (h) dada por la suma de los cuadrados ponderados de los residuos y comparándola con la distribución de $\chi^2_{0.90} = 6.25$ para 3 grados de libertad (2,3). Los coeficientes de rendimiento se estimaron para 24h y 30h de cultivo basados en el O₂ consumido (3).

Resultados y discusión. Se probó la validez del siguiente modelo de balance de masa elemental:



donde los coeficientes estequiométricos para los términos del modelo son: *S*: ácidos orgánicos más glucosa, *F*: cafeína, *P*, proteína, *Z*: oxígeno, *X*: biomasa, *R*: CO₂, *W*: agua.

A partir de la ecuación de balance se obtuvo un sistema de ecuaciones sobredeterminado que permite comprobar la consistencia del modelo estequiométrico (2). La prueba de hipótesis ($h < \chi^2$) fue positiva por lo que se pudo plantear con 90% de confianza que los coeficientes de rendimiento calculados no contenían errores mayores que los debidos a los errores de medición (Tabla 1). Se estimaron los coeficientes para proteína, biomasa y agua. El CO₂ se utilizó como incógnita para comparar los resultados de coeficiente

respiratorio (CR) obtenidos con el modelo y los experimentales (2). El error para la estimación del CO₂ fue menor a 5% (3). Los coeficientes de rendimiento obtenidos mostraron que el consumo de cafeína triplicó al de proteína a las 24h. Indicando que la cafeína fue utilizada como fuente principal de nitrógeno por el hongo. Los valores de $Y_{\text{CO}_2/\text{O}_2}$ (CR) se encontraron muy cercanos a uno lo que indica el establecimiento de un equilibrio entre las funciones catabólica y la anabólica del metabolismo; como corresponde a la fase exponencial de crecimiento.

Tabla 1. Valores del parámetro de comparación (h) para la validez del modelo y los coeficientes de rendimiento a las 24 y 30h de cultivo.

h	24 horas	30 horas
	5.84	3.25
Rendimientos (C-mol i/ mol O ₂)		
Y_{S/O_2}	1.57	1.38
Y_{F/O_2}	0.10	0.06
Y_{P/O_2}	0.03	0.03
Y_{X/O_2}	0.65	0.44
$Y_{\text{CO}_2/\text{O}_2}$ (CR)*	1.04	1.03
Y_{W/O_2}	1.05	1.03

*CR: coeficiente respiratorio.

Conclusiones. Se comprobó la consistencia del modelo estequiométrico planteado. La cafeína constituyó la fuente de nitrógeno principal para *P. commune*.

Agradecimientos. Proyecto INCO-DC (IC18*CT970185); IRD, Francia; SRE, México. M.C. Oscar Soto-Cruz

Bibliografía.

- Roussos, S., Aquiahualt, M. A., Trejo-Hernández, M. R., Gaime-Perraud, I., Favela-Torres, E., Ramakrishna, M., Raimbault, M. y Viniegra-González, G. (1995). Biotechnological management of coffee pulp-isolation, screening, characterization, selection of caffeine-degrading fungi and natural microflora present in coffee pulp and husk. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **42**: 756-762.
- Stephanopoulos G., Aristidou A. y Nielsen J. (1998). Material balances and data consistency. En: *Metabolic Engineering Principles and Methodologies*. Academic Press, USA. 115-146.
- Nagel F., Tramper J., Bakker M. y Rinzeema A. (2001). Model for on-line moisture-content control during solid-state fermentation. *Biotechnol. Bioeng.* **72**(2): 231-243.