

ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO EN REACTOR DE CHAROLAS

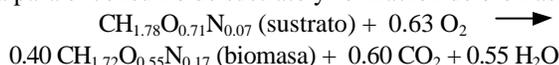
Arturo Figueroa-Montero, Mariano Gutiérrez-Rojas, Sergio Huerta-Ochoa y Ernesto Favela-Torres
Departamento de Biotecnología, UAM-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, México D.F.
09340 MÉXICO, Fax: 58 04 65 54, e-mail: favela@xanum.uam.mx

Palabras clave: balance de agua, reactor de charolas, fermentación en medio sólido

Introducción. Las principales dificultades para la operación y control de biorreactores para fermentación en medio sólido (FMS) están relacionadas con la regulación de la temperatura y el contenido de agua del lecho de fermentación (1). La evaporación de agua es uno de los principales mecanismos de remoción de calor, provocando grandes pérdidas de humedad que afectan el crecimiento de los microorganismos (2). En la mayoría de los procesos de FMS el contenido de agua durante el proceso es medido fuera de línea, removiendo y secando muestras (3). Esto es difícil en reactores de charolas, debido a problemas de contaminación y a cambios en la atmósfera del reactor. La medición indirecta del contenido de agua es útil en el diseño de algoritmos de control para FMS. El objetivo del trabajo fue desarrollar un modelo para estimar la distribución de agua en procesos de FMS en un reactor de charolas.

Metodología. Se usó salvado de trigo y harina de soya que se empacaron en charolas de aluminio con tapa a una densidad aparente de 370 kg m^{-3} , humedad inicial de 46%, 1.0 cm de altura del lecho, aireación de 3.7 VKgM, durante 120 h. Se inoculó con *Aspergillus niger* AT. Se colocaron cuatro charolas dentro del reactor, incubado en un cuarto temperatura controlada (30°). El CO_2 se midió por espectrofotometría de absorción de infrarrojo. El balance integral de agua en el lecho de fermentación que se propone es: Final ($\text{H}_2\text{O}_{\text{Tr}}$) = Inicial ($\text{H}_2\text{O}_{\text{T0}}$) - Evaporada ($\text{H}_2\text{O}_{\text{evap}}$) + Metabólica ($\text{H}_2\text{O}_{\text{met}}$); $\text{H}_2\text{O}_{\text{Tr}} = \text{H}_2\text{O}_{\text{sust}}$ (Sustrato) + H_2O_X (Biomasa); $\text{H}_2\text{O}_{\text{T0}}$ y $\text{H}_2\text{O}_{\text{Tr}}$ se midieron con una termobalanza; H_2O_X y $\text{H}_2\text{O}_{\text{met}}$ se estimaron a partir del CO_2 producido; $\text{H}_2\text{O}_{\text{evap}}$ se obtuvo por el balance de agua. De acuerdo a la metodología propuesta por Geankoplis (4), para el secado de materiales en charolas, $\text{H}_2\text{O}_{\text{evap}} = ? [(h_o - U_k)(T_b - T_c)] / ?_w$; T_b , T_c temperaturas de lecho y aire entre las charolas; U_k y h_o coeficientes de transferencia de calor, conductivo y convectivo dentro de la charola respectivamente; $?_w$ calor latente de vaporización del agua. Así, $(h_o ? U_k)$ es el coeficiente de transferencia de calor evaporativo, estimado numéricamente, que permite calcular la pérdida de agua por evaporación durante el proceso.

Resultados y discusión. Se propone el siguiente balance de masa para el consumo de sustrato y formación de biomasa:



El agua en el sustrato ($\text{H}_2\text{O}_{\text{sust}}$) disminuye principalmente por la incorporación de ésta en la biomasa (H_2O_X) y en menor grado por la evaporación de agua ($\text{H}_2\text{O}_{\text{evap}}$) (Cuadro 1). En la Figura 1 se muestran los perfiles de las diferentes formas en que se

presenta el agua durante la fermentación. En este trabajo se propone un balance integral en el lecho para el cálculo de $\text{H}_2\text{O}_{\text{evap}}$, mientras que otros (2,3) proponen un balance diferencial a partir de la humedad y temperatura del aire de salida y de entrada del reactor, esto no puede usarse en un reactor de charolas debido a la condensación de agua en las paredes del mismo.

Cuadro 1. Balance de agua inicial y final.

Forma de agua	Inicial (g)	Final (g)
$\text{H}_2\text{O}_{\text{T}}$	155.25	122.45
$\text{H}_2\text{O}_{\text{sust}}$	155.25	40.71
H_2O_X	?	81.74
$\text{H}_2\text{O}_{\text{met}}$?	20.08
$\text{H}_2\text{O}_{\text{evap}}$?	52.87

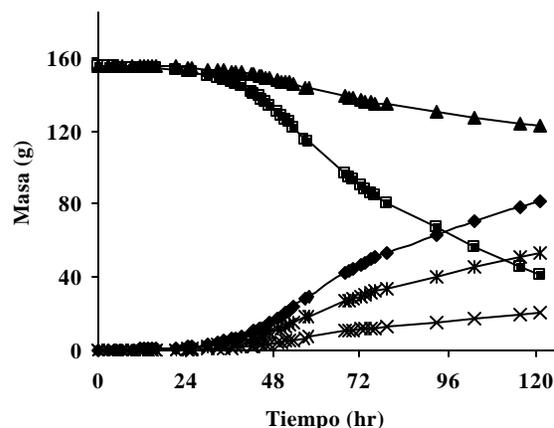


Fig. 1 Distribución del agua durante la fermentación: total (∇), en sustrato (\triangle), evaporada (\square), metabólica (\times), en biomasa (\times).

Conclusiones. El uso de balances de masa para el consumo de sustrato y formación de biomasa, junto con el balance integral de agua permite estimar la distribución del agua en procesos de FMS en un reactor de charolas.

Agradecimientos. CONACYT, Becario 127584; Alltech de México, S.A. de C.V.

Bibliografía.

- Saucedo-Castañeda G, Lonsane BK, Krishnaiah JM, Navarro J.M, Roussos S, Raimbault M. (1992). Maintenance of heat and water balances as a scale-up criterion for the production of ethanol by *Schwanniomyces castelli* in a solid-state fermentation system *Proc. Biochem.* 27: 97-107.
- Nagel FJJI, Tramper J, Bakker MSN, Rinzema A. (2001). Model for on-line moisture content control during solid-state fermentation. *Biotechnol. Bioeng.* 72(2): 231-243.

3. Peña y Lillo M, Pérez-Correa R, Agosin E, Latrille E. (2001). Indirect measurement of water content in an aseptic solid substrate cultivation pilot-scale bioreactor. *Biotechnol. Bioeng.* 76(1): 44-51.
4. Geankoplis CJ. (1998). Secado de materiales de proceso. En: *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. CECSA, México. 579-649.