

# PRODUCCIÓN DE ETANOL A NIVEL DE PLANTA PILOTO EMPLEANDO UN REACTOR CON CELULAS INMOVILIZADAS

Luis Alfonso Caicedo, Martha María Cuenca, Mauricio Díaz

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Procesos Químicos y Bioquímicos, Departamento de Ingeniería Química, Apartado aéreo 535 Bogotá, Colombia, lcaicedo@ing.unal.edu.co  
fax: (+57 1) 3165334

*Palabras clave:* Fermentación etanólica continua, *Saccharomyces cerevisiae*, inmovilización.

**Introducción.** El incremento en la demanda de fuentes de energía tradicionales no sólo en países industrializados sino también en los países en vía de desarrollo como Colombia ha implicado la búsqueda de fuentes energéticas alternas, tales como los biocombustibles, entre los cuales se encuentra el etanol, ya que su disponibilidad es mayor, y además el desarrollo de la tecnología, el incremento de la exigencia social y los costos más bajos de instalación y rápida amortización, están impulsando un mayor uso de las fuentes de energía de origen renovable en los últimos años.

Desde hace más de 10 años en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá se han llevado a cabo diferentes estudios a cerca de la fermentación etanólica con el fin de hacer aportes tecnológicos que se enfoquen hacia la producción de etanol como combustible alternativo renovable. Las conclusiones y recomendaciones de estas investigaciones permitieron establecer que la forma más productiva de obtener etanol es en un reactor piloto de flujo continuo de melaza a través de un lecho fijo de levadura inmovilizada en alginato de calcio, que posea un sistema de eliminación de dióxido de carbono y control de temperatura, el cual fue instalado y evaluado en los Laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia.

**Metodología.** El catalizador, (AlgicenUN) se formó haciendo gotear una suspensión de alginato de sodio, levadura fresca de la especie *Saccharomyces cerevisiae* y cenizas zeolíticas en una solución de cloruro de calcio. Posteriormente, se hizo su caracterización física y microbiológica.

El medio se preparó utilizando melaza, la cual contenía 48% (p/p) de azúcares totales. Se ajustó la concentración inicial de azúcares a 29°Brix y el pH en 4.5.

En el reactor, el medio se enviaba desde la cuba de alimentación y se introducía por la parte inferior del reactor con un flujo de 4 l/h y a 20°C.

Se determinaron sacarosa, glucosa, fructosa y etanol por medio de cromatografía de alta eficiencia (HPLC).

**Resultados y discusión.** En el cuadro 1 se presentan los principales resultados obtenidos durante la fermentación. MOLANO y VELÁSQUEZ reportan productividades de  $8 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$  a 20°C en un reactor continuo con eliminación de CO<sub>2</sub> con tiempo de residencia de 4.4 horas, conversión de 86% y eficiencia de 81%. Aunque la productividad alcanzada es mayor que la obtenida en este trabajo,  $1.835 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , hay que anotar que el tiempo de residencia en el

reactor es 6.82 veces mayor al conseguido por MOLANO y VELÁSQUEZ. Se lograrían mejores resultados de conversión y eficiencia se logran a 30 °C, por tal motivo, los anteriores parámetros y la productividad se pueden mejorar elevando el flujo de alimentación para aprovechar el reactor en su totalidad y aumentando la temperatura de trabajo para favorecer las condiciones metabólicas para la levadura.

Cuadro 1. Resultados obtenidos durante la fermentación a 20 °C

Resultado	Valor
Etanol a la salida del reactor	54.48 g/l
Azúcares reductores a la salida del reactor	68.12 g/l
Rendimiento producto/sustrato (g etanol / g glucosa)	0.451
Eficiencia promedio	88.21%
Conversión promedio	60.76%
Tiempo de residencia	30 h
Productividad volumétrica media (g etanol / litro*hora)	1.835

**Conclusiones.** Se minimizó el efecto del CO<sub>2</sub> de acuerdo con lo que se buscó en los trabajos anteriores, pues no se obstruyó el flujo de melaza ni se averiaron las esferas de catalizador.

A las condiciones de operación del reactor se encontró que la concentración final de etanol se alcanzó a la mitad del reactor.

Aunque la productividad alcanzada está por debajo de la reportada en trabajos realizados con células inmovilizadas por otros autores y cercana a fermentaciones por lotes con células libres, el sistema es funcional, ya que se pueden implementar modificaciones estructurales y de operación para mejorar su funcionamiento.

**Agradecimiento.** Departamento de Ingeniería Química y a la División de Investigación sede Bogotá.

## Bibliografía

- ANSELME, M, TEDDER, D. (1987). Characteristics of immobilized yeast reactors producing ethanol from glucose. *Biotech. Bioeng.*, vol. 30, pág 736-745.
- McGHEE, John., JULIAN, Grant, DETROY, Robert. (1982) Continuous and static fermentation of glucose to ethanol by immobilized *Saccharomyces cerevisiae* cells of different ages. *Applied and Environmental Microbiology*, 4, 1, 19-22.
- MOLANO, C., VELÁSQUEZ, L. (1993). Estudio del efecto de la temperatura y la eliminación de CO<sub>2</sub> en la fermentación etanólica utilizando células inmovilizadas. Tesis de grado U.N.