

Desarrollo de un catalizador híbrido (lipasa/monolito) para la producción de biodiesel a partir de materias primas de segunda generación

E. Rojo-Gutiérrez¹, R. Natividad-Rangel², R. Romero-Romero², J.J. Buenrostro-Figueroa¹, D.R. Sepúlveda-Ahumada³ y R. Baeza-Jiménez^{1,*}

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Delicias, Chihuahua, México.

² Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Toluca, Estado de México, México.

³ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. * Laboratorio de Biotecnología y Bioingeniería. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Av. Cuarta Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. C.P. 33089. Delicias, Chihuahua, México.

* Autor de correspondencia: ramiro.baeza@ciad.mx

Energías renovables (Biocombustibles).

Palabras clave: biodiesel; lipasa; monolito; aceites, fritura, algodón

Introducción. Nuestra economía y estilo de vida se basan en el uso de combustibles fósiles para la generación de energía, así como para la obtención de una amplia gama de compuestos químicos. Esta alta dependencia y la inestabilidad que caracteriza al mercado internacional, ha causado una disminución en las reservas mundiales, fluctuaciones en los precios y un impacto ambiental por las emisiones de CO₂, NO_x y SO_x. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo era desarrollar un nuevo tipo de catalizador (biológico-inorgánico) para la síntesis de biodiesel a partir de aceites de fritura (WCO, por sus siglas en inglés) y algodón (CSO, por sus siglas en inglés).

Materiales y métodos.

a) Caracterización de la materia prima. El WCO se sometió previamente a un filtrado y desecado. El CSO se extrajo de semillas recolectadas en la región de acuerdo con un estudio previo (Rojo-Gutiérrez et al., 2020). Ambos aceites se derivatizaron para conocer su composición en ácidos grasos por cromatografía de gases (GC).

b) Preparación del catalizador enzimático. Se empleó la enzima comercial CALB (Lipasa B de *Candida antarctica*) en forma libre para inmovilizarla en monolitos de α -alúmina, evaluando diferentes buffers (Na₂HPO₄, 0.1 M pH 6, 7 y 8, y Tris-HCl 0.1 M pH 8), relaciones enzima:buffer (1:1, 2:1, 1:0) y temperaturas (30, 40, 50°C). Se determinaron la actividad lipasa (Yagiz et al., 2007) y proteína (Bradford, 1976) al inmovilizado obtenido.

c) Reacciones de transesterificación. Se evaluaron diferentes relaciones molares de sustratos (aceite:alcohol), temperaturas y cargas de enzima, en un sistema de reacción por lotes, bajo un diseño experimental Box-Behnken 3³ (ver Tabla 1). Todas las reacciones de transesterificación se llevaron a cabo por triplicado. El seguimiento de las reacciones se realizó por GC (Rojo-Gutiérrez et al., 2020).

Resultados. De acuerdo con el protocolo de inmovilización aplicado, se logró incorporar el 37% de la enzima en el soporte, bajo las siguientes condiciones: 40°C y una relación equimolar CALB:Na₂HPO₄ (0.1 M, pH 6). Para las actividades determinadas se obtuvieron los siguientes valores: 596.67 μ g proteína/mL y una actividad lipasa de 3, 326.4 U/mL. Con respecto a la obtención de biodiesel, los resultados del diseño experimental se muestran en la Tabla 1. Puede observarse que las condiciones evaluadas en los puntos centrales (experimentos 13 – 15) permitieron alcanzar el mayor contenido de FAEE, 96.07%. El análisis estadístico (ANOVA y prueba de Tukey) demostró que la relación molar de sustratos (RSM) tiene un efecto negativo en el contenido de FAEE (ésteres etílicos de ácidos grasos, biodiesel). Esto se explica por efecto adverso que ejerce un mayor contenido de alcohol sobre la naturaleza proteica de la enzima. Por otro lado, un incremento en la temperatura favorece el avance de la reacción de transesterificación, al disminuir la inmiscibilidad de los reactivos (alcohol y aceite). Finalmente, para el contenido de enzima, se encontró que un 10% (en peso con respecto a la mezcla de

sustratos) es el ideal para alcanzar el mayor contenido de FAEE. Esto se explica por el hecho de que poca cantidad de enzima no es suficiente para interaccionar con la mezcla de sustratos y, por otro lado, enzima en exceso limitaría los fenómenos de transferencia de masa, aunado a que se incrusta en las paredes del reactor.

Tabla 1. Diseño experimental Box-Behnken 33 para la síntesis enzimática de biodiesel

EXPERIMENTO	T (°C)	[E] (%)	RMS	FAEE (%)
1	30	5	1:6	66.13
2	50	5	1:6	85.04
3	30	20	1:6	91.71
4	50	20	1:6	92.73
5	30	10	1:3	85.56
6	50	10	1:3	92.02
7	30	10	1:9	84.19
8	50	10	1:9	81.78
9	40	5	1:3	92.17
10	40	20	1:3	90.63
11	40	5	1:9	81.87
12	40	20	1:9	78.31
13	40	10	1:6	96.07
14	40	10	1:6	96.07
15	40	10	1:6	96.07

T: temperatura, [E]: contenido de enzima (% peso con respecto a la mezcla de sustratos), RSM: relación molar de sustratos (aceite:alcohol), FAEE: ésteres etílicos de ácidos grasos (biodiesel)

Conclusiones. El elevado costo de las enzimas ha sido el principal inconveniente para la obtención enzimática de biodiesel a nivel industrial. En este estudio se presenta un catalizador alternativo para coadyuvar a mejorar la factibilidad técnica y económica de la síntesis enzimática a partir de materias primas de segunda generación (WCO y CSO). Cabe destacar que se está evaluando este catalizador en un proceso continuo y en ciclos de reutilización para evaluar su eficiencia catalítica.

Bibliografía.

- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Rojo-Gutiérrez, E., Buenrostro-Figueroa, J. J., Natividad, R., Romero, R., Sepúlveda, D.R. & Baeza-Jiménez, R. (2020). Effect of different extraction methods on cottonseed oil yield. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(Sup. 1), 385-394.
- Yagiz, F., Kazan, D. & Akina, N. (2007). Biodiesel production from waste oils by using lipase immobilized on hydrotalcite and zeolites. *Chemical Engineering Journal*, 134, 262-267