

PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE LODOS ACTIVADOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES FOVISSTE V ETAPA

Yam Gamboa Omar, Carrión Jiménez Manuel, González Bucio José Luis, Flores
Murrieta Fernando

Universidad de Quintana Roo, División de Ciencias e Ingeniería
Chetumal, Quintana Roo

e-mail: {oyam, jmcarrion, buciojos, fflores}@uqroo.edu.mx

Calva Calva Graciano, Gómez Octavio

CINVESTAV unidad Zacatenco, Departamento de Biotecnología
Ciudad de México

{gcalva,ogomez}@cinvestav.mx

RESUMEN

La producción de biodiesel usando lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales Fovisste V Etapa como materia prima fue estudiada a temperaturas de 50 °C y 100 °C. Para ello se realizaron reacciones de transesterificación in-situ a diferentes relaciones de metanol-lodo. El rendimiento máximo se obtuvo con una relación metanol-lodo de 20 ml/g a una temperatura de 50 °C. Adicionalmente se realizaron reacciones de transesterificación in-situ usando muestras de lodo húmedo de la planta de tratamiento lográndose un rendimiento del 3.65%.

Palabras claves: Ácidos Grasos Metilados, Lodos Activados, Transesterificación In-Situ

INTRODUCCIÓN

El biodiesel es un combustible compuesto de esteres alquílicos de ácidos grasos derivados de la transesterificación de triglicéridos (TAG) o la esterificación de ácidos grasos libres (AGL) con alcoholes de bajo peso molecular (principalmente metanol (CH₃OH) y etanol (C₂H₅OH)) en la presencia de un catalizador homogéneo o heterogéneo. El alcohol más utilizado es el metanol produciendo de esta manera ácidos grasos metilados (FAME, por sus siglas en inglés). El biodiesel puede ser producido a partir

de aceites vegetales, grasas animales, aceite de cocina usado, microalgas entre otros (Sivakumar, *et al.*, 2010). En años recientes diversos estudios han demostrado que los lodos activados generados en plantas de tratamiento de aguas residuales pueden ser utilizados como materia prima para producir biodiesel (Dufreche, *et al.*, 2007, Revellame, *et al.*, 2010, Siddique, *et al.*, 2011). Los lodos son una combinación de microorganismos y agua residual donde los microorganismos presentes en el lodo forman

Producción de biodiesel a partir de lodos activados

unos conglomerados conocidos como floculos. Estos lodos son producidos en plantas de tratamiento de aguas residuales e industriales en la zona de tratamiento primaria y secundaria. Los lodos activados desechados contienen entre 1 a 2% de sólidos y son tratados en digestores aerobios o anaerobios para su estabilización. El lodo activado puede ser utilizado como materia prima para producir biodiesel debido a que éste contiene una cantidad considerable de lípidos (Dufreche *et al.*, 2007). Los triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos presentes en el lodo activado

pueden ser transesterificados para producir biodiesel. Además las membranas celulares de los microorganismos del lodo activado contienen fosfolípidos (entre 24 y 25 % de la masa seca total del microorganismo), los cuales también pueden ser transesterificados. En el municipio de Ohon P. Blanco en Chetumal Quintana Roo se encuentra ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales conocida como Fovisste V Etapa, esta planta cuenta con un lecho de secados de lodo donde el secado se realiza por vía solar. Estos lodos se presentan como una opción interesante para la producción de biodiesel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del lodo activado:

Análisis con lodos activados secados

El lodo activado proveniente del lecho de secado solar de la Planta Fovisste V Etapa fue secado en una estufa a 80° por 24 horas, el lodo secado fue pulverizado en un mortero y colocado a secado nuevamente por 2 horas a 80 °C y posteriormente almacenado en refrigeración. El análisis de contenido de humedad del lodo se realizó mediante una balanza térmica OHAUS MB45.

Análisis con lodos activados húmedos

Reacciones de transesterificación in situ se realizaron utilizando el lodo activado proveniente del lecho de secado solar, tomando directamente los lodos de la superficie del lecho (aproximadamente 3 cm de espesor). El análisis de contenido de humedad de éste lodo se realizó mediante una balanza térmica OHAUS MB45.

Reacción de Transesterificación in-situ

Análisis del efecto de la relación metanol-ácido sulfúrico y de la temperatura

Como primera etapa del trabajo se realizó la reacción de transesterificación in situ utilizando 6

muestras de lodo previamente secado a 80 °C durante 48 horas y pulverizado, variando la relación metanol-ácido sulfúrico. Las muestras fueron enumeradas del 1 al 6 y preparadas de la forma siguiente:

muestra	lodo pulverizado (g)	metanol (mL)	ácido sulfúrico (mL)
1	5	125	5
2	5	200	5
3	10	200	5
4	5	150	5
5	5	100	2
6	5	150	10

Tabla 1. Proporciones utilizadas en las reacciones de transesterificación in-situ

Las muestras se prepararon en matraces Erlenmeyer de 250 mL y se colocaron en una estufa a 50, y 100 °C durante 24 horas.

Análisis de muestras de lodos húmedos

Se colocaron 10 g de lodo húmedo de la superficie del lecho de secado de lodos solar en

un matraz Erlenmeyer y se le adicionó 200 ml de metanol y 2.5 % en volumen de ácido sulfúrico y se colocó en estufa a 50 °C por 24 horas.

Análisis Cromatográfico de las muestras

Se realizaron las extracciones de los ácidos grasos metilados (AGM) siguiendo la siguiente metodología:

La extracción de la fracción lipídica se realizó en volumen/volumen mezclándose en un vortex por 20 s, con la cantidad apropiada de cloroformo-metanol-agua (1:2:0.8). Después, el cloroformo (1:1) fue adicionado y homogenizado en un vortex por 20 s, finalmente se adicionó agua desionizada para alcanzar una proporción final de 2:2:1.8 cloroformo-metanol-agua. La mezcla fue sometida al vórtex por 20 s y se filtró para remover los residuos. La fracción orgánica que contenía los AGM fue recolectada, secada y resuspendida con 1 mL de hexano.

Para el análisis de ácidos grasos metilados se suspendió la muestra en 50 µL de n-hexano. Las condiciones experimentales fueron: Equipo Perkin Elmer, columna INNOWAX; de 30 m*0.32 mm; el gradiente utilizado fue: 100°C→5°C/min →220°C- 3°C min- 2°C/min →250°C-10 min-fin; d 280°C,i. 250°C, detector de ionización de flama y 3 µL de volumen de inyección. La identificación y cuantificación de ácidos grasos metilados se realizó por comparación con el tiempo de retención de una mezcla de estándares “Supelco 37 component FAME mix 100 mg/mL”. Las concentraciones de ácidos grasos metilados, se expresaron como porcentaje de área bajo la curva de las señales individuales obtenidas en un cromatograma con respecto al área total de señales del mismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como primera etapa de éste trabajo se realizó un análisis cromatográfico de las muestras

preparadas a 50 y 100 °C con lodos activados secados. mediante este análisis se detectó y cuantificó la concentración de AGM de 12, 14, 16, 18, 20 y 22 carbonos respectivamente. La Figura 1 presenta las concentraciones determinadas de AG de seis muestras procesadas a 50 °C y con un contenido de humedad de $6.7 \pm 1.8\%$. Las concentraciones mostradas en la Figura corresponden a la suma de las concentraciones de AGM de 12, 14, 16, 18, 20 y 22 carbonos. Como se puede observar en esta Figura la concentración de AGM más alta fue para la muestra 3, mientras que la más baja se presentó para la muestra 2. La Tabla 2 presenta los rendimientos de biodiesel calculados para seis muestras procesadas a 50 °C y 100 °C. Los rendimientos obtenidos con excepción para la muestra con una relación metanol-lodo de 40, cuyo rendimiento fue el más bajo, están dentro del intervalo de rendimientos obtenidos por Revellame y colaboradores (2010, 2011), también se puede observar en la Tabla que la temperatura no tuvo un efecto significativo en el rendimiento de biodiesel. Adicionalmente se realizaron experimentos utilizando el lodo proveniente del lecho de secado. Los análisis de humedad de éste lodo indicaron una variación de humedad de entre 40 y 88 %. Dos ensayos se realizaron con 5 gramos de éste lodo y una relación metanol-lodo de 20 a una temperatura de 50 °C. el rendimiento obtenido fue de $3.65\% \pm 0.24$.

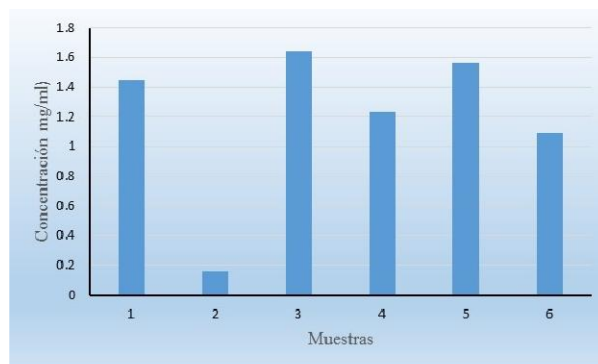


Figura 1. Concentraciones de AGM en 6 muestras procesadas a 50 °C

Producción de biodiesel a partir de lodos activados

En trabajo realizado por Revellame y colaboradores (2011), ellos calcularon los costos del galón de biodiesel para un lodo procesado con un 5% de humedad y un lodo con 84.5% de humedad y determinaron que el costo del galón es mayor para el lodo con humedad del 84.5 %, esto por los costos asociados al equipo de procesamiento. Otro factor importante a considerar en los costos de producción del lodo es la etapa de secado y centrifugación de acuerdo con Revellame los costos de centrifugación y secado son de 0.43 dólares por galón y 1.29 dólares por galón respectivamente. En éste

trabajo se logró un rendimiento de 3.65% utilizando el lodo del lecho de secado de la planta Fovisste, lo cual ahorra costos de secado y centrifugación. Sin embargo la mayor limitante para una producción continua de biodiesel es el hecho de que el lodo requiere un tiempo de secado al sol de tres días. Por otra parte es importante mencionar que la producción diaria de lodo para esta planta funcionando en su caudal de diseño máximo es de 131 kg, implementando un lecho de secado solar con un área mayor reduciría el tiempo de secado y se tendría más lodo disponible para producir biodiesel.

Relación metanol /lodo (mL/g)	Catalizador H ₂ SO ₄ (% en volumen)	Rendimiento Obtenido a 50 °C	Rendimiento Obtenido a 100 °C
20	2.0	4.65%	4.24%
25	4	4.34 %	3.87%
30	3.3	3.72 %	3.91%
30	6.6	3.24 %	3.32%
40	2.5	0.48%	0.39%
20	2.5	4.87%	4.17%

Tabla 2. Rendimientos obtenidos en diferentes condiciones de proceso

CONCLUSIONES

La producción de biodiesel usando lodos activados como materia prima se presenta

como una opción potencialmente interesante, sin embargo son varios los retos asociados en la producción de biodiesel usando esta materia prima, donde se requiere todavía más investigación para desarrollar procesos que permitan obtener biodiesel a un precio competitivo en el mercado. Varios factores afectan el rendimiento obtenido en la reacción de transesterificación: la relación metanol/lodo, la concentración del catalizador, el tiempo de reacción y el tipo de catalizador. En adición otro factor a tomar en cuenta en el costo de producción es el contenido de humedad del lodo activado. El trabajo realizado en la planta de tratamiento Fovisste V Etapa demuestra que se puede obtener biodiesel del lodo proveniente del lecho de secado de esta planta, con la ventaja adicional del ahorro en costos de secado y centrifugación. Sin embargo se requiere investigación adicional para estimar costos asociados con la etapa de extracción del biodiesel.

REFERENCIAS

Dufreche S., Hernandez R., Sparks D., Zappi M. and French E. T. (2007) Extraction of Lipids from Municipal Wastewater Plant Microorganisms for Production of Biodiesel. *J Amer Oil Chem Soc.*, **84**, 181–187

Revellame E., Hernandez R., French W., William H., Earl A. and Robert Callahan II (2010) Biodiesel from activated sludge through in situ transesterification. *J Chem Technol Biotechnol.*, **85**, 614–620

Revellame E., Hernandez R., French W., William H., Earl A. and Robert Callahan II (2011) Production of biodiesel from wet activated sludge. *J Chem Technol Biotechnol.*, **86**: 61–68

Siddiquee N., Kazemian H. and Sohrab Rohani (2011) Biodiesel Production from the Lipid of Wastewater Sludge Using an Acidic Heterogeneous Catalyst. *Chem. Eng. Technol.*, **34**,(12), 1983–1988.

Sivakumar G., Vail D.R., Burner D. M., Jackson O.L Jr., Xumen G. and Pamela J.. (2010) Bioethanol and biodiesel: alternative liquid fuels for future generations. *Eng. Life Sci.*, **10**: 8-18

Producción de biodiesel a partir de lodos activados