

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE BIOMASA

LOERA PULIDO CÉSAR FRANCISCO (1) MARTÍNEZ GARCÍA MARTÍN TRINIDAD (2)

1 [LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO] | Dirección de correo electrónico: [loerapulido@hotmail.com]

2 [DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA, DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, CAMPUS GUANAJUATO, UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO] | Dirección de correo electrónico: [garciamt@ugto.mx]

Resumen

En el presente trabajo se muestran los avances obtenidos en la construcción de un sistema experimental para obtener bioetanol a partir de biomasa de origen vegetal (residuos de frutas). El sistema está constituido por un biodigestor de 10 L de capacidad de acero inoxidable donde se efectúan la etapa de sacarificación y la fermentación, una torre de destilación empacada para llevar a cabo la separación de la mezcla de agua-alcohol, seguido de un sistema de enfriamiento para condensar el bioetanol. La biomasa tratada tiene un contenido inicial de 15% grados Brix. La etapa de fermentación se lleva a cabo a 25 °C, durante 48 horas, manteniendo constante la temperatura con un sistema de control integrado al biodigestor para este fin. En la etapa de destilación se colocó la mezcla líquida en la torre de destilación construida en el laboratorio con capacidad para 15 L. La mezcla de salida es agua-alcohol, con una concentración de bioetanol de aproximadamente 20 %, con lo que se obtiene un bajo rendimiento. Por lo que se está realizando la inclusión de una etapa de pretratamiento e hidrólisis enzimática, para optimizar el aprovechamiento de los polisacáridos de almidón y celulosa contenidos en el sustrato utilizado.

Abstract

The progresses made in the construction of an experimental system for bioethanol from biomass of plant origin (fruit residue) are shown in this paper. The experimental system is constituted by a digester 10 L capacity stainless steel to conduct the saccharification step and fermentation, in addition to a distillation tower packed to carry out the separation of the mixture of water and alcohol, followed by a cooling system for condensing the ethanol. The treated biomass has an initial content of 15% Brix.

The fermentation step is carried out at 25 °C for 48 hours and keeps the temperature control system integrated into the digester for this purpose. In the distillation step the liquid in the distillation tower built in the laboratory with a capacity for 15 L. Producing a mixture of water and alcohol, with a concentration of ethanol of about 20%, with this mixture a low yield is obtained. Making the inclusion of a pretreatment step and enzymatic hydrolysis is to optimize the use of the polysaccharides starch and cellulose contained in the substrate used.

Palabras Clave

1. Bioetanol; 2. Sacarificación; 3. Bioprocesos; 4. Fermentación; 5. Destilación;

INTRODUCCIÓN

El bioetanol se produce mediante un proceso biológico de fermentación originado por la actividad de la levadura de cerveza (*saccharomyces cerevisae*) sobre la glucosa, teniendo como resultado final etanol y CO₂, este es el proceso de elaboración de cualquier bebida alcohólica. Pero actualmente se investiga este proceso para poder sintetizar el etanol de una forma que sea eficiente y económicamente viable para su uso en motores de combustión interna.

El uso de etanol como carburante tiene grandes ventajas sobre la gasolina como por ejemplo: la combustión de etanol es 80% más limpia que la de gasolina, la producción de etanol es más sencilla y se emplea hasta 35% menos de energía para la producción, la materia prima es renovable, es considerablemente más barato que la gasolina, evita el uso de MTBE aditivo altamente contaminante empleado como oxigenante de la gasolina [1].

La producción de energía primaria en México está altamente concentrada en los hidrocarburos. Del total de la energía producida, más de 85% está basada en los hidrocarburos, dividida de la siguiente manera: petróleo crudo 72%; gas asociado 11.5%; gas no asociado 5.5%; condensados 1.7%. En la figura 1 se muestra en la producción de energía primaria en el año 2011 fue de más de 9 mil PentaJoules (PJ) y solo el 7 % provenía de energías renovables. [2, 3,4].

En México, desde hace varios años, se produce etanol de caña de azúcar en los diferentes ingenios del país que cuentan con destilerías, sólo que su uso es para bebidas embriagantes e industriales, no para uso combustible. Se produce, principalmente, de melazas de caña de azúcar y con una tecnología tradicional y bastante conocida. Al alcohol que resulta de este proceso tradicional se le denomina etanol de primera generación. El etanol de primera generación proviene de la biomasa, especialmente de cultivos agrícolas destinados a la alimentación humana, para diferenciarlos de la segunda generación que no compite con la producción de alimentos[2]. Anualmente se producen 200 000 millones de toneladas de lignocelulosa (celulosa, hemicelulosa y lignina) en todo el mundo [5]. La composición y

porcentajes de los polímeros varían de acuerdo con la especie, la edad y la etapa de crecimiento de la planta [6].

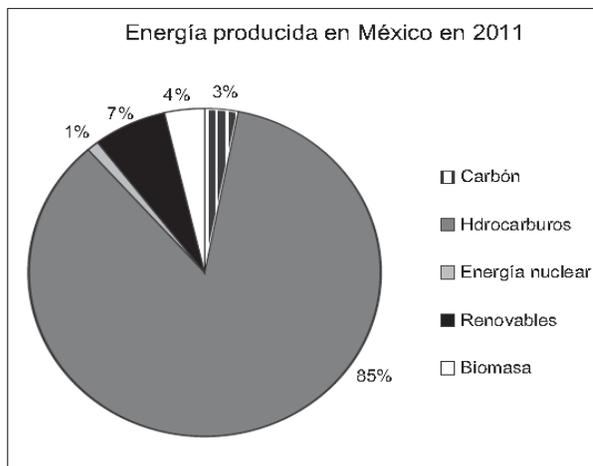


Figura 1. Representación de la energía producida en México por los distintos tipos de fuentes

Esto nos hace visualizar que la posibilidad de producir etanol a partir de granos y caña, debe revisarse con sumo cuidado para México, ya que, además de ser deficitario en sector de agricultura, el precio internacional muestra inestabilidad a la alza, provocados, en parte, por el desvío de un mayor volumen de granos hacia la producción de etanol en Estados Unidos. [3]

La producción de etanol de segunda generación tiene como propósito la elaboración de carburantes con materia prima que no compita con los alimentos de ingesta humana (caña de azúcar, maíz, sorgo, centeno, etc.), esto se logra a través del uso de la biomasa aprovechando el contenido de materiales ricos en almidón y lingocelulósicos.

Los sustratos utilizados en la producción de bioetanol son ricos en lignocelulosa, que es el principal componente de la pared celular de las plantas. El material lignocelulósico es de bajo costo y altamente disponible. Sin embargo, el principal impedimento para su utilización es la falta de tecnología de bajo costo para degradar la fracción recalcitrante de la biomasa. Existen procesos fisicoquímicos para la obtención de biocombustibles a partir de este tipo de biomasa, no obstante, el uso de microorganismos que pueden degradar este material y así obtener azúcares fermentables es una alternativa viable para llevar a cabo este proceso[4].

Uno de los principales restos a superar en la producción de etanol de segunda generación es la sacarificación del material amiláceo y lingocelulósico, esto se debe a que ambos materiales son polisacáridos y la levadura solo produce etanol digiriendo monosacáridos. El aprovechamiento de biomasa para producción de este biocarburante se centra en el pretratamiento y la sacarificación del sustrato, para llegar a este objetivo existen diversos métodos como: hidrólisis ácida, hidrólisis alcalina, hidrólisis enzimática.

La hidrólisis enzimática es un método de sacarificación que utiliza enzimas que son capaces de catalizar la reacción de tal forma que el polisacárido se divide en monosacáridos, para su posterior fermentación con levadura.

La producción de etanol a partir de desechos agroindustriales se hará realidad cuando se logre disminuir los costos para el acarreo de la materia prima, los procesos de fermentación sean más eficientes, sobretodo se mejoren los rendimientos a partir de la relación producto/sustrato, y se pueda disponer de microorganismos que logren mejorar la etapa de fermentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La biomasa que se utilizó para los experimentos se obtuvo de los desechos de un establecimiento dedicado a la producción alimenticia, éste se compone principalmente de restos de fruta. Este sustrato se sometió a un pretratamiento que consiste en la molienda de los residuos, cocción y separación de la fase líquida del sustrato, la fase líquida se colocó en un biodigestor fabricado totalmente en acero inoxidable que tiene una capacidad aproximada de 10L éste cuenta con control automático de temperatura, barómetro y termómetro para monitorear la digestión, agitador manual para homogenizar la mezcla en el digestor. Dentro del biodigestor se realizó la etapa de sacarificación enzimática, esta etapa se lleva a cabo dentro del mismo biodigestor, los parámetros vitales son el PH de 5.5 a 6 y la temperatura a 60°C durante 3 horas como mínimo para completar la catálisis. Al terminar el proceso de sacarificación se procede a la fermentación.

La fermentación se realizó con levadura (*saccharomyces cerevisiae*) para este proceso se controló la temperatura de 25 °C y el PH se

mantuvo en un valor de 5.5 con el objetivo de tener una fermentación óptima. En la figura 2, se muestra el sistema experimental implementado para la producción de bioetanol.



Figura 2.. Sistema experimental para producción de metanol.

En la etapa de destilación se colocó la mezcla líquida en la torre de destilación construida en el laboratorio y con capacidad para 15 L y con dimensiones de 3 pulgadas de diámetro por 48 de alto, se calentó a 79 °C temperatura a la cual comienza la evaporación del etanol, pasando los vapores obtenidos a través de un serpentín de enfriamiento implementado con tubo de cobre que se adapta a un sistema de refrigeración estándar. Obteniendo a la salida una mezcla de agua y alcohol, con una concentración de bioetanol de aproximadamente 20 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevaron a cabo dos experimentaciones con la materia antes descrita, a las que se les determinó su pH, y los grados Brix de inicio. Obteniendo valores promedio de 5 para el pH y 115 grados Brix. De la cantidad inicial de materia prima en ambos experimentos que fue de los 3.8 kg de sustrato inicial que se fermentó y destiló se obtuvieron 350 ml de mezcla agua-etanol, en la figura 3 se muestra la materia prima en su tratamiento inicial. En la etapa de fermentación se

implementó una válvula de alivio para dar salida al CO₂ que se genera simultáneamente.



Figura 3. Materia prima antes del pretratamiento de cocción y separación de fases.

Como primera prueba cualitativa para darse cuenta de la producción se determina por inspección el olor característico de los alcoholes, asimismo como primera prueba cuantitativa se determinó la densidad de la mezcla obteniéndose un valor aproximado de 0.97 gr/ml, valor que corresponde a una proporción de 20 % de etanol en la mezcla. En la figura 4 se muestra la recolección del etanol en un matraz de Erlenmeyer después de pasar por sistema de condensación, obteniendo un volumen promedio de 350 ml de mezcla.

El objetivo en curso del estudio es optimizar la cantidad producida de etanol, esto se logrará mejorando el pretratamiento de la materia incluyendo en el proceso un tratamiento con vapor con el fin de romper los enlaces de lignina del material lingo celulósico para así poder tener disponibles las partículas de celulosa para su posterior etapa del proceso. Esta siguiente etapa que consiste en la sacarificación enzimática que solo se puede llevar a cabo sin la lignina presente en la biomasa.



Figura 4 Recolección de mezcla Etanol-Agua en matraz de Erlenmeyer.

En cuanto a mejorar la pureza del etanol actualmente se estudia la posibilidad de implementar un proceso posterior a la etapa de destilación para remover el agua de la mezcla etanol + agua mediante el uso de un tamiz molecular de zeolita. Por lo que se puede inferir que es totalmente posible aumentar el rendimiento de la producción y la calidad del producto final.

CONCLUSIONES

Se puede concluir los primeros resultados con el sistema experimental que se ha implementado para el tratamiento de biomasa (residuos de fruta) es posible la producción de bioetanol a partir de residuos de origen vegetal, Es evidente que los avances reportados en el presente trabajo dejan ver que la baja eficiencia obtenida por la cantidad y concentración de etanol en los resultados de los primeros experimentos, se deben optimizar.

Sin embargo para el propósito educativo para el que se pretende utilizar el sistema experimental los resultados obtenidos en esta etapa de desarrollo del sistema puede considerarse muy alentadores, aunque si bien es cierto que falta por mejorar de forma sustancial varios puntos de operación en el sistema, como son; en la etapa de sacarificación enzimática, asimismo el equipo de destilación, contemplando qué para mejorar la

pureza se puede implementar un sistema de malla molecular de zeolita para lograr resultados con pureza de 99% necesario si el objetivo es el de usar el etanol como carburante automotriz.

REFERENCIAS

- [1] Yolanda Lechón, Helena Cabal, Carmen Lago. (2005). Análisis de ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. 26/07/2016, de Ministerio De Medio Ambiente de España Sitio web: http://www.abengoabioenergy.com/export/sites/abg_bioenergy/resources/pdf/anuncios/es/semana_3/2-Lechon1.pdf.
- [2] Becerra L. (200?). La industria del etanol en México. 27/07/2016, de EconomíaUNAM Sitio web: <http://www.ejournal.unam.mx/ecu/ecunam16/ECU001600606.pdf>
- [3] Masera, O. (2011). LA BIOENERGÍA EN MÉXICO. Red Mexicana de Bioenergía, A.C. Sitio web: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf>
- [4] Jorge Noel Gracida Rodríguez., Baruc Pérez Díaz. (2014). Factores previos involucrados en la producción de bioetanol, aspectos a considerar. Rev. Int. Contam. Ambie. 30 (2) 213-227.
- [5]. Ragauskas A. (2006). The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. Science 311, 484-489.
- [6]. Jeffries T.W. (1994). Biodegradation of lignin and hemicelluloses. Ratledge C- Kluwer, Dordrecht, pp. 233-277.