

Obtención de bioetanol a partir de residuos de cáscara y pulpa de piña (*Ananas comosus*)

José Efraín Pardo Saldaña, cuarto semestre de la licenciatura en Ingeniería Química¹; Denilson Ocegueda Amador, cuarto semestre de la licenciatura Ingeniería Automotriz²; Aidee Sánchez Campos, sexto semestre de la licenciatura Ingeniería Industrial³; Ulises Alain Valdivieso Rodríguez cuarto semestre de la licenciatura en Ingeniería Automotriz⁴.

¹Universidad Iberoamericana Puebla, México, efrainpardos@gmail.com ; ²Universidad Iberoamericana Puebla, México, Ocegueda8@hotmail.com; ³Universidad Iberoamericana Puebla, México, gely_camposb@hotmail.com;

⁴Universidad Iberoamericana Puebla, México, ulises_9510@hotmail.com .

Resumen

*El objetivo de este proyecto fue obtener bioetanol a partir de la fermentación anaerobia de residuos de cáscara y pulpa de piña (*Ananas comosus*) utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. La fuente de azúcares para la fermentación se obtuvo de dos vías: la primera consistió en una mezcla de jugo de piña y agua; mientras que la segunda estuvo comprendida de cáscara y pulpa de piña, mezclados con agua. El producto de la fermentación fue destilado mediante destilación kjeldahl, seguido de una destilación convencional a 80 kPa y temperatura de 80°C. El destilado recuperado se sometió a un ensayo a la llama para comprobar su inflamabilidad y la presencia de etanol. La densidad medida del destilado mostró que la pureza del bioetanol obtenido fue de 40%. El balance de materia mostró un rendimiento de 4.34% de bioetanol en masa frente a la entrada de materia prima utilizando la mezcla de jugo de piña y agua.*

Palabras clave: etanol, residuos, piña, bioetanol, levadura *Saccharomyces cerevisiae*, fermentación.

Introducción

El precio de las gasolinas en México ha incrementado de manera constante y considerable en los últimos años, ya que en 2011 el precio de la gasolina magna se encontraba en 9.73, el de la gasolina premium 10.59 y el diésel en 10.09 pesos por litro, mientras que en 2017 se alcanzaron valores de 15.99 magna, 17.99 premium y 17.05 el diésel lo cual representa un aumento de 60.85%, 59.52% y 59.17% respectivamente. (CEESCO, 2017).

Dado que la piña cuenta con un alto contenido de azúcares y estos pueden ser transformados en bioetanol, el cual puede ser utilizado como combustible o potenciador de gasolina y es completamente renovable en la naturaleza ya que al quemar este combustible libera bióxido de carbono y este retorna a las plantas durante la fotosíntesis para la producción de biomasa (Claudia, Beltrán Arredondo, & Ortiz Ojeda, 2012).

En México, según la cifra más reciente publicada en 2015 por la SEMARNAT, la generación de RSU (Residuos Sólidos Orgánicos) alcanzó 53.1 millones de

toneladas, lo que representó un aumento del 61.2% con respecto a 2003 de los cuales aproximadamente el 52.4% corresponden a residuos de comida, jardines y materiales orgánicos similares (SEMARNAT, 2015).

México aporta alrededor del 4% de la producción mundial de piña del cual los desechos de piña de las industrias que procesan esta fruta es el 20% lo cual representa un total de 12,900 toneladas de bagazo al año, de los cuales el 30% es utilizado como alimento para ganado y el resto se desecha. (Antonio, R et al, 2011)

Objetivo General

Obtener bioetanol a partir de residuos de cáscaras y pulpa de piña mediante su fermentación anaerobia utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Objetivos específicos

- Identificar las características del desperdicio de la piña para determinar si es una buena fuente de carbohidratos.
- Diseñar un proceso de obtención de etanol.
- Implementar un proceso para la obtención del bioetanol.
- Evaluar la calidad y cantidad del alcohol obtenido.

Justificación

Los residuos sólidos orgánicos producidos en las ciudades constituyen una gran fuente de biomasa que potencialmente puede ser transformada en productos de valor agregado como son los biocombustibles. El desecho industrial de la piña, proveniente de las empacadoras es una materia prima potencialmente viable para ser transformada en bioetanol debido a su alto contenido en azúcares y el escaso valor de la materia prima, ya que se trata de un desecho. El empleo de bioetanol como combustible tiene grandes ventajas ambientales, ya que reduce la acumulación de desechos en los rellenos sanitarios, y de igual manera disminuye los gases nocivos para la salud humana.

Con la producción de bioetanol se podrá reducir los desechos orgánicos y el uso de combustibles fósiles. De esta manera se reducirán los gases nocivos para el ser humano y para el entorno, ya que el etanol se

combustiona eficientemente en CO₂ lo que disminuye las emisiones de CO.

Alcances

En el actual documento se analiza el potencial de la piña para la obtención de bioetanol especificando el proceso metodológico que se llevó a cabo para su obtención y como evidencia se entrega bioetanol de 40% de pureza.

Limitaciones

La universidad no cuenta con equipos para llevar a cabo los procesos de fermentación y separación de mezclas, limitando la obtención de bioetanol de alta pureza y en grandes cantidades. La producción del combustible a gran escala quedará fuera del proyecto ya que el rendimiento de producción es bajo.

Marco teórico

En México según la INEGI se recolectan diariamente 86 mil 343 toneladas de basura y solo el 11% de los residuos recolectados son separados; 46 de cada 100 hogares separan la basura.

Actualmente en el estado de Puebla la empacadora San Marcos distribuye piña enlatada, donde el desperdicio de ella es la cascara, resto de la pulpa y el residuo no tiene un uso futuro, de esta forma se considera una candidata para la obtención de etanol

La *ananas comosus* o mejor conocida como piña es una fruta que es altamente producida y de la cual se desperdicia gran porcentaje de la misma ya que una gran parte de esta es la cáscara, la cual termina en vertederos y rellenos sanitarios abiertos.

La piña es rica en carotenos y azúcares y el contenido de azúcares permanece constante después de la cosecha 100 g de piña aportan 86 g de agua, 1g de proteína, 8 gramos de carbohidratos entre otros compuestos. (Aguilera, 2018)

Antonio, R et Al. en su artículo aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol describe un proceso mediante el cual con una hidrólisis ácida usando ácido sulfúrico obtienen los azúcares necesarios para la fermentación, neutralizando posteriormente con hidróxido de sodio. La fermentación se llevó a cabo utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y agregándole los nutrientes necesarios para este microorganismo. La destilación se realizó con un equipo de destilación convencional a 80°C y el rendimiento final fue del 57%.

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono, este proceso comienza después de que la glucosa entra en la celda. La glucosa se degrada en un ácido pyruvic. Este ácido se convierte luego en CO₂ y etanol, este proceso se describe en las reacciones de las Figuras 1 y 2. Los seres humanos han aprovechado este proceso para hacer pan, cerveza, y vino. En estos tres productos se emplea el mismo microorganismo que es: la levadura común o lo *Saccharomyces cerevisiae*.

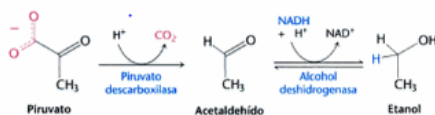


Figura 1. Reacción de fermentación [10]



Figura 2. Reacción de fermentación [10]

Metodología

La obtención de etanol se inició con la selección de la materia prima. Esta selección consistió en la pulpa y la cáscara de la piña. Una vez elegida la materia prima, se licó con agua hasta obtener una mezcla de sólidos-líquido. El proceso también se hizo utilizando un extractor de jugo en lugar de licuar la piña y para este caso también se desechó la cáscara. El resto del proceso es el mismo para ambos casos.

Una vez separados los sólidos, el líquido se calentó a 92°C por 10 minutos. La mezcla se trasladó al fermentador y se dejó enfriar a 35°C para agregar la levadura *Saccharomyces cerevisiae* aproximadamente 20 g por cada 10 litros de mezcla.

A continuación, a la mezcla se le determinó el nivel de azúcar con un medidor de grados Brix antes de comenzar la fermentación y se continuó monitoreando diariamente hasta que los niveles de azúcar se estabilizaron, las mediciones de grados Brix indican la actividad metabólica que ejerce la levadura en la mezcla, por lo que entre menos azúcar hay en la mezcla, existe más etanol.

La fermentación duró aproximadamente 6 días y después de recuperar el producto se inició el procedimiento de destilación, para separar el etanol de la mezcla.

El proceso de destilación se realizó a través de una destilación con un destilador kjeldahl y se destiló nuevamente con un equipo de destilación convencional a una presión de 80 kpa y procurando mantener una temperatura de 80°C, parando la destilación cuando la temperatura subía a 87°C. Se obtuvo bioetanol con una pureza de aproximadamente 40%. Se confirmó la presencia de bioetanol con un ensayo a la llama comprobando su inflamabilidad. Para determinar la concentración del etanol obtenido se midió la densidad relativa, la cual fue de 0.93, que de acuerdo a las tablas de densidades de mezclas etanol-agua consultadas en el libro Química física de Mateo Días[11] corresponden a una concentración del 40%.

Resultados y discusión

La obtención de etanol a partir de jugo de piña fermentado tuvo ventajas significantes a la hora de destilar debido a que existía mayor concentración de etanol en la mezcla. De los 116g estequiométricos se obtuvieron 102 g de etanol al 40%.

En la obtención de etanol a partir de una mezcla de cáscara, pulpa y agua se obtuvieron 630 g de etanol al 40%. La desventaja que presenta este proceso es que debido a la mayor cantidad de agua presente en la mezcla es probable que se necesite mayor energía para el proceso de destilación, ya que la entalpía necesaria para aumentar la temperatura de la mezcla es mayor debido a la baja concentración de etanol en la mezcla.

El rendimiento menor al estequiométrico puede deberse a que la levadura no convirtió todos los azúcares en etanol, posiblemente debido a que parte permanecieron como azúcar residual y a que parte del etanol se oxidó en ácido acético u otros compuestos. La pureza del etanol

obtenido en ambos casos fue de 40%, este dato se obtiene a partir de la densidad del etanol obtenido, la cual fue de 0.93 g/cm^3 . La baja pureza del bioetanol se debe a que no realizaron métodos de separación de mezclas más eficientes que la destilación sencilla.

Los resultados de la fermentación de jugo de piña que se obtuvieron se muestran en la Tabla 1 y varían con los resultados de la fermentación de pulpa y cascara licuadas como se muestra en la Tabla 2.

Resultados del proceso con jugo de piña	
Descripción de proceso	Flujos y cantidades.
Entrada de materia prima	2120g
Desecho de coronas y cascara	415g
Materia seleccionada	1750g
Obtención de jugo (se elimina el bagazo)	1.263g
Fermentación y variación de grados Brix	Inicia 10.8 ; Termina 4.1 ; variación -6.5
Destilación (etanol obtenido)	57.7g
Rendimiento frente a entrada de materia prima en masa.	2.72%
Rendimiento de la destilación en masa.	4.9%

Tabla 1. Resultados del proceso con jugo de piña.

Resultados obtenidos del proceso con pulpa y cascara licuadas con agua.	
Descripción de proceso	Flujo y cantidades
Entrada de materia prima	7570g
Desecho de coronas y materia no utilizable	950g
Materia seleccionada	6620g
Obtención de mezcla de piña con agua	13620g (se agregaron 7 litros de agua).
Filtro de bagazo.	10351g
Fermentación y variación de grados Brix	Inicia 5.4 ; Termina 2.1 ; variación -3.3
Destilación (etanol obtenido)	1245g
Segunda destilación.	329 g
Rendimiento frente a entrada de materia prima en masa.	4.34%

Tabla 2. Resultados obtenidos del proceso con pulpa y cascara licuadas con agua.

En las siguientes figuras se muestra la evolución de los grados Brix en las diferentes mezclas que se realizan las cuales muestran el tiempo de fermentación entre cada proceso.

En la Figura 3 se muestra la mezcla únicamente por jugo de piña, y la Figura 4 demuestra la variación de grados Brix de la mezcla de 7 litros de agua con pulpa y cascara. La medición de los grados Brix nos indica que los días necesarios para realizar el proceso de fermentación son 6.

Evolución de grados brix 100% jugo

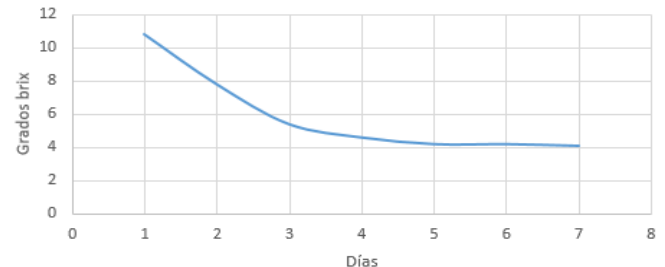


Figura 3. Evolución de grados Brix fermentación 100% Jugo

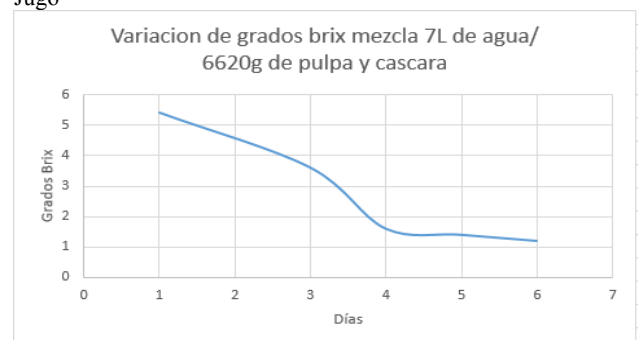


Figura 4. Evolución de grados Brix fermentación de mezcla de agua con cascara y pulpa

Conclusiones

A partir de los experimentos realizados concluimos que 1.4 gramos de levadura es la cantidad óptima que debe ser adicionada al jugo de piña por cada litro, con un tiempo de fermentación de 6 días, en un ambiente aséptico y libre de oxígeno.

El proceso a través del cual se obtiene una mayor cantidad de alcohol es cuando la fermentación se realiza solo con jugo, ya que debido a la mayor concentración de etanol en la mezcla es probable que se requiera menor energía para realizar la destilación debido a que hay una mayor concentración de etanol en la mezcla con agua y la entropía para aumentar de temperatura la mezcla es menor.

Es posible obtener etanol a partir de la pulpa y la cáscara de la piña debido a su alto contenido en azúcares, sin embargo, el rendimiento es bajo, pero al tratarse de un desecho de la industria alimentaria su uso para este fin resulta viable.

Recomendaciones

La mezcla del jugo de piña con la levadura se debe colocar en un recipiente herméticamente cerrado para evitar su contaminación.

Es importante darle seguimiento a la mezcla, ya que puede llegar a haber cambios de acuerdo a las condiciones climáticas en las que se encuentre.

Una vez que los grados Brix de la mezcla no cambian es momento de llevar a cabo su destilación.

Referencias

1. Tapia Barrera, L. M., Acevedo Chedid, J., Araméndiz Tatis, H., & Ararat Herrera, J. (2015). La sostenibilidad en el diseño de cadenas de suministro de biocombustibles. *Opinión Jurídica*, 14(26), 57-72.
2. CEESCO. (9 de enero de 2017). Análisis sobre el impacto del precio de la gasolina y diesel en la industria de la construcción. México.
3. SEMARNAT. (24 de Abril de 2018). *Residuos en México*. Obtenido de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf
4. Antonio, R., et al. (2011): Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
5. Claudia, C. M., Beltrán Arredondo, L. I., & Ortiz Ojeda, J. C. (2012). Producción de biodiesel y bioetanol: ¿Una alternativa sustentable a la crisis energética? *Revista Científica Ra-Ximhai*, 100.
6. Antonio, R., et al. (2011): Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
7. INEGI. Módulos ambientales. (2018 de Abril de 24). *INEGI. Módulos ambientales*. Obtenido de <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/ambiente/basura.aspx?tema=T>
8. Clean Up the World ORG. (2008). Residuos orgánicos. *Clean Up the World*, 1-2.
9. Aguilera, C. P. (24 de Abril de 2018). Cinética de inactivación enzimática y de degradación de sabor en función de la temperatura en jugo de piña. *Tesis Digitales UDLAP*, 65.
10. Stryer, J, Mark, J, Tymoczko, J. (2008). *Bioquímica*. México: Reverté.
11. Días, M y Roig, A. (1989) *Química física*. México: Alhambra.