

Fabricación de bioetanol a partir de extractos azucarados procedentes de la lixiviación de la vaina de la algarroba.

S. Sánchez, D. Juan, L.J. Lozano, A. Larrosa, A. Ginestá, F.J. Hernández-Fernández, A. P. de los Ríos, C. Godínez

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Politécnica de Cartagena

C/ Dr. Fleming sn 30202 Cartagena (Murcia)

Teléfono: 968 326408 Fax: 968 326561

E-mail: ssegado@upct.es

Resumen. En este trabajo se analiza la viabilidad técnica de la producción de bioetanol a partir de una materia vegetal autóctona del área mediterránea como es la vaina de la algarroba. La primera fase del estudio consistió en realizar la extracción de los azúcares contenidos en la vaina, obteniendo altos rendimientos (próximos al 100%) en cortos tiempos. En la segunda fase del estudio se realizó la fermentación de los extractos azucarados obteniendo resultados próximos a un 50% de conversión de los azúcares iniciales a etanol en tiempos razonables. Del estudio se puede concluir que es posible la extracción y fermentación de los azúcares del algarrobo mediante operaciones industriales sencillas y perfectamente conocidas.

1 Introducción

El agotamiento de los recursos fósiles energéticos, el coste medioambiental que acarrea su utilización y la incertidumbre en el abastecimiento de combustibles tanto para fines energéticos como para el transporte, ha provocado que la sociedad vuelva la vista de nuevo hacia fuentes energéticas renovables [1].

De estas fuentes energéticas renovables, los biocombustibles aparecen como una solución prometedora para el sector del transporte. Estos se obtienen a partir de materias vegetales con altos contenidos en lípidos (biodiésel) o altos contenidos en azúcares, almidón o celulosa (bioetanol) [2].

Sin embargo el uso de biocombustibles conlleva una serie de ventajas e inconvenientes. Entre sus ventajas, podemos citar [3]:

- Autonomía energética, por no depender del suministro de petróleo.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, por provenir de materias primas naturales.
- Desarrollo de áreas rurales.

Algunas desventajas que presenta el uso de biocombustibles son [1]:

- Competencia de las materias primas utilizadas en su producción con su utilización para consumo humano y animal.
- Elevados costes de producción, que presentan alto grado de incertidumbre, ya que dependen de la materia prima utilizada.

- Desconocimiento parcial de las etapas que configuran los procesos bioquímicos y enzimáticos.

El presente trabajo propone la utilización de la vaina de la algarroba como materia prima para la producción de bioetanol. El algarrobo es una especie vegetal autóctona del área mediterránea, muy resistente a la sequía, capaz de desarrollarse en terrenos donde resulta imposible el crecimiento de otras especies, que necesita muy pocos cuidados, con alto contenido en azúcares y que no se utiliza para alimentación humana [4].

2. Materiales y métodos.

La vaina de la algarroba utilizada procede de la Región de Murcia y es suministrada por la empresa Mondial Carob Group (Cartagena, España). Posee un contenido medio en azúcares totales del 45,9% determinado mediante el método de Luff – Schrool [5], de los cuales el 32,4% es sacarosa, el 8,4% fructosa y el 4,1% glucosa, caracterizados por HPLC, y un tamaño medio de 0,57 mm, determinado mediante cribado en una serie de tamices vibratorios.

La extracción de los azúcares se realizó con agua a temperatura ambiente en un reactor tanque agitado, al que se añadieron diferentes relaciones en peso de Agua/Vaina (L/S). El procedimiento seguido consistió en tomar un volumen adecuado de muestra (10 ml) a diferentes intervalos de tiempo y determinar el contenido en azúcares mediante el método de Luff-Schrool. El rendimiento de la extracción se determina a partir de la siguiente expresión:

$$R(\%) = \frac{\text{Azúcares totales en muestra}}{\text{Azúcares totales iniciales}} \cdot 100$$

La fermentación de los extractos azucarados, se realizó en un fermentador a 35°C, a una velocidad de agitación de 125 rpm y pH inicial de 3,5, sobre disoluciones que contenía 200 g/l de azúcares totales. La levadura utilizada fue *Saccharomyces Cerevisiae* suministrada por S.I. Lessafre. Para asegurar el adecuado transcurso de la fermentación se añadieron nutrientes inorgánicos: fosfato amónico neutro 3,2 g/l, sulfato potásico 1 g/l y sulfato magnésico 1,8 g/l. Se siguió la evolución del contenido alcohólico en el transcurso de la fermentación mediante densimetría, determinando el rendimiento del proceso a través de la siguiente expresión:

$$R(\%) = \frac{\text{Contenido Alcohólico}(g/l)}{\text{Azúcares totales iniciales}(g/l)} \cdot 100$$

Los azúcares totales se analizaron por el método de Luff – Schrool y el número de microorganismos mediante conteo por microscopía en una cámara de Neubauer.

3. Resultados y discusión.

3.1. Extracción de azúcares.

En la Figura 1 se observa la variación del porcentaje de extracción de azúcares con el tiempo. Como se puede observar la operación de extracción es relativamente sencilla consiguiendo altos rendimientos (100%) a tiempos inferiores a los 30 minutos.

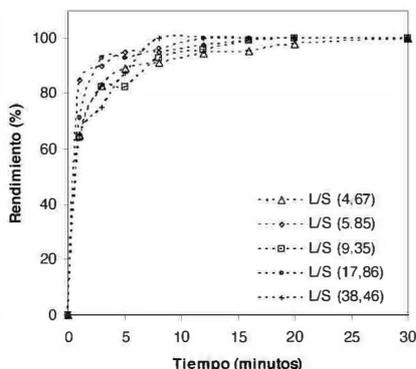


Figura 1. Variación del porcentaje de extracción de azúcares con el tiempo transcurrido.

También se puede apreciar en la figura cómo disminuye el tiempo necesario para alcanzar el máximo rendimiento de extracción conforme aumenta la relación L/S.

3.2. Fermentación.

En la Figura 2 se representa la variación del rendimiento en etanol con el tiempo y la concentración de levadura.

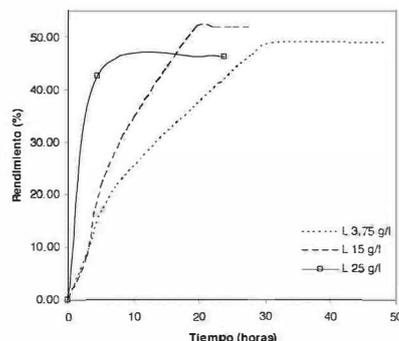


Figura 2. Variación del rendimiento en etanol con el tiempo transcurrido y la concentración de levadura.

Como se puede observar en la Figura, los rendimientos más elevados se alcanzan para una concentración de 15 g/L de levadura. Para una concentración de 25 g/L el rendimiento disminuye notablemente debido a una mayor competencia por el sustrato, que provoca la muerte temprana de las células. Para una concentración de 3,75 g/L, el tiempo de fermentación se alarga notablemente y el rendimiento obtenido es inferior al obtenido empleando 15 g/L de levadura debido a una mayor exposición al producto de fermentación (etanol) que inhibe la misma debido a su efecto tóxico a determinadas concentraciones.

En la figura 3 se muestra la variación del contenido de azúcares residuales con el tiempo.

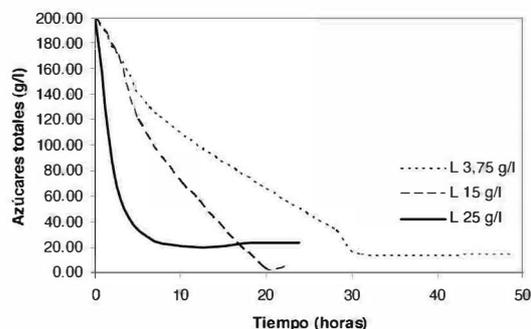


Figura 3. Variación del contenido en azúcares residuales con el tiempo transcurrido y la concentración de levadura.

Para concentraciones de levadura de 15 g/L el contenido en azúcares residuales es inferior a 5 g/L, para concentraciones de 3,75 g/L de levadura este valor aumenta hasta los 14 g/L y alcanza un valor de 24 g/L para concentraciones de 25 g/L de levadura.

4. Conclusiones.

En vista a los resultados expuestos, se puede afirmar que la vaina de la algarroba es un material apto para ser utilizado en la producción de bioetanol. Este trabajo pone de manifiesto la facilidad con la que se pueden extraer los azúcares contenidos en la vaina con un procedimiento de operación simple y con la

consecución de altos rendimientos a tiempos de operación inferiores a los 30 minutos.

También se realizó la fermentación de los extractos azucarados observando que es posible alcanzar rendimientos elevados en la operación (próximos al 50%) y bajos contenidos en azúcares residuales (inferiores a 5 g/L) empleando disoluciones que contenían 200 g/L de azúcares totales iniciales a tiempos razonables para las operaciones de fermentación (del orden de 25 horas) utilizando para ello una concentración de levadura de 15 g/L.

Además de demostrar la viabilidad técnica del proceso, hay que añadir ciertas ventajas como son la revitalización del cultivo del algarrobo que permitirá emplear una materia prima que no compite con el consumo humano y además permitirá recuperar terrenos del Sureste Español en proceso de desertización.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la empresa Mondial Carob Group y por la obra social de la CAM en su programa de becas predoctorales.

Referencias

- [1] Demirbas M.F., Biorefineries for biofuel upgrading: A critical review, *Applied Energy* 2009, 86: Supplement 1 S151-S161.
- [2] Cardona C., Sánchez O. Fuel ethanol production: Process design trends and integration opportunities. *Bioresource Technology* 2007; 98: 2415–2457
- [3] Cardona C.A., Quintero J.A., Paz I.C. Production of bioethanol from sugarcane bagasse: Status and perspectives. *Bioresource Technology* 2009, In press.
- [4] Tous et al., Current situation of carob plant material. In *Proceedings of the III International Carob Symposium*, 1996, University of Lisbon, Portugal.
- [5] The Commission of the European Communities. Directive 93/28/EEC amending Annex I to the third Directive 72/199/EEC establishing Community methods of analysis for the official control of feedingstuffs, *Official Journal of the European Communities L 179*, 22/07/1993: 8-10.