

## Obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de fruta

Celia Hernández, Ana Isabel Díaz, Amanda Laca, Adriana Laca y Mario Díaz

*Departamento de Ingeniería y Medio Ambiente. Universidad de Oviedo, España  
C/ Julian Claveria s/n 33071 Oviedo [celia.25@hotmail.com](mailto:celia.25@hotmail.com)*

La preocupación de la población mundial por el uso de los combustibles fósiles es cada vez mayor. Este hecho, sumado a la creciente generación de residuos, ha marcado una tendencia general hacia la investigación de nuevas alternativas que permitan su revalorización. Para afrontar esta problemática se plantea la producción de biocombustibles a partir de residuos. En este trabajo se ha investigado la generación de bioetanol a partir de residuos de fruta (cáscara de plátano, pulpa de plátano y cáscara de naranja), los cuales han sido sometidos a pretratamientos hidrotérmicos con la finalidad de maximizar la concentración de azúcares fermentables, y aumentar así la producción de bioetanol en un posterior proceso de fermentación. Para la cáscara de naranja, en todos los casos se alcanzó una eficacia de extracción de azúcares reductores próxima al 40%, en la cáscara de plátano las eficacias variaron entre el 20 y el 70% y en la pulpa en todos los casos fueron superiores al 75%. En la cáscara de plátano la mayor concentración de azúcares reductores se obtuvo a 120°C, mientras que para la pulpa de plátano el tratamiento a 135°C mostró los mejores resultados. Se analizó la presencia de compuestos inhibidores de la fermentación (furfural, HMF y ácido acético) y en todos los casos las concentraciones se situaron por debajo de la concentración mínima inhibitoria. Por último, como producto de la fermentación del medio preparado a partir de pulpa de plátano tratada hidrotérmicamente se obtuvo bioetanol con una graduación de 1,7 % (v/v).

**Palabras clave:** Bioetanol, residuos, hidrólisis, fermentación, biomasa lignocelulósica.

### INTRODUCCIÓN

Aproximadamente un tercio de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia. Concretamente, en el caso de frutas y hortalizas se pierde entre el 40 y 50%. Esta alta y creciente cantidad de residuos hace necesaria una búsqueda de alternativas que revalorizaran los mismos.

En esa línea, una opción, es la generación de bioetanol de segunda generación, que permite reducir el volumen de residuos y plantea una alternativa al uso los combustibles fósiles.

Este tipo de residuos están compuestos de biomasa lignocelulósica rica en celulosa, hemicelulosa y lignina. Para su utilización como sustratos de fermentación necesitan someterse previamente a un pretratamiento de hidrólisis que permita convertir los carbohidratos complejos en azúcares fermentables. Durante el proceso de hidrólisis pueden generarse compuestos como furfural, hidroximetilfurfural y ácido acético, que podrían inhibir el proceso de fermentación si se encuentran en altas concentraciones (Jonsson y Martín, 2016). Estos productos pueden eliminarse por procesos de detoxificación.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Los residuos (cáscara y pulpa de plátano y cáscara de naranja), se trituraron con agua destilada en relación 1:3 (p/v) en todos los casos. Para conocer la cantidad de azúcares que pueden ser extraídos únicamente con agua de las muestras sin hidrolizar, se retiraron los sólidos por centrifugación y se ajustó el pH (6-7). Los tratamientos de hidrólisis ensayados consistieron en someter a las muestras a 120, 128 y 135°C durante 5 minutos en un autoclave.

Los azúcares potenciales de los sustratos utilizados se analizaron siguiendo el método descrito por Lenihan y col. (2011). Los azúcares totales se midieron por el método del Fenol-Sulfúrico y los reductores por el método del ácido 3,5- dinitrosalicílico (DNS).

La concentración de compuestos inhibidores se determinó por HPLC, según el método descrito por Díaz, A.I. y col. (2017). Para el ácido acético se utilizó la columna ICsep ICE-ION 300, acoplada a un detector RID, y ácido sulfúrico (0,450 mM, pH 3,1) como fase móvil. Para la medición de FUR y HMF se utilizó la columna Gemini-NX 5 µm C18 110A (Phenomenex) acoplada a un sistema DAD. La fase móvil empleada para el FUR fue acetonitrilo/agua (20:80), y las del HMF fue metanol/agua (10:90).

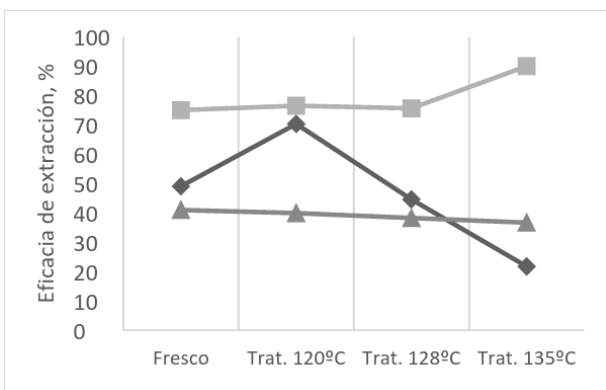
La fermentación con *S. cerevisiae* se llevó a cabo utilizando como sustrato la muestra de pulpa plátano sometida a 135°C, y se mantuvo en incubador en

condiciones de 30°C y 50 rpm, durante 69 horas. Se tomaron muestras de forma periódica para analizar la evolución de los azúcares, el etanol, el pH y el crecimiento de las levaduras. La concentración de etanol se analizó por cromatografía de gases CLARUS 400 (Perkin Elmer), acoplado a un detector de ionización de llama (FID). La columna empleada para la separación fue una Elite.WAX TR-810532 (30 m x 0,32 mm x 0,5 µm, Perkin Elmer). Se utilizó como patrón interno 4-metil-2-pentanol.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de azúcares potenciales de los sustratos empleados proporcionaron los siguientes valores: 20, 42 y 45 g/100 g residuo seco para la cáscara de plátano (CP), pulpa de plátano (PP) y cáscara de naranja (CN), respectivamente. Por otra parte, los azúcares reductores que se podían extraer de las muestras sin tratar (solubles) fueron 12, 27 y 18 g/100 g residuo seco en la CP, PP y CN respectivamente. Como se puede observar, PP y CN son los sustratos que presentaron un mayor potencial.

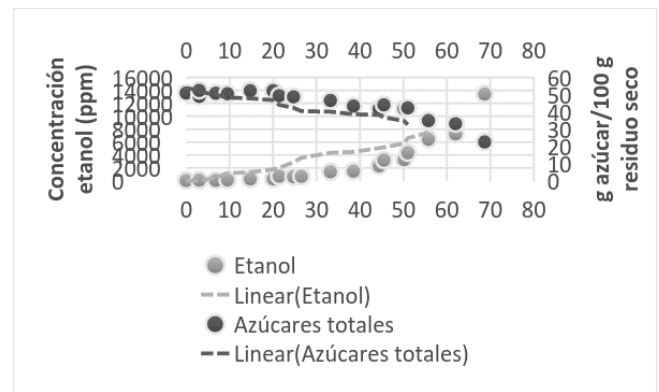
Para la cáscara de naranja se observó que el tratamiento hidrotérmico no es eficaz a ninguna de las temperaturas ensayadas, ya que en todos los casos se extrajo el mismo azúcar que en las muestras sin tratar. Para la cáscara de plátano, el tratamiento hidrotérmico más eficaz fue a 120°C, donde el porcentaje de eficacia alcanzado era del 70%. Finalmente, la pulpa de plátano fue el residuo del que se extraía mayor concentración de azúcares reductores, concretamente, 37 g/100 g residuo seco en el tratamiento a 135°C, obteniéndose la mayor eficacia de extracción, 90%, como se observa en la Fig. 1.



**Figura 1:** Porcentajes de eficacia de extracción de azúcares reductores en las muestras sin tratar (fresco) y tratadas hidrotérmicamente a distintas temperaturas. (◆) Cáscara de plátano; (▲) cáscara de naranja; (■) pulpa de plátano.

Se analizaron los compuestos inhibidores y se observó que las muestras presentaban mayor concentración de ácido acético, seguido de HMF, y FUR. En todos los casos las concentraciones medidas de inhibidores fueron muy inferiores a las concentraciones mínimas inhibitorias.

Se realizó una fermentación con el medio de pulpa de plátano tratado hidrotérmicamente a 135°C, obteniéndose los resultados mostrados en la Fig. 2. Como se puede observar, la disminución de azúcares comenzó a partir de las 20 horas de fermentación lo que corresponde con el inicio de la generación de etanol.



**Figura 2:** Evolución de la concentración de azúcares totales y bioetanol durante el proceso de fermentación del medio preparado a partir de pulpa de plátano.

Al cabo de 70 h de fermentación, la graduación alcohólica alcanzada era del 1,69% (v/v), correspondiendo con un rendimiento del 70% respecto a los azúcares consumidos, si bien es cierto que aún existían azúcares en el medio que podrían dar lugar a una mayor concentración de etanol en las próximas horas del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- DÍAZ, A.I., LACA, A., LACA, A., y DÍAZ, M., 2017. Treatment of supermarket vegetable wastes to be used alternative substrates in bioprocesses. Waste Management
- JONSSON, L., y MARTÍN, C., 2016. Pretreatment of lignocellulose: Formation of inhibitory by-products and strategies for minimizing their effects. Bioresource Technology, vol 199, pp. 103-112.
- LENIHAN, P., OROZCO, A., O'NEILL, E., AHMAD, M.N.M., ROONEY, D.W., MANGWANDI, C., WALKER, G.M., 2011. Kinetic modelling of dilute acid hydrolysis of lignocellulosic biomass. In: Dos Santos, M.A. (Ed.), Biofuel Production – Recent Developments and Prospects. InTech, pp. 293–308.