



## Producción de etanol a partir de jugo de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) y melaza utilizando una mezcla de levaduras.

Mirbella Cáceres-Farfán, Patricia Lappe-Oliveras\*, Alfonso Larqué-Saavedra, Abdo Magdub-Méndez y Luis Barahona-Pérez

\*Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fax +52 55 55501760, lappe@ibiologia.unam.mx.

Palabras clave: *jugo de henequén, levaduras, etanol.*

**Introducción.** El etanol es uno de los biocombustibles más importantes que se produce, a precios muy competitivos, a partir de sustratos renovables como la caña de azúcar en Brasil, y el maíz en Estados Unidos. Debido a que la producción mundial actual no es suficiente para satisfacer la demanda de energía, se han desarrollado otros procesos biotecnológicos que utilizan residuos agrícolas y forestales, ricos en celulosa y lignina, como sustratos para la obtención de etanol. Estos procesos tienen la desventaja de requerir como paso adicional, la sacarificación previa de los materiales lignocelulósicos. En México, desde hace varios siglos, se producen bebidas alcohólicas y destiladas a partir de agaves, y recientemente subproductos de las industrias tequilera y mezcalera se utilizan en la producción de bioetanol. Actualmente en la península de Yucatán se desarrollan tecnologías para utilizar el jugo, subproducto de la agroindustria de la fibra de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.). En 2005 esta industria procesó 250 millones de hojas para producir 5000 ton de fibra, y originó 75 millones de litros de jugo como residuo. Este sustrato contiene un alto porcentaje de oligofruktanos que pueden ser utilizados en la producción de bioetanol. En estudios preliminares Barahona y colaboradores (comunicación personal) obtuvieron 2.72% de etanol (v/v) al fermentar el jugo con *Kluyveromyces marxianus* cepa Cicy-Ki, lo que es una producción baja si se compara con el 6-8% v/v obtenido al fermentar melaza con una cepa comercial de *Saccharomyces cerevisiae*; y el 4-5% v/v producido al fermentar el jugo con esta cepa. Con base en estos resultados se planteó el presente estudio para incrementar el rendimiento en la producción de etanol al fermentar jugo de henequén adicionado con melaza con un inóculo mixto de *K. marxianus* cepa autóctona Cicy Ki, aislada de la planta de henequén (1) y *S. cerevisiae* cepa comercial Safoeno, en diferentes proporciones. **Metodología.** Las hojas de henequén se colectaron en el poblado de Baca, Yucatán; se lavaron y se prensaron para obtener el jugo, que fue filtrado y esterilizado para hidrolizar los oligofruktanos. Su contenido inicial de sólidos totales se ajustó a 8 y 10°Brix con agua destilada, y después se incrementó a 12°Brix con melaza. Como fuente de nitrógeno se adicionó sulfato de amonio (1.5g L<sup>-1</sup>), y el pH se mantuvo a 4.7 ± 0.2. El inóculo se preparó con *K. marxianus* Cicy-Ki y *S. cerevisiae* Safoeno (Safmex S.A. de C.V., México) en proporciones 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0, y en concentración de 3x10<sup>7</sup>

células mL<sup>-1</sup>. La fermentación se realizó, por triplicado, durante 48h a 35 ± 2°C, en oscuridad y sin agitación. Se muestreó cada 12h para cuantificar los sólidos totales; los azúcares reductores se analizaron por el método DNS al inicio y al final de la fermentación. La destilación se realizó en una columna Vigreux, obteniendo las fracciones cabeza, cuerpo y cola. El etanol se evaluó por el método de dicromato (2), y el rendimiento se cuantificó en % (v/v) (volumen de etanol en el cuerpo/volumen de mosto fermentado). Los resultados se analizaron estadísticamente con el programa SAS Versión 5 (3). **Resultados y discusión.** En jugo de henequén diluido a 8°Brix y ajustado a 12°Brix con melaza, fermentado con los cinco inóculos mixtos, la producción de etanol osciló entre 2.37 ± 0.26 y 2.96 ± 0.67 % v/v; no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. En el jugo diluido a 10 °Brix se determinó una mayor producción de etanol con los inóculos con safoeno. Los análisis estadísticos separaron dos grupos: uno con la mayor producción de etanol, 5.22 ± 1.09 y 4.29 ± 0.14 % v/v, que correspondieron a los inóculos con 25/75% y 0/100% de Cicy-Ki/Safoeno; el otro con una producción menor, 2.96 ± 0.38 y 2.11 ± 0.76% v/v; con los inóculos 50/50% y 75/25 de ambas levaduras, y 2.02 ± 0.23 % v/v con Cicy-ki sola, lo que indica que al aumentar la proporción de Cicy-Ki, aunque el consumo de azúcares reductores fue el mismo, hubo una reducción en la producción de etanol debido probablemente a que los azúcares se utilizaron en la síntesis de otros metabolitos.

**Conclusiones.** La información generada en este estudio ratifica que el modelo propuesto para la producción de etanol a partir del jugo de henequén ajustado a 12°Brix con melaza, fermentado con inóculos con 25/100 y 0/100% de *K.marxianus* Cicy-ki/*S. cerevisiae* Safoeno es viable, y puede ser económicamente redituable en el uso de este subproducto de la industria de la fibra que hasta el momento se desecha sin mayor capitalización.

**Agradecimiento.** A la Fundación Yucatán Produce por el financiamiento otorgado.

### Bibliografía.

- 1.- Tzecz-Gamboa M. 2006. Evaluación de levaduras de mostos de henequén (*Agave fourcroydes*) para la producción de una bebida alcohólica. Tesis de Maestría en Ciencias y Biotecnología de Plantas. CICY, Yucatán, México.
- 2.- Williams M. y Reese D. 1950. Colorimetric determination of ethyl alcohol. *Anal Chem* 22: 1556–1561.
- 3.- SAS Institute. 1985. SAS user's guide: Statistics, Version 5 Ed. Gary, NC.