Planta piloto para la producción de etanol a partir de sorgo dulce (*Sorghum bicolor (L.) Moench*).

María Guadalupe Aguilar-Uscanga[1] y Noé Montes García[2]

Resumen:

El 3 de septiembre del 2015 en el Instituto Tecnológico de Veracruz, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en coordinación con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVER) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) inauguraron la primera planta piloto en México para la producción de bioetanol de Sorgo Dulce. Esta planta fue concebida dentro del marco del proyecto #173411 financiado por SAGARPA-CONACYT titulado "MEJORAMIENTO GENÉTICO DE SORGO DULCE PARA GENERAR VARIEDADES CON ALTO RENDIMIENTO AGRONÓMICO Y ALTO CONTENIDO DE AZÚCARES PARA LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL", bajo la responsabilidad del Dr. Noé Montes García del INIFAP y de la Dra. Ma. Guadalupe Aguilar Uscanga del ITVER.

Abstract:

The first pilot plant for bioethanol production from sweet sorghum in Mexico was inaugurated on 3rd September 2015 in the Veracruz Institute of Technology by the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA), in coordination with the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), the Veracruz Institute of Technology (ITVER) and the National Council of Science and Technology (CONACYT). This plant was conceived within project #173411 financed by SAGARPA-CONACYT entitled "GENETIC IMPROVEMENT OF SWEET SORGHUM TO GENERATE VARIETIES WITH HIGH AGRONOMIC PERFORMANCE AND HIGH SUGAR CONTENT FOR BIOETHANOL PRODUCTION", headed by Prof. Noé Montes-García (INIFAP) and Prof. María Guadalupe Aguilar-Uscanga (ITVER).

Palabras claves: Planta Piloto, bioetanol, sorgo dulce, producción.

1 Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVER), Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica. UNIDA Av. Miguel A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar. C.P. 91860, Veracruz, Ver. México.

2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), Río Bravo y La Posta.

E-mail: gaguilar@itver.edu.mx

Introducción:

El agotamiento de los combustibles fósiles y la creciente demanda energética ha provocado el interés en biocombustibles renovables, lo que implica entre otras acciones la búsqueda de nuevas fuentes alternativas. El etanol es uno de los biocombustibles más estudiados y sugeridos para solucionar esta problemática, debido a: 1) la posibilidad de producirlo a partir de recursos renovables y 2) a su potencial de sostenibilidad. Entre las materias primas utilizadas para la producción de etanol destaca el sorgo dulce: a) porque puede cultivarse en suelos áridos y salinos, y b) no es utilizado para consumo humano.

En México se ha iniciado la producción de sorgo dulce mejorado genéticamente (mejoramiento genético clásico) orientada hacia su conversión en etanol. Aún no se han realizado la totalidad de estudios requeridos para dimensionar el potencial de fermentación de esta variedad de sorgo dulce mexicana, considerando la importancia que tienen factores tales como: materia prima, material biológico, modo de operación y factores ambientales que influyen en el proceso de fermentación.

En el Laboratorio de Bioingeniería del ITVER y con la contribución de un grupo de trabajo multidisciplinario e interinstitucional se han iniciado dichos estudios, para garantizar los parámetros óptimos de producción de etanol a partir de jugo de sorgo dulce. En este laboratorio se encuentran disponibles levaduras autóctonas aisladas a través del trabajo grupal. Con la finalidad de validar los resultados experimentales obtenidos a nivel laboratorio y poder escalarlos a nivel industrial se cuenta con la planta piloto productora de etanol ubicada en el Instituto Tecnológico de Veracruz, inaugurada en septiembre de 2015. El diseño y la construcción de la planta han sido productos de un esfuerzo coordinado de ingenieros y científicos mexicanos.

Además de las características agronómicas ya mencionadas (resistencia a diferentes tipos de suelos, bajo requerimiento de agua) del Sorgo Dulce (Sorghum bicolor (L.) Moench), que lo identifican como una materia prima con un gran potencial para la producción de etanol, éste tiene un alto contenido de azúcares fermentables (> 15 Bx) y la posibilidad de ser cosechado dos o tres veces al año (1).

Guo *et al.*, (2) refieren que, en China, el cultivo de sorgo dulce se adapta a diferentes clases de suelo. Los ingresos de la producción se deben a la venta de las semillas, tallos y espigas. Además fija CO_2 cuando ocurre la fotosíntesis, lo cual es bueno desde la perspectiva de la mitigación del cambio climático. También mencionan que la transformación de los azúcares del jugo a etanol se lleva a cabo en dos etapas: los azúcares contenidos en el jugo de los tallos fermentan a alcohol crudo (60% v/v) y el etanol crudo es

Figura 1. Diagrama de proceso para la producción convencional de etanol de sorgo dulce.

destilado para la obtención de alcohol puro (99.5% v/v). Reportan en su estudio, que por cada tonelada de etanol puro se necesitan 16 toneladas de tallo de sorgo dulce.

Pin *et al.*, (3) reportan que el bioetanol de primera generación producido a partir de sorgo dulce presenta una alta sostenibilidad ambiental, económica y energética porque se atribuye un ahorro de gases de efecto invernadero del 70-71%, la sencillez técnica de la transformación y el aprovechamiento de los subproductos garantiza la viabilidad económica también para plantas descentralizadas a pequeña y mediana escala (máximo 15.000 toneladas/año) y su proporción de energía es 1.7 a 7.3 kWh/kg en base seca.

Proceso de Producción:

El jugo extraído del sorgo dulce puede ser directamente fermentado a etanol usando levaduras seleccionadas. No obstante, la cinética de fermentación, el rendimiento de etanol y la concentración final de etanol son altamente afectadas por diversos factores entre los cuales se pueden citar principalmente: la variedad de sorgo dulce, concentración de azúcares presentes, temperatura, concentración de sólidos en el jugo y el tamaño de inóculo de la levadura entre otros (4).

El proceso convencional de producción de etanol de sorgo dulce se lleva a cabo como se muestra en la Figura 1. El material cosechado se lleva a una zona de recepción donde se presensa para extraer el jugo, éste se recolecta en un tanque sedimentador donde es bombeado al evaporador para obtener un jugo con una concentración de sólidos de 22-24 Bx; el bagazo obtenido de la molienda puede utilizarse en procesos de fermentación para la obtención de etanol de segunda generación o también para utilizarlo en la cogeneración de energía.

Posteriormente el jugo concentrado se fermenta hasta obtener una concentración de etanol de 8 a 12%. Después es bombeado a la etapa de destilación, donde se pasa a través de las diferentes columnas de destilación para obtener un producto más concentrado en etanol (hasta 96.5% v/v); de esta etapa se obtiene como subproducto la vinaza, alcanzando valores de 8-12 l de vinaza por litro de etanol.

Estas vinazas pueden ser utilizadas como fuente de azúcares para producción de etanol de segunda generación, pueden ser realimentadas al tanque de mosto para ser de nuevo destiladas en caso de conservar concentraciones importantes de etanol, pueden ser generadoras de biogas bajo el tratamiento adecuado, pueden utilizarse como fertilizante por su contenido nutritivo, previa caracterización o pueden salir del proceso como residuo, en cuyo caso deberá tener un tratamiento adecuado que considere su potencial impacto ambiental.

Al terminar la rectificación, la concentración de etanol se encuentra usualmente en el azeótropo, lo que implica la necesidad de una etapa de deshidratación para la separación de agua. Uno de los métodos más utilizados para este fin es el empleo de tamices moleculares como la zeolita que retenga el agua y permitan obtener alcohol anhidro a ser utilizado como biocombustible.

La planta piloto de etanol ubicada en el ITVER (Figura 2) es única en su tipo, puede trabajar a partir de jugo obtenido del sorgo dulce, de jugo de caña de azúcar y melazas o mieles intermedias; cuenta con un molino de rodillos de 12" con capacidad de molienda de 1.2 toneladas de tallos por hora, un tanque decantador de jugo de 1,200 L con diferentes tamaños de tamiz, dos fermentadores de semillas de 400 L, y dos de producción de 1,500 L.

Además dispone de un tanque de almacenamiento de mosto (jugo fermentado) de tres mil litros y dos torres de destilación para obtener etanol de 85 y 96.5% (v/v), así como un juego de columnas de deshidratación cargadas de un material adsorbente (mineral capaz de hidratarse y deshidratarse) para producir el etanol anhidro al 99.8 por ciento. Su capacidad de producción de etanol a partir de jugo de sorgo dulce o caña es de 200 l de etanol por día.

Se tienen resultados de validación de pruebas de producción de etanol en jugo de sorgo dulce y en jugo de caña de azúcar.

Conclusiones:

Se pretende que esta planta piloto sirva para que nuevos procesos de producción de etanol o procesos mejorados puedan ser validados a esta escala (1500 L) para asegurar la reproducibilidad de los resultados experimentales en su posterior escalamiento a nivel industrial. Esto conlleva a que se potencialice en términos productivos a todo el sector agropecuario y agroindustrial interesado en la producción y comercialización del etanol como biocombustible o como producto en otras industrias tales como: la química (como solvente y otros usos), perfumería, cosméticos y farmacéutica, la de alimentos y bebidas (producción de bebidas alcohólicas), entre otras. En este proyecto participaron los Profesores Investigadores del ITVER adscritos: Dr. Javier Gómez Rodríguez, M.C. Dulce Ma. Barradas Dermitz, M.I.A. Anilu Miranda Medina, así como los Investigadores del INIFAP: Dr. Sergio Uribe Gómez y M.C. Rosa Elena Rebolledo García. En este esfuerzo han

Molienda.

Fermentación

Destilación

Vista general de la Planta Piloto

Figura 2. Planta Piloto de etanol del ITVER

estado presentes también estudiantes del posgrado de la Maestría en Ingeniería Bioquímica y de Doctorado en Ciencias en Alimentos de la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA-ITVER), así como de las licenciaturas en Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica del ITVER.

Bibliografía:

(1) Mamma, D., Christokopoulous, P., Koullas, D., Kekos, D., Macris, B.J. and Koukios, E. 1995. An alternative approach to bioconversion of sweet sorghum carbohydrates to ethanol. Biomass and Bioenergy, 8 (2): 99-103.

(2) Guo, Y., Hu, S-Y., Li, Y-R., Chen, D-J, Zhu, B and Smith, K.M., 2010. Optimization and analysis of a bioethanol agro-industrial system from sweet sorghum. Renewable Energy, 35: 2902-2909.

(3) Pin, M., Vecchiet, A. and Picco, D., 2011. Diffusion of a sustainable EU model to produce 1st generation ethanol from sweet sorghum in decentralised plants: Administrative Manual.[pdf]. Sweethanol project. Intelligent Energy Europe. Centro di Ecologia Teorica ed Applicata (C.E.T.A.), Italia. Disponible en: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/sweethanol_administrative_manual_en.pdf [Consultado 10 febrero 2017].

(4) Luo, Z. Wang, L. y Shahbazi, A., 2014. Optimization of Ethanol Production from Sweet Sorghum (Sorghum bicolor) Juice Using Response Surface Methodology. Biomass and Bioenerg, 67:53–59.