

OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN DE SORGO

Andrés L. Barletta¹; Yanina I. Sánchez¹; Lucía A. Valazza¹

Tutores: Ing. Romina A. Beltrán²; Tca. Nadia Z. Comba²

¹ Departamento de Química. Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Villa María,
Av. Universidad 450. Villa María. Córdoba. Argentina

² Grupo de Investigación en Simulación para Ingeniería Química-GISIQ-F. R. Villa María de la UTN
Av. Universidad 450, X5900HLR, Villa María, Córdoba, Argentina.

E-mail: andi_barlet@hotmail.com

Resumen

El bioetanol se obtiene a partir de la fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas tales como cereales, caña de azúcar, remolacha, entre otras. En la actualidad las principales fuentes de obtención son la caña de azúcar y el maíz.

En este trabajo se analizó como alternativa la producción de alcohol a partir de dos variedades de sorgo, en los cuales se presentó que el colorado posee mayor cantidad de almidón que el blanco, analizando cuantitativamente el rendimiento en bioetanol mediante un control indirecto tal como la evolución del descenso de peso de las muestras, por eliminación de dióxido de carbono.

Finalmente se concluyó que la utilización de sorgo como alternativa para producción de bioetanol es viable. La diferencia se observó en un mayor rendimiento en el sorgo blanco que en el colorado, atribuyendo este efecto a un agente que frenó la fermentación, posiblemente los taninos.

Palabras claves: Sorgo blanco, Sorgo Colorado, Bioetanol, Fermentación.

1. Introducción

En los últimos años el consumo de bioetanol ha ido aumentando debido, principalmente, a la inclusión en los combustibles, además de los usos cotidianos como ser las industrias farmacéutica y alimenticia. Tomando relevada importancia debido a la ventaja que presenta éste al combinarse con combustibles convencionales provenientes de restos fósiles, ya que estos forman parte de un recurso no renovable. Además, presenta ventajas entre las que se destacan una mejora en la biodegradabilidad de la gasolina, reducción de emisiones tóxicas a la atmósfera, incremento del índice de octano y aumento en el calor de vaporización y combustión.

El bioetanol es un alcohol elaborado de fuentes renovables que se obtiene a partir de la fermentación de azúcares reducidos de algunas plantas, tales como caña de azúcar, soja, sorgo, maíz, remolacha, entre otros.

En la actualidad la materia prima más utilizada es el maíz, analizándose como alternativa en el presente trabajo la producción de etanol a partir de granos de sorgo, el cual es rico en almidón y es uno de los cultivos óptimos para aplicaciones industriales que ha sido subutilizado en la elaboración de productos industriales y de valor agregado (Fernández & Garro, 2004).

Para ello se midió la producción de etanol mediante el descenso de peso de la muestra, causada por la liberación de dióxido de carbono como producto de la fermentación.

1.1. Hidrólisis del almidón

El almidón presente en el sorgo no se encuentra biodisponible para las levaduras, por lo que debe recibir un tratamiento previo a la fermentación, mediante la acción de enzimas específicas. El almidón está formado por la fracción amilosa de cadena recta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos alfa-1,4 y la fracción amilopectina, que además de la cadena recta, presenta ramificaciones con enlaces glucosídicos 1,6.

Las enzimas son utilizadas como catalizadores biológicos para lograr la reacción deseada, en este caso la reducción de los azúcares. Dicho proceso se lleva a cabo por la actividad de diferentes tipos de las mismas, en dos etapas sucesivas. La primera llamada licuefacción, para la cual se utiliza alfa-amilasa, a fin de hidrolizar el almidón a dextrinas. La misma cataliza la hidrólisis de la cadena lineal (amilosa) y la ramificada (amilopectina) del almidón, rompiendo enlaces α 1,4 interiores (endoamilasa) para formar una mezcla de dextrinas; por ello se la conoce como dextrinogénica (mezcla de amilodextrina, eritrodextrina, acrodextrina y maltodextrina) con poca producción de maltosa. Requiere un pH óptimo de acción que se encuentre dentro del rango 5-7 y una temperatura de 68-70 °C (Biblioteca Digital de la Universidad de Chile, 2012). Por su acción, la alfa-amilasa provee de fragmentos menores que pueden ser utilizados por otra enzima, en este caso la glucoamilasa.

La segunda etapa consiste en la sacarificación, con glucoamilasa, transformando las dextrinas obtenidas anteriormente en azúcares fermentables. Ésta es una enzima hidrolítica del grupo de las amilasas, también conocida como amiloglucosidasa; su nombre sistemático es 1,4-alfa-D-glucano glucohidrolasa. Su función es actuar en la reacción de hidrólisis en cadenas de polisacáridos rompiendo los enlaces 1,4-alfa-D-glucosa que se encuentran allí de manera residual después de haber sido hidrolizadas por alfa y beta amilasas. El principal producto final de la acción de la glucoamilasa sobre el almidón es glucosa, lo cual la diferencia de la alfa y beta amilasas. Su actividad es máxima entre pH 4 - 5,5 y temperatura alrededor de 55°C - 65°C.

Como resultado de la actividad enzimática se obtienen los azúcares fermentables.

1.2. Fermentación

La fermentación alcohólica es una bio-reacción en plena ausencia de aire, que permite convertir azúcares en alcohol (C_2H_6O) y dióxido de carbono (CO_2). Las principales responsables de esta transformación son las levaduras.

Las levaduras se han definido como hongos microscópicos, unicelulares, la mayoría se multiplican por gemación y algunas por escisión. Este grupo de microorganismos comprende alrededor de 60 géneros y unas 500 especies. La usada con más frecuencia es la *Saccharomyces cerevisiae*. Por supuesto que existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como la *Zymomonasmobilis*, pero la explotación a nivel industrial es mínima (Vázquez & Dacosta, 2007). El proceso por el cual se lleva a cabo la fermentación consiste en la degradación de glucosa a ácido pirúvico a través de la glucólisis, donde la presencia o no de oxígeno determinará la formación de ácido láctico o etanol respectivamente (Hernández Gil, 2002). A continuación se muestra la reacción global [1] (Vázquez & Dacosta, 2007)



Industrialmente se emplean levaduras de alto rendimiento, que a diferencia de las convencionales proporcionan una mayor producción de alcohol. Por este motivo se utilizó en el presente trabajo la levadura industrial Ethanol Red®.

2. Materiales y métodos

2.1. Reactivos y equipamiento

Para la realización de los ensayos se utilizaron granos de sorgo blanco y colorado provenientes de Marcos Juárez y La Playosa, respectivamente, levadura activa seca Ethanol Red®, enzimas alfa-amilasa Spezyme® Alpha y gluco-amilasa Distillase®SSF, ácido sulfúrico Pro-análisis Cicarelli, agua de red de clorinada, erlenmeyer de 500 ml, tapones de goma con airlocks, balanzas Scout Pro. Ohaus® y Scale Systems. Ecopower, agitador Crismet Modelo: DALV-50, agitador orbital TS 2000A, estufa Reciterm®, molino Arcano, embudo de Buchner, bomba de vacío Arcano,

refractómetro óptico Arcano Modelo: REF 107 y digital Modelo ARB0-95, micropipetas Boeco de 1-10 ml, de 10-100µl y de 100-1000µl, cintas indicadoras de pH Merck, recipiente presurizado.

2.2. Preparación del mosto

Se mezclaron 500 g de sorgo molido con 1400 ml de agua de red de clorinada en un vaso precipitado, luego se agregó 0,033 ml de enzima alfa-amilasa, se agitó 5 minutos y se sometió a cocción en un recipiente levemente presurizado durante 30 minutos, después de lo cual se flasheó durante 2 minutos para luego ser enfriado a 60°C, aproximadamente. A continuación se añadieron los 0,067 ml de enzima alfa-amilasa y se agitó durante 30 minutos. Luego se acidificó a un pH entre 4 y 5, se introdujo 0,31 ml de gluco-amilasa, se agitó durante 5 minutos y por último se agregó 1 g de levadura Ethanol Red, previamente hidratadas en 10 ml de agua. Se pesó cada uno de los erlenmeyers vacíos con su respectivo airlock, el cual contiene un sello de aceite y permite cerrar el recipiente, dejando salida al CO₂ generado en el proceso fermentativo. Se dividió el mosto de manera que cada uno contenga partes aproximadamente iguales del mismo y se registró el peso total. Se incubó durante 96 horas en estufa a una temperatura de 32°C con agitación y cada 24 horas se pesó.

2.3. Medición de grados Brix

Los Grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en el mosto, expresados en porcentajes de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua (Procesamiento y Conservación de Frutas; Universidad Nacional de Colombia, 2005) y fueron determinados utilizando un refractómetro digital y óptico, calibrado.

Luego de la adición de la enzima glucoamilasa y al finalizar el proceso fermentativo, a las 96 h, se realizó la medición de Grados Brix mediante el uso de refractómetro (digital y óptico). Debido a las características de la muestra, debió realizarse filtración al vacío hasta obtener un líquido sin sólidos insolubles, lo cual se determina igualmente por refractometría.

3. Resultados y discusión

Para determinar los azúcares fermentables disponibles en el mosto tanto al inicio de la fermentación como al final se realizó la medición de Grados Brix. En la Tabla 1 se muestran los resultados de estas mediciones. Dichos valores fueron tomados del refractómetro digital ya que posee una mayor exactitud.

La disminución de los Grados Brix se debió a que las levaduras utilizan los azúcares fermentables para llevar a cabo la fermentación alcohólica.

El sorgo colorado con respecto al blanco posee una mayor disponibilidad de azúcares fermentables, esto se nota claramente en los valores iniciales de Grados Brix de los dos tipos de sorgo.

Tabla 1: Medición de Grados Brix al inicio y final de la fermentación.

Tipo de sorgo	Grados Brix Inicial	Grados Brix Final
Sorgo Colorado	20	7,6
Sorgo Blanco	16	5,4

En la figura 1 se grafica el porcentaje de descenso de peso durante la fermentación, de las dos clases de sorgo. Los resultados que se muestran se obtuvieron a partir del porcentaje promedio de descenso de peso de cuatro erlenmeyers del mismo mosto inicial.

En los primeros días de fermentación ocurre un aumento progresivo del descenso de peso. Con el transcurso de los días se observa una disminución de la velocidad debido a que el alcohol,

producto de la fermentación, inhibe el normal funcionamiento de las levaduras, como así también a la menor disponibilidad de azúcares fermentables.



Figura 1: Curvas de descenso de peso promedio versus tiempo, para cada variedad de sorgo.

En el análisis comparativo de ambas variedades de sorgo se observa que la diferencia se debe a una posible presencia de taninos en el sorgo colorado, aunque el color de los mismos no es un factor determinante de la existencia de éstos (Rooney & Dykes, 2004). Afectan a la actividad microbiana, provocando una disminución de la producción de CO_2 y consecuentemente un menor descenso de peso (Martínez, McCallister, Alarcón, Wang, & Barroso, 2005).

4. Conclusiones

Las curvas de porcentaje de descenso de peso versus tiempo, revelan que la velocidad de la fermentación varía con el transcurso del tiempo, siendo mayor durante las primeras horas. Los motivos de esta variación son la disponibilidad de nutrientes y la concentración de alcohol, la cual inhibe el crecimiento de las levaduras.

En lo que se refiere a la comparación de la capacidad productora de etanol de los dos tipos de sorgo, se encuentra que el blanco alcanza un 11% de descenso de peso, mientras que el colorado llega a valores algo mayores del 6%, quedando en evidencia una notable diferencia entre ambos, siendo más conveniente la utilización de sorgo blanco para la obtención de bioetanol.

5. Agradecimientos

A la SCyT de la FRVM de la UTN por el apoyo recibido para el desarrollo del presente trabajo y a la empresa PORTA Hnos S.A. por sus aportes de insumos, equipamientos y disponibilidad de información técnica específica que permitieron la realización de los ensayos experimentales, los cuales fueron llevados a cabo en el contexto del convenio marco de vinculación tecnológica existente.

6. Referencias

- Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. (s.f.). Recuperado en Marzo de 2012, de Aplicación de preparados enzimáticos en las diferentes industrias alimentarias. Sistemas de Servicios de Información y Bibliotecas (SISIB).
- Fernández, C., & Garro, O. A. (2004). Alcohol a partir de sorgo dulce. Sacarificación y fermentación. Universidad Nacional Del Nordeste: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

- Hernández Gil, R. (s.f.). (2002) Respiracion. Libro Botanica On-Line. Mérida, Venezuela, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes.
- Martínez, T. F., McCallister, T., Alarcón, F., Wang, Y., & Barroso, F. (2005). Fermentación ruminal in vitro de harina de trigo tratada con taninos: Efecto sobre la producción de gas, NH₃, digestión de la materia seca y crecimiento bacteriano. SEOC, 225-225.
- Procesamiento y Conservación de Frutas; Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). (2005) Bogotá D.C, Colombia.
- Rooney, R., & Dykes, C. M. (s.f.). (2004) Mitos acerca de los Taninos.
- Vázquez, H., & Dacosta, O. (Mayo 2007). Fermentacion Alcoholic: Una Opcion para la produccion de energia renovable a a partir de desechos agricolas. Ing Investig Tecnol., 249-259.