

OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS FRUTALES DEL CENTRO DE ABASTO DEL CANTÓN BOLÍVAR

Carlos Ricardo Delgado Villafuerte¹, Carlos Andree Villafuerte Vélez¹, Flor María Cardenas Guillen¹, Gary Michael Loor Párraga¹.

¹Carrera de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, campus politécnico El limón Km 1¹/₂, vía El Gramal, Manabí

Contacto: car_delgado@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue obtener etanol a partir de los residuos sólidos frutales, utilizando frutas en estado de madurez, como son: naranjas, mandarinas, piña y sandía. Se calculó el total de kg/masa para dar como resultado un dm³ de etanol, se determinó el efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en el mosto procedente de los destiladores de alcohol etílico ubicado en el km 15 vía Junín- Calceta sitio Agua Fría, se aplicó la levadura en las proporciones de 1.5cm³ /dm³ -2.5 cm³ /dm³ -3.5 cm³ /dm³, con los °Brix de 18-23-25. Durante un tiempo de 40 días de fermentación, con los tratamientos obtenidos se logró determinar que el (T₂) (1.5ml/dm³ 15 y 23°Brix) fue el mejor, de acuerdo a los grados de alcohol obtenido mediante el análisis de varianza de Tukey al 0.5 manejando el programa SPSS, se obtiene como resultado 35.42 grados de alcohol. Realizando luego un análisis económico al mejor tratamiento (T₂) mediante el método costo de producción con una relación de 1 dm³ mosto contenidos en 7.85 Kg de residuos frutales, con un valor de \$ 1.67; siendo factible la producción de etanol con la condicionante que esté ligado a la producción comercial para el fortalecimiento en el campo de los biocombustibles.

Palabras claves: *Saccharomyces cerevisiae*, grados Brix, etanol

ABSTRACT

The objective was to obtain ethanol from solid waste fruit using an effective method. Research was distributed in three phases directed to the fulfillment of each of the specific objectives, achieving optimal results. In the first phase fruit for solid waste study were collected, proceeding to calculate the total mass/kg to yield one liter of ethanol. In the second phase the effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the must obtained from ethyl alcohol distillers located at km 15 via Junín - Agua Fria site was determined, the yeast was applied in the proportions of 1.5 ml/dm³ - 2.5 ml/dm³-3.5ml/dm³, with 18-23-25 ° Brix, during a time of 40 days of fermentation, with the results it was determined that T₂ (1.5ml / dm³ and 23 ° Brix) was the best according to the degrees of alcohol obtained by análisis of variance Tukey driving 0.5 SPSS 35.42 degrees achieved as a result of alcohol, in the third stage economic analysis to better treatment (T₂ determined) by the cost of production method for producing 1 dm³ mash, using 7.85 kg of fruit waste, at a cost of \$ 1.67 still possible and feasible ethanol production provided it is linked to commercial production and conditions to strengthen the field of biofuels.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, degrees Brix, ethanol.

INTRODUCCIÓN

Nuestras ciudades generan cada vez más cantidad de residuos cuya disposición final se realiza en botaderos a cielo abierto o cuerpos de agua constituyendo un problema para la salud pública, además los elevados volúmenes suponen importantes costos de recolección y disposición final. Pese a esto, los residuos orgánicos también son una fuente importante de compuestos que pueden ser utilizados debido a sus propiedades favorable tecnológicamente (Alzate et al., 2011).

Actualmente, el etanol es producido por fermentación alcohólica de los azúcares presentes en materiales renovables. Dicha fermentación está influenciada por factores como la concentración de azúcares del sustrato y el microorganismo fermentador que se emplee. De acuerdo con reportes previos cuando *S. cerevisiae* se encuentra cultivada a altas concentraciones de azúcar (menores a 30 – 40%) se incrementa la producción de etanol (Peña y Arango, 2008).

Existen numerosos determinantes genéticos, ambientales y fisiológicos que afectan a la producción de etanol por parte de las levaduras durante la fermentación alcohólica. *Saccharomyces cerevisiae* parece haberse adaptado a lo largo de su evolución para optimizar su tasa de crecimiento en ambientes ricos en nutrientes fácilmente asimilables como azúcares y aminoácidos. Algunas características de esta levadura que forman parte de su adaptación a este nicho particular son el hecho de que *S. cerevisiae* pueda metabolizar la glucosa y la fructosa tanto por vía respirativa como por vía fermentativa, y de crecer en condiciones aerobias o anaerobias. Todo ello hace que esta especie presente algunas particularidades metabólicas, como el efecto Pasteur y el efecto Crabtree y, fundamentalmente, esta última debe ser tomada en cuenta a la hora de estudiar y tratar de modificar la producción de etanol durante la fermentación (Gonzales et al., 2007).

En el mundo se llevan a cabo gran cantidad de estudios para desarrollar la producción a gran escala de alcohol a partir de biomasa lignocelulósica. Los materiales que más se han investigado son madera y residuos forestales, papel reciclado y residuos de la industria papelera, bagazo de caña, desechos agrícolas (hojas, ramas, hierba, frutas, paja, etc.) así como residuos sólidos urbanos. Se ha estimado un valor de 6 para la relación salida/entrada de energía en el caso de la producción de etanol a partir de biomasa, es decir, la relación entre la energía liberada durante la combustión de alcohol y la energía necesaria para su producción considerando todo el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas y

los insumos requeridos, pasando por su transporte, hasta el proceso de transformación hasta etanol (Sánchez y Cardona, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación que se efectuó en el centro de abasto del Cantón Bolívar para la obtención del biocombustible se aplicó el método cuantitativo deductivo de nivel experimental.

Diseño experimental:

La técnica empleada fue un diseño completamente al azar (DCA). En arreglo factorial AxB, donde el factor A es la dosis de levadura específica y el B grados Brix añadidos al mosto, cada factor se interactúa entre sí ($A_1 \times B_1$; $A_1 \times B_2$; $A_1 \times B_3$; $A_2 \times B_1$; $A_2 \times B_2$; $A_2 \times B_3$). Cada tratamiento se replicó por triplicado.

Métodos:

Los residuos sólidos frutales fueron recolectados del centro de abastos del Cantón Bolívar durante dos semanas luego fue sometida a un proceso de molturación. La *Saccharomyces cerevisiae* se la obtuvo en estado activo, comprobando el efecto de la levadura natural autóctona sobre el mosto de los residuos sólidos frutales, además no debe presentar problemas en la medida en que la materia pueda presentarse en forma líquida, contenga azúcares transformables y no presente sustancias inhibitoras para el funcionamiento de la levadura (Vázquez y Dacosta, 2007). Se preparó el mosto para fermentación añadiendo la dosis de *Saccharomyces cerevisiae* y subiendo los grados °Brix aplicando melaza que es una buena fuente de azúcares para la fermentación Sossa et al., (2009). Utilizando el brixómetro para adquirir los °Brix requeridos. La fermentación se la realizó anaeróbicamente en envases ámbar de capacidad de 1 dm³ con un volumen de mosto de 1 dm³ se añadió la levadura a los 27 tratamientos con cada una de sus repeticiones y se agitó hasta tener una buena distribución de la levadura en toda la solución. Al mosto fermentado se destiló mediante el armado de un equipo de destilación de laboratorio, que constaba de un brazo universal, un balón de destilación, un condensador, una plancha de calentamiento y un termómetro, la destilación

requirió llegar a bullir no máximo a una temperatura de 80°C al mosto, por motivo de que el alcohol ebulle a temperaturas de 80°C y el agua ebulle a los 100°C, aunque son sustancias muy similares tienen características químicas y físicas diferentes Perez et al., (2010). Por esta circunstancia debemos controlar la temperatura para evitar destilar agua que es lo contrario al alcohol. Luego que se destiló cada una de las muestras se efectuó a la medición de los grados de alcohol con el alcoholímetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la materia prima se dedujo el total de kg para determinar cantidad adecuada para producir el volumen adecuado de mosto para los tratamientos, como se muestra en el cuadro 1.

Residuos sólidos frutales (kg)	Mosto (dm ³)
1.57	1
42.6	27

Cuadro 1. Calculo de residuos frutales en la producción de mosto

Fuente: elaboración propia

Se calculó mediante la molturación, en donde se exigió 1.57kg de residuos sólidos de frutas para la obtención de 1 dm³ de mosto que eso es igual a un tratamiento. Se determinó que para un mejor resultado en la obtención del mosto es necesario trabajar solo con la pulpa de la fruta porque si se trabaja con la cascara, el procedimiento de extracción se complica, por lo que se forma una masa espesa y de difícil manejo para trabajar en el experimento. Se utilizó 42.6 kg para los 27 tratamientos, lo cual quedo de sobra 13.8 que estaban conformados de materia orgánica sólida.

Cuadro 2. Grados de alcohol obtenidos en el experimento

# Rep.	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
R ₁	23°	32°	30°	19°	32°	25°	25°	20°	25°
R ₂	24°	37°	32°	20°	29°	28°	28°	20°	30°

R ₃	23°	35°	29°	20°	30°	28°	32°	20°	25°
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fuente. Elaboración propia

Los datos del cuadro 2 pertenecen a grados de alcohol obtenido de un litro de mosto a partir de una masa de 1.57 Kg de residuos. Se observa en el cuadro 2 que los grados de etanol obtenidos de los residuos sólidos frutales, se inició a los cinco días después de haber terminado el experimento, alcanzándose su mejor valor al usar el (T₂) 1.5ml/dm³ de *S. cerevisiae* y 23 Grados Brix con 37°, diferencia del menor grado de etanol del (T₄) 2.5ml/ dm³ de *S. cerevisiae* y 18 Grados Brix con 19°. Estos datos se asemejan con el tratamiento ejecutado por Ruperti y Del valle., (2010) donde ellos mencionan que 1.5ml/L de *S. cerevisiae* y 23 °Brix es el más eficaz para la obtención de etanol, logrando en su estudio 24.33 grados de alcohol, una gran diferencia a los resultados obtenidos en este estudio. Provistas las condiciones de la fruta se pueden lograr efectos de muy diferente concentración de azúcares, lo que se traslada en sistemas de alta, media y baja productividad de alcohol. La alta productividad está constituida que en promedio obtiene 37° de alcohol por cada kilogramo de mosto, siempre y cuando este posea 23 grados Brix. Un hecho relevante que también está referente es que el alto contenido de °Brix en los tratamientos no es garantía de una buena fermentación., Esto es esencia de estudio para tratar de establecer las razones por las cuales a pesar de poseer un adecuado nivel de grados Brix y ambientes óptimas de fermentación tales como pH, temperatura, población de levaduras optimas, de la adición de sustancias nutrientes si estuviera falto de algún constituyente esencial como lo acento Tejeda et a., (2011) en cierto caso se obtienen rendimientos significantes mínimos de alcohol.

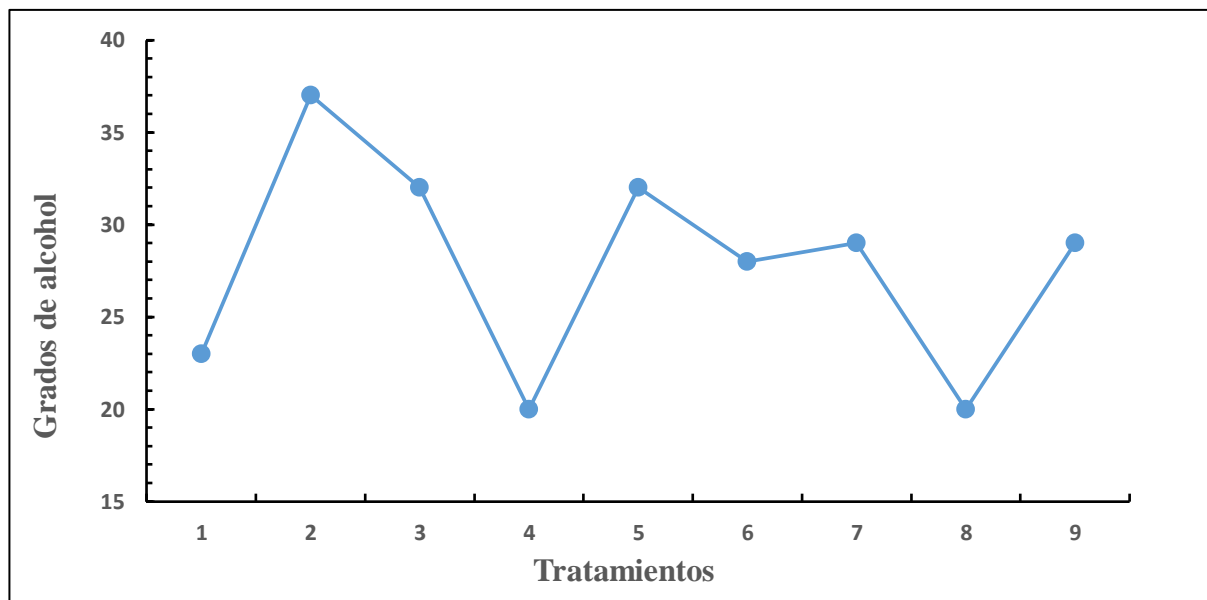


Figura 1. Estudio de Tukey para los datos alcanzados.

Fuente. Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 1 el mayor grado de etanol conseguido de 35.42 correspondió a la dosis de *S. cerevisiae* de 1.5ml/dm³ y 23 °Brix experimentado a partir de la glucosa fermentable de los residuos sólidos frutales, los niveles de etanol logrados pueden explicarse fundamentando la gran diversidad de los residuos frutales utilizados y de la difidencia que tienen los microorganismos en el proceso de fermentación, y la utilización que tiene la *S. cerevisiae* que es más de nivel fabril ya que es la especie de levadura utilizada por excelencia para la obtención de etanol a nivel industrial, debido a que es un organismo de fácil manipulación y de recuperación, no es exigente en cuanto a su cultivo, como lo señala García et al., (2009).

Cuadro 3. Costo de producción de materia prima

Materia prima	Cantidad	Valor unitario dólares	Valor total dólares
Residuos frutales	7.85 kg	0.2	0.10
Maleza	5 dm ³	0.9	0.09
Levadura	8g	0.01	0.08
Total			0.27

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 4. Costo de mano de obra directa

Mano de obra directa	Cantidad	Hora/Trabajo	Valor unitario dólares	Valor total dólares
Obrero	2	2	0.15	0.30
Total				0.30

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 5. Costo de gasto de producción

Consumo de producción	Cantidad	Valor unitario dólares	Valor total dólares
Consumo eléctrico	1.696 Kw/h	0.3	0.60
Consumo de agua	1000 dm ³	0.05	0.10
Cinta de papel	1	0.40	0.40
Total			1.10

Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en los cuadros 3, 4 y 5 establecido el costo de producción para procesar 7.85 Kg de residuos sólidos frutales y obtener 1 dm³ de etanol que es el siguiente, utilizando la siguiente ecuación:

$$CP=MP+MOD+GP$$

$$CP = 0.27 + 0.30 + 1.10$$

$$CP=\$1.67$$

Con base a los costos económicos se estableció a la dosis de 1.5ml/dm³ de *S. cerevisiae* y 23 Grados Brix como la mejor opción en el beneficio de etanol a partir de los residuos sólidos frutales, y por alcanzar un costo por dm³ de 1.67 Dólares. Es con apoyo en este punto de vista que la producción y el uso del etanol promete la perspectiva concreta de una realidad energética más sostenible.

En general, los resultados muestran que es posible y factible la producción de etanol siempre y cuando esto esté ligado a la producción comercial y en condiciones necesarias para fortalecer el campo de los biocombustibles, asumido por Arango y Torres (2008). Es recomendable promover este tipo de esquemas.

CONCLUSIONES

- Se identificaron las frutas de mayor cosecha en el periodo de la investigación tales como naranjas, mandarinas, piña y sandía, la cuales presentaron niveles apropiados de sacarosa 7 °brix en donde se utilizó la melaza para llegar a los °brix deseados, lo cual se manejó 42.6 kg masa de residuos para obtener como resultado los 27 dm³ de mosto de los tratamientos generados para la obtención de etanol.
- De los 27 tratamientos utilizados, el (T₂) con 1,5ml/dm³ *Saccharomyces cerevisiae* y 23 °Brix fue el de mayor porcentaje de etanol, con un valor medio de 35.42 grados de alcohol obtenido.
- Según el costo económico, el T₂ representa la mejor alternativa al mostrar un costo de \$ 1.67, obteniendo 1 dm³ de etanol, y utilizando 7.85 kg de residuos sólidos frutales.

LITERATURA CITADA

- Alzate, L; Jiménez, C; Londoño, J. 2011. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. Revista. P+L [online]. 2011, vol.6, n.1, pp. 108-127.
- Arango, S y Torres, A. 2008. Incidencias económicas del etanol como biocombustible en Colombia sobre los derivados de la caña de azúcar. Revista avances en sistemas e informática, vol. 5, num. 2, Junio, 2008.
- Garcia, R; Bravim, F; Infante, J; Cantoral, J; Bueno, P. 2009. Indicadores fisiológicos de la respuesta al estrés en cepas *Saccharomyces cerevisiae* alcoholeras. Revista ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar vol. XLIII, num. 3, septiembre-diciembre, 2009. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120660007>
- González, R; Barcenilla, J; Tabera, L. 2007. Cepas vínicas de *Saccharomyces cerevisiae* con bajo rendimiento en etanol. ACE: Revista de enología, ISSN-e 1697-4123, N°. 86, 2007

- Peña, C y Arango, R. 2008. Evaluación de la producción de etanol utilizando cepas recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae* a partir de melaza de caña de azúcar. Corporación para investigaciones biológicas- CIB.
- Pérez, O; Rodríguez, J; Zumalacárregui, L; Gozá O. 2010. Evaluación de propiedades termodinámicas de mezclas etanol-agua. Revista. Facultad. Ing. Univ. Antioquia N.º 52. Marzo, 2010
- Ruperti, J y Del valle, R. 2010. Obtención de etanol a partir de los residuos orgánicos para minimizar la contaminación ambiental en el centro de abastos del Cantón Tosagua 2010. Tesis. Ing. Ambiental. ESPAM MFL. Calceta –Manabí. P 27.
- Sanchez, O y Cardona, C. 2005. Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas. Revista Interciencia. Caracas nov. 2005
- Sossa, D; Gonzales, L; Vanegas, M. 2009. Aislamiento e identificación de lactobacillus contaminantes en una planta colombiana de fermentación alcohólica. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 240 vol.12 no.2 Bogotá Jul/Dic. 2009
- Tejeda, L; Quintana, J; Pérez, J; Young, H. 2011. Obtención de etanol a partir de residuos de poda, mediante hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica.
- Vázquez, H y Dacosta, O. 2007. Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. Ing. invest. y tecnol. v.8 n.4 México oct./dic. 2007. Consultado 22 Enero 2014. Disponible en: www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-248