



ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar

ISSN: 0138-6204

revista@icidca.edu.cu

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
Cuba

Saura, Gustavo; García, Roxana; Otero, Miguel A.; Martínez-Valdivieso, Julio A.; Bello, Daniel; Pérez, Indira

Experiencias en la producción de etanol a partir de jugos de caña mezclados. Parte I. Materias Primas.

ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XLIII, núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 42-46
Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
Ciudad de La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120662003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Experiencias en la producción de etanol a partir de jugos de caña mezclados. Parte I. Materias primas

Gustavo Saura, Roxana García, Miguel A. Otero, Julio A. Martínez-Valdivieso,
Daniel Bello, Indira Pérez

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)
e.mail: gustavo.saura@icidca.edu.cu

RESUMEN

*Se estudian las características y composición de los jugos y otros siropes azucarados producidos por la empresa azucarera “Heriberto Duquesne” de Villa Clara, con el objetivo de evaluar sus potencialidades en la producción de etanol. Los componentes principales de estos siropes: azúcares reductores totales (fermentables e infermentables) y sacarosa, entre otros, fueron determinados en lotes procedentes de la industria a lo largo de tres meses de producción. Se evaluó el comportamiento cinético de dos cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la etapa de propagación y posteriormente en la fermentación alcohólica a escala industrial.*

Palabras clave: fermentación alcohólica, mieles de caña, jugos de caña mezclados, levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

*Characteristics and composition of sugarcane juices and other sugar syrups produced by “Heriberto Duquesne” sugar mill from were assessed aiming to know their potentialities in ethanol production. The main components of these syrups, namely: total reducing sugars (fermentable and non-fermentable) and sucrose among others, were determined in industrial batches along a three months campaign. The performance of two yeast strains of *Saccharomyces cerevisiae* were evaluated in their kinetic parameters and further in ethanol fermentation trials at industrial scale.*

Key words: ethanol fermentation, cane molasses, sugarcane mixed juices, *Saccharomyces cerevisiae* yeast,

INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales en la producción de etanol, especialmente carburante, conducen al empleo de sustratos alternativos a las ya tradicionales melazas de caña y remolacha azucarera (1). Entre ellos se encuentran los jugos de menor calidad en el proceso azucarero. El programa cubano de modernización y rehabilitación de la industria alcoholera nacional, presupone el uso del jugo diluido (de los filtros y secundario) de la producción de azúcar de caña, como fuente alternativa de carbono para la producción de alcohol. El empleo de este jugo conduce a una mayor eficiencia en la etapa de clarificación en el proceso azucarero, obteniéndose azúcar de mayor calidad así como un ahorro del consumo de vapor y concomitantemente, cantidades significativas de bagazo sobrante.

Numerosos países en el mundo están produciendo y utilizando etanol en grandes volúmenes o estimulando la expansión de ambos, básicamente por razones medioambientales relacionadas con la utilización de combustibles fósiles y su impacto sobre el cambio climático (2,3).

A partir de estas premisas, la introducción de la fermentación directa de jugos en la escala comercial, se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa "Heriberto Duquesne", con una capacidad de molida en el entorno de 2300 t de caña/día y que cuenta con una destilería anexa de 50 000 L/día de etanol destilado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de las fuentes de carbono

Los esquemas tecnológicos a implementar están basados en el esquema productivo que se muestra en la figura 1. El jugo diluido y la miel B producidos por la unidad, se emplearon como sustrato en la producción de alcohol. El bagazo sobrante generado en el central fue utilizado en la generación de vapor y posterior producción de electricidad para entregar a la red nacional.

Microorganismos utilizados

En los estudios preliminares se evaluaron dos cepas comerciales de

Saccharomyces cerevisiae seca activa, estas fueron previamente descritas en una publicación anterior (4), la Tolerant Dry Yeast, productora de etanol, y Collico de panificación, esta última de procedencia chilena. La primera suministrada por Quimizuk SA, en tanto la segunda fue adquirida en el mercado nacional. Ambas cepas fueron propagadas en un fermentador de 2 L Biotec a una temperatura entre 30 y 32 °C. El pH fue controlado entre 3,5 y 3,8 por medio de la combinación de sales nutrientes (1,68 g/L de fosfato diamónico, 0,76 g/L de urea y 1,59 g/L de sulfato diamónico). El flujo de aire fue mantenido a 1 vvm y la agitación en 450 rpm. Se efectuó igualmente una propagación a escala de 30 L, utilizada para la siembra del primer pre-fermentador de la destilería. En las propagaciones a escala de 2 L se determinó, cada una hora, la materia seca gravimétrica y el conteo celular cada dos horas para estudiar la cinética de crecimiento. En todos los casos, la propagación se efectuó con concentración de azúcares reductores totales (ART) de 30 g/L.

Fermentación alcohólica

La levadura propagada aeróbicamente se utilizó para inocular frascos de 1 L con 300 mL de medio de fermentación compuesto por diferentes variantes de sustrato: jugo de los filtros (JF), jugos diluidos (JD) y miel final, en relación de 75% de los azúcares aportados por los jugos (60% JD y 40% JF) y 25% por la miel final, con la adición de sales nutrientes (fosfato y sulfato de amonio en concentraciones de 0,1 g/L). Los resultados fueron comparados con experimentos en condiciones idénticas a las anteriores pero sin adición de sales. Las muestras se mantuvieron estáticas a temperatura ambiente (30 °C) por 20 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de tecnologías de producción de etanol a partir de jugos de caña, introduce nuevas perspectivas en la diversificación de las empresas azucareras por la flexibilidad tecnológica que presupone y adicionalmente por el impacto en la eficiencia global del proceso (5). La fermentación de jugos de caña es un proceso establecido en las des-

tilerías de Brasil desde hace años como parte de su programa nacional de alcohol. Sin embargo, en nuestro país solamente se han realizado pruebas a escala de laboratorio y en condiciones lejanas a las de una destilería típica. La figura 1 muestra el esquema previsto para la realización de la prueba industrial de fermentación de jugos en la destilería de la empresa azucarera “Heriberto Duquesne”, sita en el municipio de Remedios en la provincia de Villa Clara. El jugo de la desmenuzadora (primer molino) se destina íntegramente a la producción de azúcar, en tanto los jugos de los molinos 2, 3 y 4, mezclados con los jugos de los filtros de cachaza se emplearán en la fermentación alcohólica. Es de destacar, que en todos los casos, la levadura en los pre-fermentadores fue propagada con miel final exclusivamente.

Antes de enfrentar la fermentación alcohólica es preciso estudiar las potencialidades de propagación de las cepas candidatas a su introducción en la fábrica. La etapa de propagación reviste vital importancia pues de ella depende el estado fisiológico del microorganismo y las posibilidades de una fermentación eficiente, en un proceso no aséptico.

La tasa máxima de crecimiento (μ_{max}) de una población microbiana en un medio

de composición dada, caracteriza a esa población desde el punto de vista cinético.

Empleo de jugos y melazas de caña en la producción de alcohol

La principal materia prima para la producción de etanol es la caña de azúcar, ya sea en forma de jugo de caña o como melazas. Es posible obtener cerca de 70 L de etanol/ton de caña, y si se emplean melazas, se obtienen alrededor de 250 L de alcohol (en dependencia de la eficiencia de fermentación) y unos 100 kg de azúcar. En lo concerniente al costo de producción, se ha estimado un rendimiento de 219 L de etanol a partir de 1 ton de melazas con un contenido de azúcares de 46%.

Para definir las condiciones de mantenimiento y propagación de la cepa en el laboratorio, la evaluación industrial de las mismas, así como de los sistemas adecuados de fermentación para nuestras condiciones, se estudiaron diferentes factores que influyen en la eficiencia, entre ellos: balance de nutrientes, utilización de bactericidas para el control de contaminaciones, control de la temperatura, etc. Las fuentes de carbono evaluadas fueron: jugo de los filtros de cachaza (JF), jugos diluidos (JD), melazas y

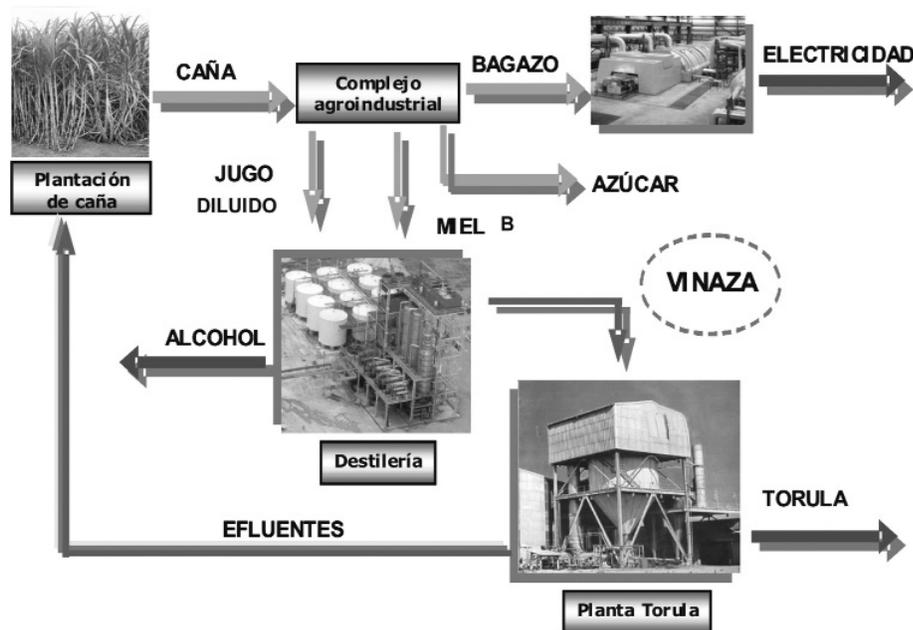


Figura 1. Esquema general de proceso de producción en la EA “Heriberto Duquesne”

miel B (sirope remanente de la cristalización de segunda masa cocida). Todas fueron obtenidas del proceso de fabricación de azúcar de la propia empresa, con excepción de la miel final ya que las fuentes de azúcares suministradas por el ingenio son insuficientes. De esta forma, se tomaron muestras de las melazas tributadas a la empresa en un intervalo de 5 días. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en diferentes grupos de sustancias analizadas, en tanto la tabla 2 refiere las características de los jugos de la empresa.

La tabla 3 muestra la composición de las mieles B de la propia empresa.

La levadura Tolerant Dry Yeast (TDY) es una cepa desarrollada a partir de diferentes aislamientos de cepas utilizadas en la obtención de etanol, responde específicamente a los requerimientos de esta producción, en tanto, la segunda cepa, Collico, es una levadura panadera comercial sin la especificidad de la anterior. Los resultados de las corridas de fermentación con ambas cepas se muestran en la tabla 4.

Las cepas de la especie *S. cerevisiae* utilizadas para la producción de etanol aún en condiciones de intensa aireación (efecto Crabtree), en general presentan tasa de crecimiento máximo bien alejadas de las que

Tabla 1. Composición de las melazas tributadas a la destilería de la EM “Heriberto Duquesne”

	23-02	24-02	25-02	26-02	27-02	28-02	MEDIA
Brix	80,00	80,60	80,14	80,28	86,66	86,0	82,33 ± 2,58
pH	6,1	5,9	5,7	5,8	5,7	5,7	5,82 ± 0,13
Lodos	4,80	6,74	10,34	7,90	7,44	7,00	7,37 ± 1,44
ARL*	15,10	13,16	17,21	17,17	17,12	15,02	15,80 ± 1,32
ART**	61,69	61,76	61,77	61,21	61,36	56,15	60,66 ± 1,78
Sacarosa	44,26	46,18	42,32	41,84	42,03	39,08	42,62 ± 1,92
ARI***	2,9	3,1	3,1	3,1	3,1	2,5	2,96 ± 0,17

* Azúcares reductores libres, ** Azúcares reductores totales, *** Reductores infermentables

Tabla 2. Composición de jugos de la EM “Heriberto Duquesne”

Tipo de jugo	° Brix	Pol	Pureza	Lodos, %
Desmenuzadora	19,66	16,99	86,36	ND
Jugo mezclado molinos 2, 3, 4	14,85	12,71	85,73	9,80
Jugo mezclado filtros	14,72	12,56	85,34	8,72
Jugo de filtros	13,63	11,53	80,95	18,30

Tabla 3. Composición de miel B de la EM “Heriberto Duquesne”

Componente/Propiedad	\bar{x}
Cenizas	6,094
pH	6,263
Fango	0,632
Brix	87,151
Pol	39,478
Pureza	45,319
ARL	9,707
ART	62,918

Tabla 4. Parámetros cinéticos en fermentación alcohólica de las cepas estudiadas en melazas de caña

Microorganismo	Temp, °C	Producción de etanol, L/L-h	Consumo de ART, g/L de etanol	μ_{max} , h ⁻¹ *
TDY	37	0,20	2810	0,055
	40	0,11	3900	0,039
Collico	37	0,17	2950	0,038
	40	0,18	4200	0,035

* en la propagación sobre medio de melazas

muestran otras especies de levadura incluso en medios más pobres en nutrientes como las vinazas de destilación de alcohol (6-8). Por otra parte, es costumbre en la industria llevar a cabo la propagación de la levadura en los prefermentadores bajo concentraciones de azúcares más elevados de los que requiere esta etapa, de manera que se induzcan durante este proceso las enzimas de la ruta fermentativa responsable de esta conversión.

Los valores que aparecen en la tabla 4, son inferiores a lo acostumbrado para esta cepa en condiciones de baja concentración de azúcares como la producción de levadura panadera. No obstante, una rápida propagación de las células en esta etapa es deseable por cuanto permite una utilización más eficiente de las instalaciones.

CONCLUSIONES

La selección de una cepa de levadura adecuada, constituye una de las herramientas más eficientes para el control y optimización de la fermentación alcohólica, al: maximizar el etanol a producir, minimizar los costos de producción y desarrollar las características organolépticas deseadas en el producto en las fermentaciones destinadas a la producción de bebidas alcohólicas.

Los ajustes de los medios de fermentación empleados en todos los experimentos se llevaron a cabo a partir de los datos de composición de los jugos y la miel final, previa evaluación tanto a nivel de laboratorio como industrial del esquema tecnológico empleado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Otero, M.A; Saura, G.; Martínez, J.A.; Chávez-Solera, M. Políticas y marco legal del alcohol carburante en Costa Rica, Memorias IX Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados, La Habana Junio 14-17, 2006.
2. Nastari, P.M. Mercado mundial de etanol-panorámica y perspectivas. Memorias IX Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados, La Habana Junio 14-17, 2006
3. Bello, D.; García, R.; Otero, M.A., Saura, G. Fermentación alcohólica con jugo de caña mezclado en "Heriberto Duquesne". ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, La Habana, 39 (2): p. 29-34, 2005.
4. Saura, G.; Otero, M.A; Martínez, J.A.; Esquema integrado azúcar, alcohol, levadura forrajera a partir de la caña de azúcar ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, La Habana 39(1): p. 35-40, 2005
5. Otero, M.A; Saura, G.; Martínez, J.A. Producción de etanol a partir de diferentes materias primas. Un análisis comparativo ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar, La Habana. 39 (1):p. 18-21, 2005.
6. Martínez, J.A.; Almazán, O.A. Production of fodder yeast from stillage in Cuba: an environmental approach Zuckerindustrie. Alemania. 129 (2): p. 92-95, 2004.
7. Otero, M.A; Saura, G.; Martínez, J.A.; Almazán, O.A. Fodder yeast production: a new approach for distillery vinasses treatment Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., p. 1127-1133, 2007.
8. Otero, M.A; Saura, G.; Martínez, J.A.; Garrido, N., Pérez, I. Producción de levadura forrajera a partir de vinazas de destilería. Una solución ambiental. Intern. Sugar J. (Inglaterra) 110 (1319): p. 693-696, 2008.