



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

Rojas-Sariol, Lixis; Lorenzo-Acosta, Yaniris; Domenech-López, Fidel
Estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH en diferentes medios de fermentación alcohólica
ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 45, núm. 2, mayo-agosto, 2011, pp. 57-62
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=223122259008>

- 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

Estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH, en diferentes medios de fermentación alcohólica

Lixis Rojas-Sariol, Yaniris Lorenzo-Acosta, Fidel Domenech-López

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba
lixis.rojas@icidca.edu.cu

RESUMEN

Se estudia la influencia de diferentes ácidos y nutrientes en el ajuste del pH de medios de fermentación alcohólica a partir de melaza de caña de azúcar. El objetivo es evaluar de manera preliminar la sustitución de compuestos azufrados por otros que no aporten azufre a los medios de fermentación, debido a que el contenido de sulfatos (SO_2) presentes en las vinzas depende en gran medida del azufre que se incorpore a la fermentación alcohólica, mediante la adición de los nutrientes y ácidos que se empleen. Es importante que la vinaza tratada mediante digestión anaerobia presente bajas concentraciones de sulfatos para minimizar en el biogás producido el contenido de H_2S , evitar la corrosión del equipamiento empleado en el uso del biogás y disminuir los costos de desulfuración.

Sin embargo, los resultados muestran que no es recomendable sustituir el ácido sulfúrico y el sulfato de amonio empleados industrialmente en los medios de fermentación alcohólica, ya que para alcanzar el valor de pH deseado se adicionan menores cantidades de ácido cuando se usa ácido sulfúrico en un medio de fermentación compuesto por fosfato de amonio y sulfato de amonio, además económicamente también es aconsejable usar este ácido, porque es más barato con respecto a los ácidos estudiados.

Palabras clave: fermentación alcohólica, ajuste de pH, compuestos azufrados.

ABSTRACT

The influence of different acids and nutrients in the pH adjustment ethanol fermentation broths from sugar cane molasses is studied in this paper. The objective is to evaluate in a preliminary way the substitution of sulphur compounds by others that do not contribute to the increase of this element to fermentation broth, by sulphate content (SO_2) present in vinasses it is important that vinasses contain low concentration of sulphates to guarantee low concentrations of H_2S in the biogas produced by means of anaerobic diges-

tion, to prevent corrosion of the equipment used in biogas and to decrease the desulfurization costs.

Results show that it is not convenient to substitute sulphuric acid and ammonium sulphate industrially used in the broths for ethanol fermentation, since the working pH is obtained with lower amounts of acid when sulphuric acid for this purpose together with ammonium sulphate. On the other hand, sulphuric acid is cheaper than rest of the acids studied.

Key words: ethanol fermentation, pH adjustment, sulphur compound.

INTRODUCCIÓN

La fermentación alcohólica es el resultado del proceso respiratorio anaerobio de las levaduras. A escala industrial se usa por excelencia la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, como microorganismo responsable de la fermentación en el proceso de producción de alcohol. De este proceso se obtiene además vinaza, residual líquido muy agresivo para el medio ambiente, vapores ricos en alcohol y CO₂, los cuales pueden ser recuperados para aumentar eficiencia y reducir costos (1).

Durante la fermentación alcohólica las bacterias contaminantes compiten con las levaduras por el azúcar y los nutrientes; causando un descenso significativo en la producción de etanol, por tanto, cuanto menor sea el pH más protegido se encuentra el medio de fermentación ante posibles ataques bacterianos. Para ajustar el pH de los medios de fermentación se emplea principalmente ácido sulfúrico (2).

Cuando se destila el mosto fermentado de melazas y jugos de caña de azúcar para producir etanol, se obtiene un residuo líquido de color oscuro llamado vinaza. Estas vinazas tienen composiciones distintas y varían de una fábrica a otra (3), dependiendo de:

- El tipo y características del sustrato empleado, (mieles o jugos).
- La calidades de todas las materias primas a utilizar en el proceso
- El tipo de microorganismo utilizado (levadura o bacteria) (4).
- Las condiciones de fermentación.
- La eficiencia del proceso de destilación y su equipamiento.
- La eficiencia de fermentación (5).
- La recuperación eficiente previa de la levadura.

Así las vinazas tienen composiciones diferentes entre las destilerías de alcohol, y en menor grado para una misma destilería en cada etapa del año (3,6).

Las vinazas o mostos de destilerías constituyen el principal residual de la industria alcoholera. Es un residuo que genera efectos secundarios indeseables tales como contaminación de ríos, fuentes de aguas subterráneas y mares cercanos a estas instalaciones, por lo que su tratamiento y disposición constituyen una gran preocupación del sector azucarero. Uno de los tratamientos más factibles es su uso para producir biogás mediante la digestión anaerobia. Este tratamiento permite: reducir en un 75% la carga orgánica contaminante de las vinazas, obtener lodo fertilizante y aguas para ser utilizadas en el fertirriego, dejando de emitir gases de efecto invernadero, mejorando por ende el ambiente y obteniéndose energía renovable (7,8), que se produce mediante un proceso metabólico de descomposición de la materia orgánica sin la presencia del oxígeno del aire, que por su alto valor calórico de 4435 a 5191 kcal/m³ puede ser utilizado con fines energéticos.

En principio el biogás puede ser empleado en cualquier equipo comercial diseñado para utilizar gas natural, sin embargo, en el proceso de producción de biogás tanto el azufre orgánico, presente en algunos aminoácidos como el inorgánico, pueden ser reducidos a H₂S (figura 1); un gas muy tóxico para el hombre y el ambiente y altamente reactivo con los metales hierro y cobre, originando la corrosión del equipamiento empleado. Por esta razón, es necesario la desulfurización del biogás como tratamiento previo a su uso, siendo la desulfurización biológica el tratamiento más barato (9,10).

El contenido de sulfuro de hidrógeno (H₂S) del biogás producido mediante diges-

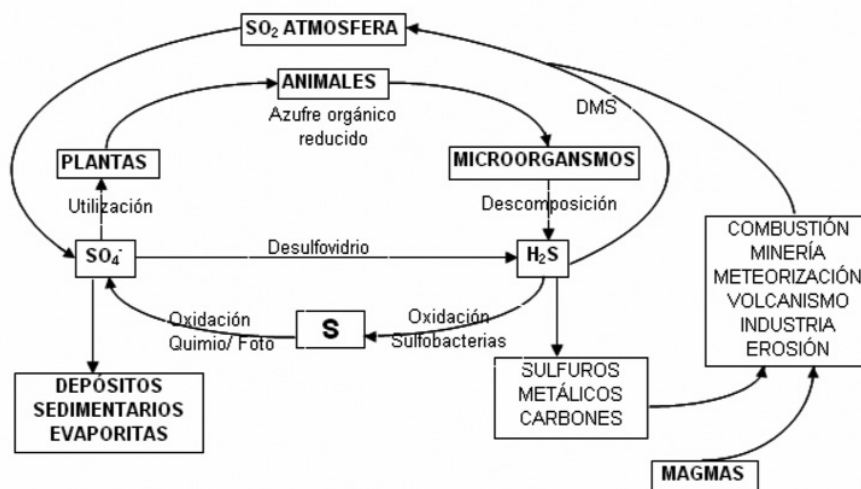


Figura 1. Ciclo del azufre en la naturaleza (11)

tión anaerobia, depende en gran medida del sulfato (SO_4) presente en las vinazas obtenidas en los procesos de producción de etanol y a su vez, los sulfatos de las vinazas dependen, en gran medida, del azufre que se incorpore a la fermentación alcohólica. (12,13).

El azufre se incorpora al medio de fermentación por tres vías fundamentales: ácidos empleados para ajustar el pH del medio de fermentación, miel como fuente de carbono (ver tabla 2) y sales nutrientes.

Si se sustituye alguno de estos compuestos por otros que no aporten azufre es posible disminuir el contenido de sulfatos en la vinaza y producir biogás con bajas concentraciones de sulfuro de hidrógeno.

El objetivo que se persigue en esta investigación es evaluar la influencia de diferentes nutrientes y ácidos en el pH del medio de fermentación, teniendo en cuenta que algunos contienen en su composición azufre y otros no.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se procedió al estudio del ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido fosfórico (H_3PO_4) y ácido nítrico (HNO_3) para ajustar el pH de tres medios diferentes de fermentación. Para realizar el ajuste de pH de los medios, se emplearon todos los ácidos en concentración de 50 % y se utilizó un pH metro digi-

tal HANNA, siguiendo el procedimiento descrito en el manual de Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales (14).

Para determinar la composición de sales en el medio se consideró la composición molecular reportada en la literatura de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, levadura de alta capacidad fermentativa, que es empleada en los procesos industriales de fermentación alcohólica (13).

La composición de los medios estudiados se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de los medios de fermentación

Medios	Sales
I	Fosfato de amonio, sulfato de amonio
II	Fosfato de amonio, urea
III	Fosfato de amonio, nitrato de amonio

Se emplea como fuente de carbono melaza procedente del ingenio azucarero Heriberto Duquesne. La caracterización que se muestra en la Tabla 2 se realizó en el Laboratorio de Agua y Aguas Residuales del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. En el medio de melaza diluida, se ajustaron los reductores totales iniciales a 14,5 %.

Tabla 2. Caracterización de miel B

Análisis	UM	Valor
pH	%	5,25
Materia seca gravimétrica	%	82,339
Cenizas	%	8,39
P ₂ O ₅	%	0,26
Nitrógeno total	%	0,34
Azúcares reductores totales	%	66,83
Azúcares reductores libres	%	19,67
Azúcares reductores inferiores	mg/L	3,25
Lodos	%	4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5103000
Calcio	mg/L	1,10
Nitrógeno total	mg/L	1400
Fósforo digerido	mg/L	24415,88
Sólidos totales	mg/L	423166,67
Sólidos totales fijos	mg/L	40466,67
Sólidos totales volátiles	mg/L	3822700
Sólidos disueltos totales	mg/L	385800
Sólidos disueltos fijos	mg/L	34800
Sólidos disueltos volátiles	mg/L	351000
Sólidos suspendidos totales	mg/L	37366,67
Sólidos suspendidos fijos	mg/L	5666,67
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	31700
Sulfatos	mg/L	8020,85
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	125000

RESULTADOS Y DISCUSION

El pH del vino de 3,1- 4 no es el idóneo para un comportamiento fisiológico óptimo de las levaduras. Cuanto menor sea el pH, más lejos del pH óptimo estarán las células de levaduras para la bioconversión de los azúcares fermentables. No obstante, los valores de pH bajos protegen la batición de la contaminación por bacterias (2). En estudios de fermentación realizados a temperatura de medio 32 ± 2 °C y pH 4,6-4,8 se obtuvo el máximo rendimiento de etanol, a concentraciones bajas de ácido (15, 13)

A partir de los resultados anteriores, el análisis del comportamiento de los diferentes ácidos en cuanto a consumo, es de mayor importancia para el intervalo de pH 4 - 5. Las figuras 2-4 muestran el comportamiento de cada uno de los ácidos empleados en función de cada medio de fermentación.

Los tres medios de fermentación son diferentes con relación a la fuente de nitrógeno empleada. En el medio I se usó sulfato de amonio, medio II urea y medio III nitrato

de amonio; a pesar de esta diferencia el pH de cada medio antes de adicionar ácido para el ajuste del pH deseado fue 6.

En los medios I y II el mayor consumo de ácido, para los diferentes niveles de pH, se alcanza cuando se emplea ácido fosfórico, siguiendo en orden descendente: el ácido nítrico y el ácido sulfúrico. Sin embargo, en el caso del medio III, compuesto por fosfato de amonio y nitrato de amonio, en el intervalo de pH de 4 a 5,5, existe mayor consumo de ácido nítrico (figuras 2-4).

El ácido sulfúrico presenta el mejor comportamiento en cuanto a consumo, para cada medio de fermentación. En el caso del medio I constituido por sulfato de amonio y fosfato de amonio se aprecian los menores valores de consumo de este ácido (figura 5).

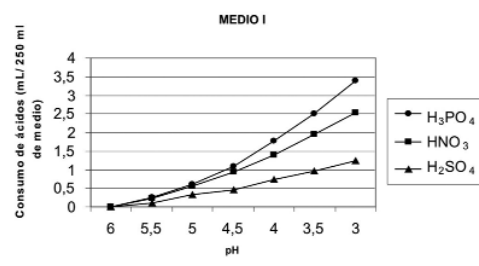


Figura 2. Ajuste de pH del medio I compuesto por fosfato de amonio y sulfato de amonio.

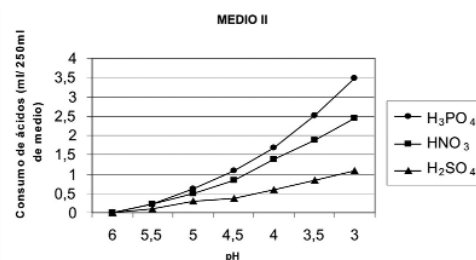


Figura 3. Ajuste de pH del medio II compuesto por fosfato de amonio y urea

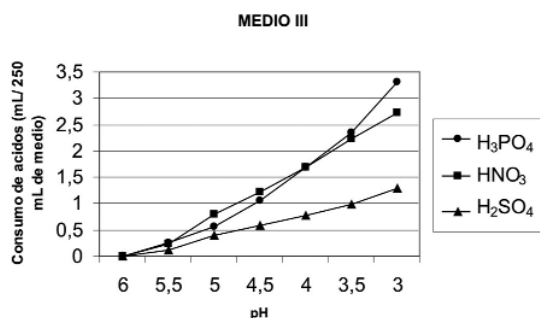


Figura 4. Ajuste de pH del medio III compuesto por fosfato de amonio y nitrato de amonio

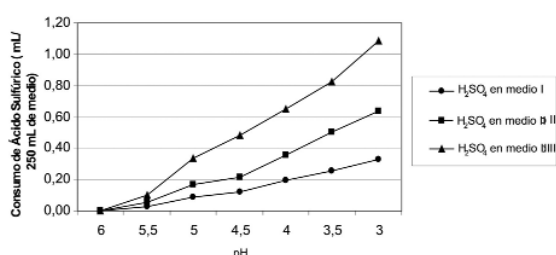


Figura 5. Ajuste de pH empleando ácido sulfúrico en los tres medios de fermentación.

Es recomendable utilizar ácido sulfúrico para ajustar el pH de los tres medios de fermentación estudiados, porque permite emplear menores volúmenes con respecto al ácido nítrico y ácido fosfórico. En el caso del medio de fermentación compuesto por fosfato de amonio y sulfato de amonio, las cantidades de ácido para el ajuste del pH deseado, son menores.

Económicamente también es atractivo el uso de ácido sulfúrico ya que de todos los ácidos estudiados es el más barato (tabla 3).

Tabla 3. Precios de ácidos*

Producto	UM	Precio total
Ácido fosfórico	tm	1307,99
Ácido nítrico	tm	426
Ácido sulfúrico	tm	207

*Precio de importación para el país, 2011

CONCLUSIONES

El empleo de ácido sulfúrico para ajustar el pH de los medios de fermentación alcohólica estudiados permite utilizar menores

volúmenes de este ácido con respecto al ácido nítrico y fosfórico. Por otra parte, el ácido sulfúrico es el más económico de los tres ácidos empleados en el estudio. De todos los medios empleados, el más adecuado para el ajuste de pH en cuanto al consumo de ácido sulfúrico se refiere, es el medio de fermentación compuesto por fosfato de amonio y sulfato de amonio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jiménez, A. Etanol carburante. [en línea]. Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C., México, 13: 95, 2009. <<http://www.smbb.com.mx/revista.php>> (Consulta: 2 febrero 2010).
2. Collado, Q. Levaduras y la fermentación alcohólica (II). 2001. [en línea]. <<http://www.verema.com/articulos/500449-levaduras-y-lafermentacionalcoholica-ii>>. (Consulta: 20 enero 2010).
3. López, L. Alternativa para el tratamiento del residual de la destilería Paraíso. Tesis para optar por el grado de Master en análisis de proceso. UCL, Cuba. 1999.
4. Domenech, F. Tendencias de las investigaciones y el desarrollo en la producción de etanol. En: Memorias del IX Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados. Taller sobre Producción y Usos del Etanol, Diver 2006, La Habana Junio 20-24.
5. Martínez, J.A., Almazán, O.A., Saura, G., Otero, M.A. Production of fodder yeast from stillage in Cuba: an environmental approach. Zuckerindustrie 129 (2): 92-95 2004
6. Del Toro, A. Tratamiento de vinazas por digestión anaerobia tipo down - flow, Tercer taller internacional de producción de alcoholes, Cuba, 2001 [en línea]. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/REPDOM/deltoro.pdf>>. (Consulta: 20 enero 2010).
7. Hernández, C. Segundo FORUM Nacional de Energía: Biogás. [en línea]. La Habana. Pag. 132. 1990. <<http://www.monografias.com/trabajos15/utilizacion-biogas/utilizacion-biogas.shtml>>. (Consulta: 20 enero 2010).
8. Bermúdez, R.; Hernández, J.; Rodríguez

- S. Evaluación de la disminución de la carga contaminante de la vinaza de destilería por tratamiento anaerobio. [en línea]. Revista Internacional de contaminación Ambiental, México, año/vol. 16, número 003, pp. 103- 107, 2000. <<http://redalyc.uaemex.mx>>
9. Weiland, P. Biogas production: current state and perspectivas. Revista Appl Microbiol Biotechnol. ; 85: pp.849-860 2010. DOI 10.1007/s00253-009-2246-7.
 10. Bostid Report. Methane Generation from Huma, Animal, and Agricultural Wastes. [en línea]. National Academy of Sciences. Washington. 1977. <<http://www.amazon.com/Methane-Generation-Animal-Agricultural-Wastes/dp/0894990209>> (Consulta: 2 febrero 2010).
 11. Speece, R.E. Anaerobic Biotechnology and odor/corrosion control. ISBN 1-57843-052-9. Ed. Archae Press. p 141-150. 2008.
 12. Terreros, J. Biodegradación Anaerobia en dos etapas de alquilbencen sulfonato de sodio en un reactor UASB. [en línea]. Tesis para obtener el grado de Maestro en biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. Izatapalapa. D. F. México. Septiembre 2003. <<http://148.206.53.231/UAMI10988.pdf>> (Consulta: 2 febrero 2010).
 13. Russell, I. Understanding yeast Fundamentals. Section 4: Yeast and management of fermentation. The Alcohol Textbook. 4th edition. In: Nottingham University Press. 2003. 97-99, 113.
 14. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters. 20th edition. In: American Public Health Association (APHA). 4500-H+ pH VALUE*(1). 4500-H+ B electrometric Method. 2000.
 15. Mukhtar K. Comparative Study on Two Commercial Strains of *Saccharomyces cerevisiae* for optimum Ethanol Production on Industrial Scale; Journal of Biomedicine and Biotechnology; 5 2010.

