

**UREA COMERCIAL COMO FUENTE DE NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE
PROTEÍNA UNICELULAR DE VINAZAS DE DESTILERÍAS.
UREA AS NITROGEN SOURCE FOR THE SINGLE CELL PROTEIN PRODUCTION
FROM DISTILLERIES'VINASSES.**

Autores:

**Indira Pérez Bermúdez, Nérida Moré Naranjo, Mauricio Ribas, My-lai Ibañez, Roxana García,
Gustavo Saura, Oscar Almazán**

RESUMEN

Una de las principales limitaciones al desarrollo pecuario en el trópico insular es la carencia de fuentes proteicas suficientes y sostenibles, además un costoso error ha sido los infructuosos esfuerzos para introducir en los trópicos cultivos ricos en proteínas de zonas templadas. La producción biológica de proteína de calidad resulta una respuesta viable a estos retos, constituyendo además una tecnología eco-amigable. Uno de los principales requerimientos de esta tecnología es disponer de fuentes de nitrógeno de bajo costo, compatible con los requerimientos de la biosíntesis proteica.

Este trabajo presenta los resultados del desarrollo de una tecnología, para el empleo de urea de calidad industrial, como fuente de nitrógeno de bajo costo, para la producción de proteína unicelular, utilizando como sustrato vinazas de destilería de etanol, lo que resulta, además, una opción tecnológica capaz de reducir drásticamente el problema del negativo impacto de los agresivos residuos de la producción de bioetanol, convirtiendo así las vinazas residuales de amenaza ecológica en providencial fuente de carbono.

El trabajo ofrece los perfiles del crecimiento celular, los parámetros cinéticos, el comportamiento del pH, y los consumos de sustrato, de ácido sulfúrico y nutriente, junto a una evaluación del desempeño económico de la tecnología desarrollada. Los resultados muestran una respuesta francamente positiva, en lo económico y en lo tecnológico, al empleo de la urea grado industrial como fuente de Nitrógeno, expresada en que se alcanza una alta velocidad específica de crecimiento ($\mu_{mx} = 0.211 \text{ h}^{-1}$) similar a la referencia y que, si bien el consumo de ácido sulfúrico para el control del pH en el proceso, se incrementa 1.5 veces, con respecto al control que emplea sulfato de amonio, se logra una disminución del 49,9% en el costo de las materias primas.

Palabras claves: proteína unicelular, biosíntesis, vinazas, medio ambiente, costo de producción

ABSTRACT.

One of the main limitations to achieve a true livestock development in the insular tropics is the lack of sufficient and sustainable protein sources and a costly mistake had been the unsuccessful efforts to introduce in the tropic protein rich crops characteristics of moderate climates. The biological protein production is a viable answer to this challenge, been also an eco-friendly technology. One of the requirements of this technology is to

guarantee low cost sources of nitrogen consistent with the demands of the protein biosynthesis.

This paper presents the results of the development of a technology to use of industrial quality urea as a low cost nitrogen source for the production of single cell protein using as substrate residual vinasses from ethanol distilleries, that becomes a technological option able to dramatically reduces the problem of the negative impact of the residues of the bioethanol production, transforming the residual vinasses from an ecological threat to a providential source of carbon. In this work the cell growth profiles, the kinetic parameters, the pH behavior and the sulfuric acid, the substrate and nutrients consumption, as well as an assessment of the economic impact of the developed technology are presented. The results showed clear end indisputable favorable results, that confirm that the urea as a Nitrogen source, allows to attain a high specific growth rate (μ_{max} 0,211 h⁻¹) similar to the one of the control, also even when the sulfuric acid demanded consumption levels are 1.5 times higher than when ammonium sulfate is employed, the use of urea gives a decrease 49,9 % in the cost of raw materials.

Keywords: single cell protein, biosynthesis, vinasses, environment, production cost

INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitaciones al desarrollo pecuario en el trópico insular es la carencia de fuentes proteicas suficientes y sostenibles, La producción biológica de proteína de calidad resulta una respuesta viable a estos retos, constituyendo además una tecnología eco-amigable, sin comprometer la producción de cultivos alimenticios y que permite sustraerse de las fluctuaciones del clima y los precios del mercado de las proteínas vegetales [1].

En Cuba, en 1965, comienza a producir la primera planta de levadura torula para la alimentación animal y a partir de 1974 se inicia un proceso inversionista para la construcción y puesta en marcha de 10 plantas de levadura forrajera, con asesoría técnica del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) [2].

En la década de los 90', a partir de la tecnología desarrollada en los años 60', el ICIDCA perfeccionó la tecnología existente que emplea, como fuente de carbono y energía, las vinazas residuales de destilerías, el residuo agresivo de la fermentación alcohólica de las mieles finales de caña. Las vinazas constituyen el principal y agresivo residual de la producción industrial del bioetanol, lo que significa que el empleo de este residual en la producción de levadura forrajera implica por un lado, la obtención de proteína de alta calidad para la alimentación animal y por otro la reducción entre el 40 y el 50 % la carga contaminante de este residual actuando así como un sistema de purificación y tratamiento de residuales [3].

Desde 1999 operan en Cuba tres instalaciones industriales bajo este esquema [4] [5] resultando en la revalorización de este residual, con un innegable impacto económico, social y ambiental [6]. Actualmente, las limitaciones financieras, unida a la obsolescencia

del equipamiento y al bajo nivel de automatización, etc, han afectado la viabilidad económica de esta alternativa tecnológica. [7]

El empleo de vinazas representa una significativa reducción de los costos de producción de la levadura forrajera, pero al analizar la distribución de los componentes del costo puede apreciarse que el mayor peso se localiza en el elevado consumo de energía y los altos precios de las sales nutrientes empleadas en la biosíntesis proteica (sulfato de amonio y fosfato de amonio) [8], de aquí que resulte vital estudiar tanto la reducción de las demandas energéticas, así como las alternativas de utilización de otras fuentes de nitrógeno de bajo costo.

En el presente trabajo abordaremos, las opciones más económicas de fuentes de nitrógeno y el estudio de esquemas de menor demanda energética se remiten a un estudio posterior.

Tomando como referencia el estudio realizado por García y otros [9], donde se analiza la influencia de la sustitución del sulfato de amonio por la urea en la propagación de la *Candida utilis*, en vinazas suplementadas con meladura, se decidió analizar su efecto cuando se emplea como sustrato solamente vinazas de destilerías, a escala de laboratorio y en Microplanta y evaluar desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

La experiencia práctica (en 10 instalaciones fabriles) es que en estas tecnologías se alcanza un muy elevado nivel de reproducibilidad de los resultados de esa escala a la comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la formulación del inóculo, se emplearon como fuentes de carbono y energía, las mieles finales procedente de la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Melanio Hernández” de la provincia Sancti Spíritus y para el medio de crecimiento, a nivel de laboratorio y microplanta, se utilizaron las vinazas residuales de la producción de bioetanol a partir de mieles finales de caña, procedentes de la Unidad Empresarial de Base de Derivados (UEBD) Destilería “Jesús Rabí” de la provincia Matanzas. Todas colectadas durante el período de zafra correspondiente al año 2014 – 2015 y conservadas a 4 °C en una cámara fría, hasta el momento de su utilización. Estas materias primas fueron caracterizadas en cuanto a sus más relevantes parámetros físico-químicos como DQO, °Brix, Azúcares Reductores Totales (ART), pH, conductividad, etc.

Como fuente de nitrógeno se emplearon sulfato de amonio y urea, ambas grado fertilizante y el fosfato de amonio, grado reactivo, para el aporte de fósforo. Las sales nutrientes empleadas en la biosíntesis se colectaron en la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Melanio Hernández”. Las fuentes fueron combinadas para asegurar en el medio un requerimiento de 3,5% de fósforo (P_2O_5) y 8% de nitrógeno en biomasa; sus características fundamentales se muestran en la tabla I.

Tabla I. Características de las sales nutrientes empleadas

Sal	Nitrógeno	Fósforo (P ₂ O ₅)	Humedad	Grado
Sulfato de amonio	19 % (mín.)	-	10 % (máx.)	Fertilizante
Urea	46 % (mín.)	-	5 - 6 % (máx.)	Fertilizante
Fosfato diamónico	19 % (mín.)	49% (mín.)	10% (máx.)	Reactivo

Para el trabajo en el laboratorio se aplicó un diseño experimental de mezclas aumentado con una réplica en tres puntos experimentales utilizando la herramienta Design Expert versión 6.0.1. Cada condición experimental se realizó por triplicado con una réplica genuina de la matriz experimental donde se variaron los porcentos de inclusión de la urea en la formulación del medio en 25, 50, 75 y 100%.

Los inóculos se desarrollaron en zaranda termostataada GFL® 3033 con agitación rotatoria a 180 rpm a 32 °C, hasta alcanzar la fase de crecimiento exponencial (16 horas), determinándose la materia seca gravimétrica, pH y la demanda química de oxígeno (DQO) como expresión de la síntesis de masa biológica y la remoción de DQO.

En microplanta se utilizaron fermentadores Marubishi MD300 de 5 L de capacidad total (Figura 1), con control de temperatura y de pH, provistos de agitación regulada y sistemas de aeración de alta eficacia, las condiciones de crecimiento se fijaron a 34 °C, pH 4,5 ± 0,5, y una razón de aeración de 1,2 vvm y agitación 650 rpm [10], la formación de espuma se controló con la adición de antiespumante FKW 2000 (aceite de silicona) y el pH con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 2N y ácido sulfúrico (H₂SO₄) 2 N.

Se trabajó con un volumen efectivo de 2,5 L del medio de crecimiento vinaza – sales, probando la alternativa: urea 100% (mejor variante obtenida a escala de laboratorio) junto a la alternativa patrón sulfato 100%, todas inoculadas bajo las mismas condiciones de propagación descritas, respetando siempre una relación de inoculación del 10 % (v/v) para una concentración inicial de 355 x10⁶ células ml⁻¹.

El proceso se diseñó con el desarrollo de un cultivo discontinuo hasta alcanzar una concentración celular de 10 g.L⁻¹, determinada como Materia Seca Volumétrica (MSV) [11], la síntesis celular se siguió cada 2 horas, alcanzados los 10 g.L⁻¹ comenzó el cultivo continuo con flujo de alimentación del medio de 625 ml.h⁻¹ por 24 horas, determinándose MSV cada 4 h y la DQO (a la hora 0, final del batch inicial, a la hora 12 del continuo y final del cultivo continuo), cuantificándose el consumo de ácido para el control del pH.

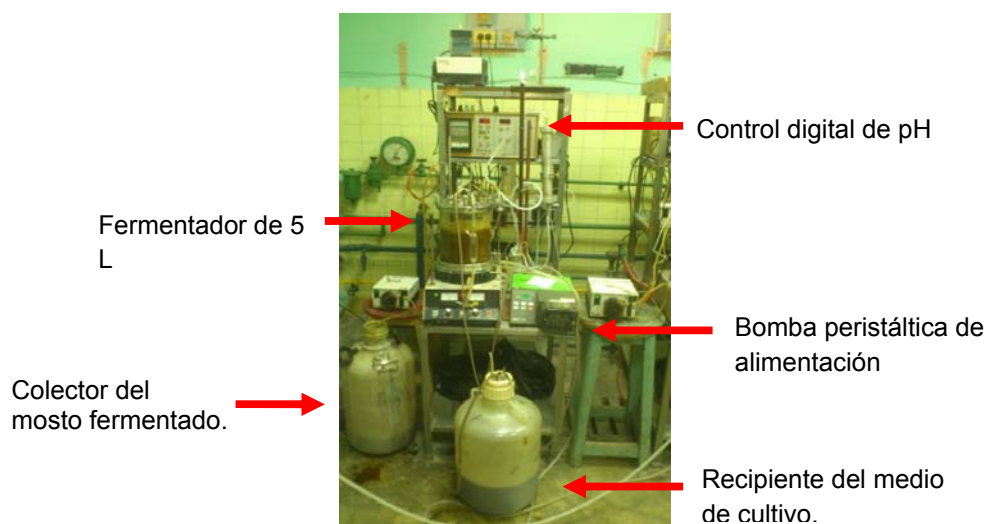


Figura 1. Vista del sistema de fermentación utilizado en micro planta

A partir de los valores de las determinaciones analíticas realizadas (DQO y MSV) se calcularon los indicadores técnicos del proceso de producción:

Ganancia neta de biomasa (GB) $GB = (MSG_{(final)} - MSG_{(inicial)})$ Ec. 1

Porcentaje de remoción de DQO $\% \text{ de remoción DQO} = \left(\frac{DQO_{(inicial)} - DQO_{(final)}}{DQO_{(inicial)}} \right) \times 100$ Ec. 2

La velocidad específica de crecimiento máxima ($\mu_{m\acute{a}x}$) se calculó empleando una regresión lineal del $\ln(MSV)$ con respecto al tiempo entre las horas 2 y 10 discontinua.

Premisas para el análisis económico preliminar

- Para el análisis la moneda fue la Moneda Total (MT) que incluye el valor en Moneda Nacional y en Divisas.
- Solo se tuvo en cuenta los costos correspondientes al componente materias primas y los índices de consumo se sustentan a partir de la ficha de costo previamente establecida por el Grupo Empresarial Azúcar de Cuba (AZCUBA)
- Se tomaron los precios de las materias primas reportados en el mercado internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La *Candida utilis* posee una gran versatilidad en cuanto al consumo de compuestos portadores de nitrógeno, ya sea en forma inorgánica como ión amonio (NH_4^+) o como ión nitrato (NO_3^{3-}). Esta levadura posee también actividad ureasa, lo que amplía el espectro de fuentes nitrogenadas bajo precio y alta disponibilidad..

El ión amonio es la fuente preferencial de nitrógeno para el cultivo de levaduras, en forma de sales de sulfato y fosfato [12].

La Tabla II muestra los valores medios obtenidos de ganancia neta de biomasa, el pH final y el por ciento de remoción de DQO, para cada una de las corridas experimentales realizadas.

Los resultados confirmaron la capacidad de asimilación de urea por esta levadura, con ganancias netas en biomasa similares a las obtenidas con la suplementación nitrogenada con sulfato de amonio y similares al teórico de biomasa esperado.

Tabla II. Principales indicadores de crecimiento evaluados para *Candida utilis* en medio vinaza-sales en condiciones de laboratorio.

Réplica	Aporte de N en balance		Indicadores evaluados		
	Sulfato de amonio (%)	Urea (%)	pH final	GB (g L ⁻¹)	% Remoción DQO
1	0	1	5,95	7,93	43,11
	0,25	0,75	5,50	7,74	39,07
	0,75	0,25	4,72	7,68	32,87
	0	1	6,18	7,76	33,88
	1	0	4,74	7,91	37,28
	1	0	4,65	7,89	34,25
	0,5	0,5	5,41	7,61	34,95
	0,5	0,5	5,23	7,63	35,43
2	0	1	5,86	7,89	39,47
	0,25	0,75	5,49	7,47	38,51
	0,75	0,25	4,86	7,52	36,19
	0	1	6,00	7,99	41,41
	1	0	4,74	7,91	36,92
	1	0	4,59	7,93	39,22
	0,5	0,5	5,20	7,20	34,48
	0,5	0,5	5,23	7,29	34,95

Para algunas especies de levadura, desarrolladas en vinazas se emplea un estimulador de crecimiento (QZ-350), en nuestro caso en concentraciones de 0,03 g.L⁻¹, manteniendo así las mismas condiciones de la industria.

El transporte de la urea, en el metabolismo celular, ocurre cuando es desdoblada a dos moléculas de amoníaco y una molécula de anhídrido carbónico por la enzima ureasa,

La Figura 2 se muestra los valores promedios de pH al inicio y al final de cada variante experimental,

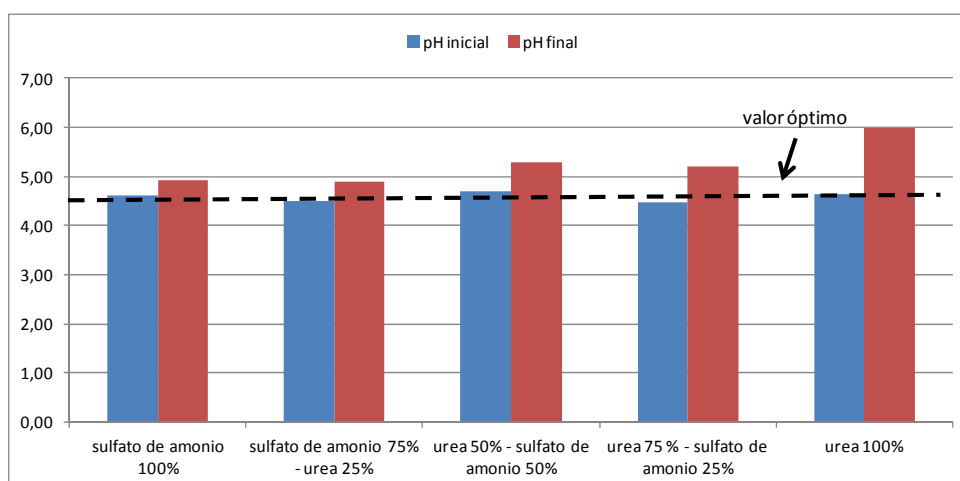


Figura 2. Valores de pH obtenidos en condiciones de zaranda

Esta tendencia al incremento del pH precisa de un control riguroso, ya que la variante suplementada con urea al 100 % muestra un marcado incremento, hasta valores finales cercanos a 6, sin embargo, el cultivo solo con sulfato y fosfato de amonio como fuentes de N y P_2O_5 se mantuvo tamponado en valores cercanos al inicial, resultados similares a los obtenidos por (García y otros [9]).

Se encontró que el grado de remoción de DQO fue superior cuando se suplementa el medio con 100 % de urea y los valores se mantienen en los rangos informados para esta tecnología.

En la Tabla III se muestran los valores promedios de los parámetros para la etapa de Microplanta (urea 100 %) manteniendo como control la alternativa de 100 % sulfato de amonio, que es la actual variante tecnológica industrial.

Tabla III. Principales parámetros cinéticos y consumo de H_2SO_4 evaluados en microplanta de medio vinaza - sales suplementado con urea o sulfato de amonio.

Parámetro	100 % sulfato	100% urea
Ganancia neta de biomasa ($g.L^{-1}$)	10,44	9,89
Velocidad específica de crecimiento máxima $\mu_{m\acute{a}x}$ (h^{-1})	0,217	0,211
% de remoción DQO	42,742	35,498
Consumo de H_2SO_4 (ml)	15	21

La velocidad específica de crecimiento máxima ($\mu_{m\acute{a}x}$) alcanzó valores de 0,211 y $0,217 h^{-1}$ para los medios con urea y sulfato de amonio respectivamente, lo que confirma la factibilidad industrial del empleo de la urea, con la garantía de los valores alcanzables de Productividad.

La Figura 3 muestra el perfil de la cinética de crecimiento para las variantes estudiadas, donde puede apreciarse la similitud del comportamiento obtenido para ambas, lo que corrobora que puede emplearse urea como fuente de nitrógeno sustituyendo totalmente el sulfato de amonio.

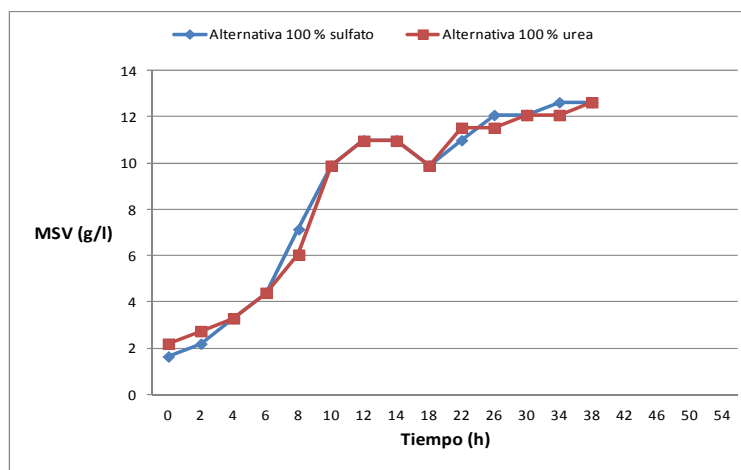


Figura 3. Curvas de crecimiento para las alternativas estudiadas en microplanta.

La morfología de las colonias obtenidas confirman la estabilidad fisiológica del cultivo puro de la cepa de *Candida utilis* inoculada. Los valores obtenidos para cada variante fueron de 512×10^7 células ml^{-1} y 436×10^7 células ml^{-1} para los fermentadores 1 y 2 respectivamente.

La Tabla III muestra un mayor consumo total de solución de ácido sulfúrico 2 N para el esquema de suplementación con un 100 % de urea (21 ml) comparado con la referencia empleada de suplementación con sulfato de amonio (15 ml). Estos valores suponen un índice de consumo de 220 kg de ácido sulfúrico concentrado por tonelada de levadura para el caso de la urea contra 150 kg del ácido para fermentaciones con sulfato de amonio.

Análisis económico preliminar de la variante propuesta

En el análisis económico no se tomó en consideración la incidencia adicional en la disminución del costo de producción asociada a los menores niveles de manipulación y trasiego relacionados con el uso de la urea, dado su mayor contenido de nitrógeno. Solamente se modificaron los índices de urea, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio para la variante 100 % de urea.

En la Tabla IV se muestra el desglose del costo de las materias primas y materiales auxiliares para ambas variantes. A partir de la ficha de costo de producción de levadura torula de vinaza establecida para la tecnología convencional (100 % de sulfato de amonio), se comprobó que a pesar de existir un aumento en 1,5 veces del consumo de ácido sulfúrico al suplementar únicamente urea (Tabla III), el costo total de las materias

primas, empleando urea, es 49,9% menor que para la variante tradicional con sulfato. Como puede observarse en la Figura 5 el sulfato de amonio representa un 48 % del costo de las materias primas y sin embargo cuando se sustituye por urea, esta constituye solo un 23 %.

. Desglose de gastos materiales para 1 t de levadura para ambas alternativas estudiadas

Insumos	Unidad de medida	Sulfato 100%		Urea 100%	
		Índice de consumo	Costo* (MT/ton)	Índice de consumo	Costo* (MT/ton)
Miel final	t	0,5	33,5	0,5	33,5
Vinazas	t	70	1,26	70	1,26
Sulfato de amonio	t	0,38	328,3	-	-
Urea	t	-	-	0,169	103,23
Fosfato de amonio	t	0,083	198,32	0,083	198,32
Antiespumante	t	0,015	38,57	0,015	38,57
Ácido sulfúrico	t	0,150	31,13	0,22	45,65
Ácido nítrico *	t	0,005	2,13	0,005	2,13
Hidróxido de sodio	t	0,069	22,46	0,019	6,09
Sacos de papel	MU	0,042	10,92	0,042	10,92
Nutriente QZ-350	t	0,003	12,48	0,004	12,48
Biofloruro	t	0,002	5,93	0,002	5,93
Costo unitario materias primas		684,99		458,19	

* Índice de consumo x precio (AZCUBA, 2014)

Los resultados a nivel de microplanta permitieron ratificar el índice de consumo de 0,38 ton de sulfato de amonio por tonelada de levadura torula, para el caso de la variante establecida industrialmente en Cuba (sulfato de amonio), así como un nuevo índice de consumo de 0,169 ton de urea/ ton levadura, 0,22 ton de ácido sulfúrico/ton levadura y 0,018 t de hidróxido de sodio/ton levadura para la variante que se propone.

Para los precios fijados (207,12 MT/ton de ácido sulfúrico, 610,87 MT/ton de urea y 863,94 MT/ton de sulfato de amonio), el ahorro por sustitución de la materia prima aportadora de nitrógeno es de 226,81 MT/ ton de levadura. Si consideramos - como ejemplo - la producción de una planta de 15 t/d de levadura seca con 45% de proteína verdadera, operando 240 días/año, el ahorro anual sería de 816 300 MT.

CONCLUSIONES

- La *Candida utilis* responde favorablemente, desde el punto de vista fisiológico, a la presencia de urea en un medio de cultivo de vinazas de destilerías, con valores de síntesis de biomasa de 7,89 g L⁻¹, con niveles de remoción de DQO de 41,43 %.

- En microplanta el uso de la urea permite alcanzar una velocidad específica de crecimiento ($\mu_{m\acute{a}x}$) de 0,211 h⁻¹ similar a la alcanzada cuando se emplea un medio a partir de sulfato de amonio (0,217 h⁻¹).
- Los niveles de consumo de H₂SO₄ obtenidos indican que con el uso de la urea, los volúmenes demandados son 1,5 veces mayores a los requeridos cuando se emplea el sulfato de amonio.
- Sin embargo, se confirma que para las condiciones cubanas de precios de importación de materias primas (sulfato de amonio, urea, hidróxido de sodio y ácido sulfúrico) el empleo de urea asegura una disminución 49.9% en el costo de materias primas.

REFERENCIAS

1. Otero MA; Almazán O. Las levaduras como base de una industria. Diferentes aplicaciones. Editorial Académica Española. 2012: 113p.
2. ICIDCA. Compendio de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3^{era} Edición. Instituto de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). La Habana. 2000: 485 p.
3. Saura, G., Otero, M.A., Martínez, J.A., Fundora, N., Reyes, E., Vasallo, M.C., Almazán, O. Propagation of yeast biomass from distillery wastes. Process and product evaluation. International Sugar Journal 105, 2003: 36-39.
4. Saura, G. Análisis operacional del complejo destilería – planta de levadura en el CAI Antonio Guiteras. Parte II. ICIDCA No.2, 2002: 7-10.
5. Otero, M.A. Fodder yeast production: a new approach for distillery vinasses treatment. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 26, 2007: 1127-1133.
6. Saura, G., Miguel, O.A., Martínez, J., Garrido, N., Pérez, I. Memorias de Diversificación. In: ICIDCA. (Ed.), Producción de levadura forrajera a partir de vinazas de destilerías, una solución ambiental. ICIDCA., La Habana, 2008.
7. Pérez, I., Ribas, M., García, R., Ibañez, M., Moré, N., Saura, G., Martínez, JA. Informe preliminar de la optimización del proceso fermentativo usando vinazas de destilería sustitución del sulfato de amonio por urea en la propagación de Candida utilis. Informe de proyecto,. ICIDCA. La Habana, 2014.
8. Obaya, C. Desarrollo de una tecnología de tratamiento de las aguas residuales de las destilerías de alcohol., ICIDCA., La Habana, 2004.
9. García, R., Izquierdo, Y; Ribas, M; Tortoló, K; Ibañez, M; León, O, Saura, M; Saura, G. Effects of urea supplementatation on Candida utilis biomass production from destillery waste. Waste and biomass valorization. 5, 2014: 119-124.
10. Otero MA, Martínez JA, Saura G. Propagación de levadura Candida utilis a partir de vinazas de destilación de etanol y sus componentes individuales. Revista ICIDCA Vol 44 No.3, 2010: 27-31.
11. ICIDCA. Manual de procedimiento de operación del Departamento de Bioingeniería.PNO-EQ.-04. La Habana, 1968.

12. Suomalainen, H. Yeast nutrition and solute uptake. En The Yeast Physiology and Biochemistry of Yeasts. A. H. Rose y J. S. Harrison. Academic Press., Nueva York, 1971.

Autores:

MSc. Indira Pérez Bermúdez. Investigador Auxiliar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 241. Email: indira.perez@icidca.azcuba.cu.

Ing. Néida Moré Naranjo. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 239. Email: nelida.more@icidca.azcuba.cu

Dr. Mauricio Ribas García. Investigador Auxiliar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 269. Email: mauricio.ribas@icidca.azcuba.cu.

Ing. My-lai Ibañez Fuentes. Investigador Agregado. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 241. Email: mylai.ibanez@icidca.azcuba.cu.

MSc. Roxana García Gutierrez. Investigador Auxiliar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 239. Email: roxana.garcia@icidca.azcuba.cu

Ing. Gustavo Saura Laria. Investigador Auxiliar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 203. Email: gustavo.saura@icidca.azcuba.cu.

Dr. Oscar Almazán del Olmo Investigador Titular y de Mérito. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña (ICIDCA). Vía Blanca 804 esq Carretera Central. SMP. Teléfono: 76986501 ext 210. Email: oscar.almazan@icidca.azcuba.cu

Presentado: 12 de enero de 2016
Aprobado para publicación: 2 de marzo de 2016