

Artículo Original

***PRODUCCIÓN DE CREMA DE LEVADURA TORULA CON
EXTRACCIÓN DE JUGO DE LOS FILTROS EN FÁBRICA
AZUCARERA CON REFINERÍA***

***PRODUCTION OF TORULA YEAST CREAM WITH JUICE EXTRACTION
FROM FILTERS IN SUGAR FACTORY WITH REFINERY***

Anialy Prieto Orta¹ <https://orcid.org/0009-0000-3161-4839>
Ramón Santos Díaz² <https://orcid.org/0009-0000-0756-5256>
Yausel Pérez González² <https://orcid.org/0009-0006-9526-3410>
Yaillet Albernas Carvajal³ <https://orcid.org/0000-0003-4363-4401>
Erenio González Suárez^{3*} <https://orcid.org/0000-0001-5741-8959>

¹ Empresa Agroindustrial Azucarera "Quintín Banderas", Villa Clara, Cuba.

² Empresa Agroindustrial Azucarera "Heriberto Duquesne", Remedios, Villa Clara, Cuba.

³ Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Julio 30, 2023; Revisado: Agosto 12, 2023; Aceptado: Agosto 24, 2023

RESUMEN

Introducción:

La extracción del jugo de los filtros posibilita una instalación de producción de crema de levadura torula con el objetivo de favorecer a la alimentación porcina, sin embargo, es necesario confirmar las posibilidades y alternativas reales para ejecutar inversiones en esta dirección en una fábrica, específica de azúcar con su refinería.

Objetivo:

Fundamentar las posibilidades de las tecnologías de producción de crema de levadura torula y el por ciento adecuado de extracción del jugo de los filtros para la obtención de dicha crema en una fábrica de azúcar con refinería.

Materiales y Métodos:

Para el estudio se consideró las diferentes posibilidades de extracción de jugo de los filtros en la instalación estudiada y utilizando los trabajos reportados por otros autores, las diferentes posibles capacidades de producción anual de crema de levadura torula utilizando jugo de los filtros en tiempo de zafra y mieles finales en tiempo de no zafra.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Erenio González, Email: erenio@uclv.edu.cu



Resultados y Discusión:

Existen posibilidades tecnológicas y económicas para la producción de crema de levadura torula en fábricas de azúcar con refinería de azúcar pues se logran incrementos de la ganancia del combinado con diferentes por cientos de extracción de jugo de los filtros.

Conclusiones:

En las condiciones actuales de precio de los productos, costo de las materias primas y los estimados de las inversiones el por ciento de extracción óptimo del jugo de los filtros se estima en un 20 por ciento.

Palabras clave: alternativas; crema; extracción; jugo de los filtros; levadura; miel.

ABSTRACT

Introduction:

The extraction of the juice from the filters makes possible a torula yeast cream production facility with the aim of promoting swine feeding, however, it is necessary to confirm the real possibilities and alternatives to execute investments in this direction in a factory, specifically, of sugar with its refinery.

Objective:

To substantiate the possibilities of torula yeast cream production technologies and the appropriate percentage of juice extraction from the filters to obtain said cream in a sugar factory with a refinery.

Materials and Methods:

For the study, there were considered the different possibilities of extraction of juice from the filters in the studied facility and, using the works reported by other authors, the different possible annual production capacities of torula yeast cream using juice from the filters in harvest time and final molasses in non-harvest time.

Results and Discussion:

There are technological and economic possibilities for the production of torula yeast cream in sugar factories with a sugar refinery since increases in the profit of the blend are achieved with different percentages of juice extraction from the filters.

Conclusions:

Under the current conditions of product price, cost of raw materials and investment estimates, the optimal extraction percentage of the juice from the filters is estimated at 20 percent.

Keywords: alternatives; cream; extraction; filter juice; yeast; molasses.

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad cubana necesita cada vez más el empleo de la ciencia en la toma de decisiones y por ello el modelo cubano de gestión de gobierno se basa en la innovación (Díaz-Canel y Delgado, 2021). En el nivel empresarial deben hacerse esfuerzos para plasmar esta política en el contexto específico de cada instalación industrial (González y col., 2020).

El empleo integral de la caña de azúcar como materia prima para varios productos ha dado lugar a lo que se ha conocido como su diversificación y más recientemente a su desarrollo como biorrefinería (de Armas y col., 2018).

El empleo de los subproductos de la caña en la alimentación animal y la posibilidad de producir eficientemente carne de res y de cerdo para aumentar el valor agregado de la caña, es una de las alternativas que se ha considerado más viable y atractiva a corto plazo.

Bajo la denominación de levaduras forrajeras se estudian aquellas especies que se propagan, especialmente, para ser usadas en la alimentación animal. La especie *Cándida utilis* o levadura torula, como suplemento alimenticio, se utiliza desecada o como crema y puede ser añadida en piensos mixtos para alimentación de cualquier clase de ganado, con vistas a aprovechar los componentes nutricionales que la constituyen, sobre todo proteínas, vitaminas y aminoácidos esenciales que no están disponibles en los forrajes de origen vegetal (Gálvez, 2000).

Mediante la extracción del jugo de los filtros se facilita la posibilidad de una instalación de una planta de producción de crema de levadura torula con el objetivo de favorecer a las entidades porcinas y a la vez al personal cercano que desarrolla su fuerza laboral en la cría y crecimiento de cerdos, así como una estrecha colaboración y comercialización entre productores y compradores.

Es entonces objetivo de este trabajo fundamentar las posibilidades de las tecnologías de producción de crema de levadura torula y el por ciento adecuado de extracción del jugo de los filtros para la obtención de dicha crema en una fábrica de azúcar con refinería.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de alternativas de desarrollo de las instalaciones de la industria de la caña de azúcar debe seguir las sugerencias de la experiencia acumulada y que han sido sintetizadas en un procedimiento para su desarrollo como biorrefinería (de Armas y col., 2021).

La extracción del jugo de los filtros permite una proyección de nuevas producciones a partir de esta corriente intermedia y como se ha fundamentado antes, es la producción de crema de levadura torula una de ellas, cuya inversión deberá evaluarse según las normas establecidas (González y Castro, 2012), sin descuidar la evaluación de inversiones que eleven su disponibilidad operativa (Alemán y col., 2021), lo que ha sido referido como un aspecto importante en la estrategia inversionista en general y en particular para un central como una instalación de derivados (Orozco y col., 2023).

El proceso de producción de levadura forrajera a partir de mieles finales de caña y jugo de los filtros se caracteriza por ser un proceso continuo en el cual las mieles aportan la fuente de energía y se lleva a cabo mediante seis unidades básicas: recepción y preparación de materias primas, preparación de sales nutrientes, fermentación y desemulsión, separación y lavado de la crema de levadura, termólisis y concentración, secado y envase (Santos, 1999).

La levadura torula como alimento porcino suministrará a los clientes en forma de crema a consumidores cercanos, lo cual evitará gastos de energía en el secado, pero requerirá un sistema de almacenamiento y distribución rápido.

Para el presente estudio se consideraron las alternativas de producción de levadura torula para diferentes mezclas de sustratos estudiadas por Santos, (1999), que incluyeron producción de jugo de los filtros y mieles, así como mezclas binarias entre ello y también mezclas ternarias de con vinazas de destilería, y como consecuencia de las condiciones reales de la instalación estudiada. Se evaluaron las diferentes posibilidades de extracción de jugo de los filtros y acorde con los resultados reportados de trabajos realizados por otros investigadores, se determinaron las capacidades de producción anual de crema de levadura torula utilizando jugo de los filtros en tiempo de zafra y mieles finales en tiempo de no zafra (Águila y col., 2022), (León y col., 2022), (Ruano y col., 2022), (González y col., 2023).

Para el análisis de las alternativas de extracción del jugo de los filtros se determinaron los balances de materiales y energía de la instalación de una capacidad de molida diaria de 4 600 toneladas de caña, las posibilidades de disponer de jugo de los filtros para las diferentes por cientos de extracción, con intervalos de 20 % desde 0 hasta 100 como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Disponibilidad de jugo de los filtros para diferentes por cientos de extracción

<i>Extracción de jugo de los filtros (%)</i>	<i>Jugo de los filtros extraído (t/año)</i>
0	0
20	13662
40	27324
60	40986
80	54648
100	68310

Considerando la posibilidad de producir levadura torula a partir de la utilización del jugo de los filtros extraídos, el esquema del combinado incluirá:

- La fábrica de azúcar.
- La refinería de azúcar.
- Una instalación productora de crema de levadura torula siendo para los diferentes niveles de extracción.
-

El esquema del combinado se representa en la figura 1.

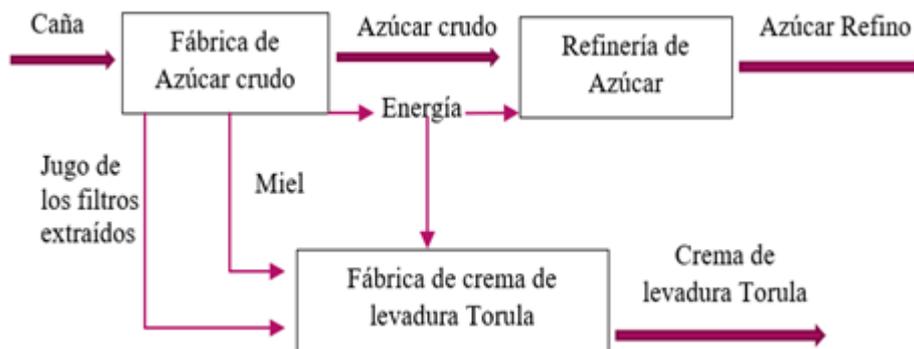


Figura 1. Esquema tecnológico combinado fábrica de azúcar, refinería y planta de crema de torula

Mediante los balances de materiales y energía se determinan las variaciones en las producciones principales y el balance de portadores energéticos de acuerdo a lo siguiente para cada por ciento de extracción:

- Producción de azúcar.
- Producción de miel.
- Consumo de vapor.
- Bagazo sobrante en crudo.
- Bagazo consumido planta torula.
- Bagazo sobrante total.
- Producción de crema de torula.

En ello fue básico el balance de materiales en la etapa de purificación acorde con las siguientes expresiones de los respectivos balances parciales:

➤ **Balance Parcial de Azúcar**

$$Jugo_{Mezclado} * Pol_{JM} = Jugo_{Claro} * Pol_{JC} + Jugo_{Extraído\ de\ filtros} * Pol_{JF} + Cachaza * Pol_{Cachaza} \quad (1)$$

➤ **Balance Parcial de Sólidos**

$$Jugo_{Mezclado} * Bx_{JM} = Jugo_{Claro} * Bx_{JC} + Jugo_{Extraído\ de\ filtros} * Bx_{JF} + Cachaza * \%Sólidos_{Cachaza} \quad (2)$$

Luego el Pol (Pol_{JC}) y el Brix del Jugo Claro ($Brix_{JC}$) son función de la cantidad del Jugo de los Filtros extraído y se determina, despejando en las ecuaciones anteriores, con sencillez a partir de la decisión de por ciento de extracción de Jugo de los filtros, y datos del control operacional, como son:

Flujo de Jugo Mezclado ($Jugo_{mezclado}$), Polo del Jugo mezclado (Pol_{JM}), Flujo de Jugo claro ($Jugo_{Claro}$), Jugo extraído de los filtros ($Jugo_{Extraído\ de\ filtros}$), Polo del Jugo de los filtros (Pol_{JF}), flujo de cachaza (Cachaza), Pol en cachaza ($Pol_{Cachaza}$).

Igualmente, el brix del Jugo mezclado (Bx_{JM}), del Brix del Jugo de los Filtros ($Brix_{JF}$) y el por ciento de sólidos en Cachaza ($\%Sólidos_{Cachaza}$).

Para el estudio de la mejor variante inversionista se estimaron los costos inversionistas y de producción de acuerdo a lo reportado en la literatura científica.

2.1 Diseño y costo de los equipos fundamentales de los equipos fundamentales

Para los estudios de capacidades de la instalación de una planta de crema de torula, se utilizaron los estudios de una instalación de 40 t/d realizados por otros integrantes del colectivo de investigación (Ruano y col., 2022).

2.1.1. Costo del equipamiento:

Los costos de los equipos se obtienen del (Peters y col., 2003) y de trabajos posteriores (Ruano y col., 2022) y fueron actualizados usando los índices de costos correspondientes como indica la ecuación (3):

$$Costo\ actual = Costo\ original * \frac{indiceactual}{indiceoriginal} \quad (3)$$

De idéntico modo los valores de costos de los equipos se estimaron para las capacidades utilizadas con la ayuda de la regla de la punto seis (Peters y col., 2003). Los costos de inversión se determinaron a partir de los procedimientos y tablas propuestas en la

literatura científica (Peters y col., 2003), (González y Castro, 2012).

2.1.2. Costos de Producción

Los costos de producción o gastos económicos de la planta, están constituidos por los gastos de materia prima, mano de obra, requerimientos, mantenimientos y otros, según la metodología expuesta por (Peters y col., 2003), (González y Castro, 2012).

Para el análisis de alternativa se consideraron los valores de las diferentes producciones en cada una de ellas y los costos de producción para cada alternativa acorde con los valores inversionistas requeridos en cada alternativa lo que afectan los costos de producción, y permitió hacer el análisis de los indicadores dinámicos.

2.1.3. Ganancia de producción de las alternativas productivas

En la ganancia la del proceso industrial se consideraron las diferentes producciones posibles en cada por ciento de extracción, así como los necesarios insumos para sostener las producciones existentes y la que se introduce de crema de levadura torula, es decir:

- Producción de azúcar refinado.
- Producción de crema de levadura torula.
- Comercialización (compra) de azúcar crudo.
- Compra o venta de bagazo, según se pueda o requiera.
- Compra o no de combustible fósil según sea sustituible o no por el bagazo disponible después de satisfacer la demanda de energía de la instalación productora de crema de torula.

Las condiciones para la optimización del por ciento de extracción del jugo de los filtros se determina en dos pasos, por un lado, la más alta de las ganancias encontradas para los diferentes niveles de extracción del jugo de los filtros y en un segundo paso los indicadores dinámicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se conoce, la extracción del jugo de los filtros perjudica los niveles de producción de azúcar y miel, aunque aumenta la calidad de ambos productos (Ruano y col., 2022), por lo que en un análisis económico esto debe ser considerado sobre todo si se pretende utilizar la miel para otras producciones como es el caso de levadura torula en tiempo de no zafra.

En la tabla 2 se muestran las variaciones, para la instalación estudiada, de las producciones de azúcar crudo y miel cuando se extraen diferentes por cientos de jugo de los filtros del proceso industrial.

Tabla 2. Balance de producción de azúcar y pérdidas de cada caso para diferentes por cientos de extracción del jugo de los filtros

<i>Extracción (%)</i>	<i>Azúcar crudo producida (t/año)</i>	<i>Azúcar perdida (t/año)</i>	<i>Miel final producida (t/año)</i>	<i>Miel final perdida (t/año)</i>
0	25300	0	34100	0
20	24613	770	33972	220

40	23880	1430	33843	330
60	23147	2200	33714	440
80	6133	3080	33220	880
100	4906	3850	33000	1100

De los resultados de la tabla 2 se infiere que las pérdidas de uno y otro producto son significativas, pero se comprende que una evaluación de la decisión definitiva debe hacerse mediante una optimización económica que considere adicionalmente los beneficios que las extracciones de los jugos de los filtros facilitan cuando se realizan diferentes extracciones.

Por otro lado, el impacto del por ciento de extracción del jugo de los filtros en los portadores energéticos para garantizar la producción de crema de levadura torula se muestra en la tabla 3. En la misma se demuestra que beneficia la disponibilidad de biomasa como recurso energético. Este aspecto debe ser considerado en la decisión del por ciento de extracción óptimo económico de la corriente del jugo de los filtros en la instalación industrial en la que se realizó el estudio.

Tabla 3. Impacto de la extracción del jugo de los filtros en los portadores energéticos

<i>Extracción (%)</i>	<i>Consumo de vapor (t/año)</i>	<i>Bagazo sobrante crudo(t/año)</i>	<i>Bagazo consumido planta torula (t/año)</i>	<i>Bagazo sobrante total (t/año)</i>
0	7675717,5	19000,3	0	19000,3
20	7458057,2	106175,3	50655	55520,3
40	7240398	212350,6	102323,1	110027,5
60	7022738,8	318525,9	153991,2	164534,70
80	6805079,6	424701,2	205659,3	219041,9
100	6587420,4	530876,5	257327,4	273549,1

De los resultados mostrados en la tabla 3 se observa que en la medida que se aumenta la extracción del jugo de los filtros existe mayor cantidad de bagazo sobrante para otros propósitos que en el caso actual se debe enfocar para garantizar la energía de fuente renovable para la refinería de azúcar aledaña.

La producción de crema de levadura torula estará dada por los niveles de extracción del jugo de los filtros como se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Capacidad de producción de crema de levadura torula para cada por ciento de extracción del jugo de los filtros

<i>Extracción de jugo de los filtros (%)</i>	<i>Jugo de los filtros extraído (t/año)</i>	<i>Producción total de crema de levadura torula (t/a)</i>
0	0	0
20	13662	16500
40	27324	33330
60	40986	50160

80	54648	66990
100	68310	83820

Es notable el incremento de la capacidad de producción de crema de levadura torula en una fábrica de azúcar cuando se hace un incremento del por ciento de extracción del jugo de los filtros.

No obstante estos incrementos productivos solo se logran elevando las inversiones a realizar al incrementar las capacidades a instalar de producción de crema de levadura torula; lo que además demandará de una cantidad creciente de bagazo para la gestión energética de la nueva planta y también, la adquisición de mieles para producir crema de levadura torula en tiempo de no zafra.

En esta combinación de factores a favor y en contra, que implican posibilidades de producción, adquisición de insumos y portadores energéticos, así como gastos inversionistas, la ganancia de combinado para plena capacidad de molida de 4600 t/d será para cada por ciento de extracción como se expresa en la tabla 5 como una expresión de la diferencia con la ganancia actual posible de la instalación industrial con un aprovechamiento pleno de su capacidad de producción instalada.

Tabla 5. Ganancia global obtenida para los diferentes niveles de extracción del jugo de los filtros

<i>N</i>	<i>Por ciento de extracción del jugo de los filtros</i>	<i>Ganancia (CUP)</i>	<i>Incremento de la ganancia con relación a la base (Delta CUP)</i>
1	0	501456591	0
2	20	722149216	220 692 625
3	40	696503219,7	195 046 628,7
4	60	670704213,4	169247622,4
5	80	648382197,1	146925606,1
6	100	623883090,8	122426499,8

Aquí la mayor Ganancia se obtiene con una extracción de solo el 20 % del jugo de los filtros para la producción de crema de torula durante la zafra y miel en tiempo de no zafra.

Siendo esta la menor inversión se evaluaron los indicadores dinámicos de VAN, TIR y Período de Recuperación de la Inversión que expresan los conceptos siguientes:

Valor Actual Neto (VAN). Se trata de la diferencia entre el valor de mercado de una inversión y su costo. Este indicador de rentabilidad mide cuánto valor es creado por realizar cierta inversión. Para evaluar un proyecto de inversión con base en el Valor Presente Neto se tienen que considerar aspectos como inversión inicial previa, tasa de descuento, número de períodos y flujos netos de efectivo, como se expresa en la ecuación siguiente:

$$VAN = \left(\sum_{i=1}^n (VF/(1 + d)^i) \right) - I_0 \quad (4)$$

Siendo.

VF: es el **valor futuro** de la inversión para cada uno de los periodos evaluados.

d: es la **tasa de descuento** de la inversión, es decir, el porcentaje que se debe descontar de los ingresos para conocer el valor actual de la operación financiera.

i: es el número del periodo evaluado.

I₀: es el valor de la inversión inicial.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Es uno de los indicadores de rentabilidad más utilizados. Se trata de encontrar una sola tasa o rendimiento del proyecto. Una inversión tiene que ser tomada en cuenta si la TIR excede el rendimiento requerido. En caso contrario, tiene que ser rechazada. La TIR es el rendimiento requerido para que el cálculo del Valor Presente Neto con esa tasa sea igual a cero. Se determina como se expresa en la ecuación siguiente:

$$TIR = \left(-I + \sum_{i=1}^n Fi \right) / \left(\sum_{i=1}^n i * Fi \right) \quad (5)$$

I: valor de la inversión inicial.

Fi= flujo de caja esperado en cada periodo.

n= es el número de periodos

Periodo de Recuperación de la Inversión. Establece el tiempo que toma que la inversión retorne. Es importante destacar que un proyecto de inversión es aceptado si el tiempo para recuperar la inversión es menor al periodo determinado. Se determina como se expresa en la ecuación siguiente:

$$PRI = \text{Inversión inicial} / \text{Flujo de efectivo anual} \quad (6)$$

Los valores de los indicadores económicos calculados con apoyo de un software específico fueron los siguientes:

VAN: 1 109 861 287,46 CUP,

TIR: 65 %,

PRD: 1 año.

4. CONCLUSIONES

1. Existen posibilidades de impacto de la extracción del jugo de los filtros en el encadenamiento energético en la fábrica de azúcar con refinería, pues se reportan trabajos en otras instalaciones azucareras de la propia provincia de Villa Clara que lo fundamentan.
2. Existen posibilidades tecnológicas para la producción de crema de levadura torula pues están reportados varios estudios tecnológicos para lograr estas producciones y con suficiente respaldo científico para determinar diferentes alternativas de mezclado de sustratos.
3. En las condiciones actuales de precio de los productos, costo de las materias primas y los estimados de las inversiones el por ciento de extracción óptimo del jugo de los filtros está en el entorno del 20 por ciento.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo AZCUBA por permitir a los autores contribuir al conocimiento.

REFERENCIAS

- Águila, L.E., González, E., y Albernas, Y., Determinación de las capacidades óptimas de producción de xilitol extrayendo jugo de los filtros en un central azucarero., Centro Azúcar, Vol. 49, No. 2, 2022, pp. 85-99. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200085
- Alemán, L., Hernández, C.B., Santos, R., Fleites, Y., y González, E., Optimización de la ganancia en una instalación industrial mediante inversiones que incrementen su disponibilidad operativa., Tecnología Química, Vol. 41, No. 2, 2021, pp. 296-310. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852021000200296
- de Armas, A.C., Morales, M., Albernas, Y., y González, E., Alternativas para convertir una fábrica azucarera cubana en una industria biorefinera., Centro Azúcar, Vol. 45, No. 3, 2018, pp. 65-77. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000300007
- de Armas, A.C., González, E., Kafarov, V.V., ZumalacÁrregui, L., Oquendo, H., Y Ramos, F., Procedimiento de evaluar alternativas para transformar instalaciones de la industria de la caña de azúcar en biorrefinerías., Revista Universidad y Sociedad, Vol. 13, No. 5, 2021, pp. 565-573. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000500565
- Díaz-Canel, M., y Delgado, M., Gestión del gobierno orientado a la innovación: Contexto y caracterización del modelo., Revista Universidad y Sociedad, Vol. 13, No. 1, 2021, pp. 6-16. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202021000100006
- Gálvez, L., Manual de los derivados de la caña de azúcar., Instituto Cubano de Investigación de los Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana Cuba, 2000, pp. 179-183.
- González, E., y Castro, E., Aspectos técnicos-económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar., Editorial Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo., Jaén, España, 2012, pp. 25-64.
- González, E., Concepción, D.N., Miño, J.E., López, E.J., y Ramos, F.E., Necesidad y posibilidad de formar doctores desde la industria química. Lugar de los métodos matemáticos., Revista Universidad y Sociedad, Vol. 12, No. 5, 2020, pp. 531-537. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n5/2218-3620-rus-12-05-531.pdf>
- González, E., de Armas, A.C., Albernas, Y., Producción de levadura torula y xilitol extrayendo jugo de los filtros, paso básico en el desarrollo como biorrefinería., Centro Azúcar, Vol. 50, No. 2, 2023, e1024. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/756
- León, E.A., Ruano, M.M., Albernas, Y., y González, E., Evaluación de la extracción de jugo de los filtros para producir levadura torula en una fábrica de azúcar., Centro Azúcar, Vol. 49, No. 4, 2022, pp. 12-23. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/722
- Orozco, L., de Armas, A.C., y Suárez, E.G., Optimización de la fiabilidad del equipamiento en un central azucarero y planta de etanol., Centro Azúcar, Vol. 50, No. 1, 2023, e1007. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/739
-

Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., & West, R.E., Plant design and economics for chemical engineers., Vol. 4, Chapter 4, McGraw-Hill Editorial, New York, 2003, pp. 94-156.

Ruano, M.M., González, E., León, E.A., de la Cruz, L., y Albernas, Y., Efecto del pago de la caña en la calidad del azúcar y en la eficiencia inversionista de torula., Centro Azúcar, Vol. 49, No. 3, 2022, pp. 11-23.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000300011

Santos, R., Estrategia de Análisis de Alternativas para la reactivación de las instalaciones actuales de levadura torula., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas., Especialidad Ingeniería Química en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 1999.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Ing. Anialy Prieto Orta. Metodología e investigación.
 - Ing. Ramón Santos Díaz. Obtención de financiación e investigación.
 - Dr. Yausel Pérez González. Recursos e investigación.
 - Dra.C. Yaillet Albernas Carvajal. Redacción - revisión y edición.
 - Dr.Sc. Erenio González Suárez. Conceptualización y redacción - primera redacción.
-