

FACTIBILIDAD DE LA INTEGRACIÓN DE PROCESOS EN LA OBTENCIÓN DE LEVADURA TORULA

FEASIBILITY OF PROCESS INTEGRATION IN THE OBTENTION OF TORULA YEAST

Yeini Rodríguez Castañeda¹, Juan Bautista de León Benítez^{2},
Meilyn González Cortés² y Serafín Machado Benavides²*

¹ Empresa Química de Cienfuegos.

² Centro de Análisis de Procesos. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní Km 5 ½. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Marzo 18, 2014; Revisado: Junio 3, 2014; Aceptado: Julio 7, 2014

RESUMEN

En el trabajo se evalúa la factibilidad de integración energética en el proceso de obtención de torula, con vistas a disminuir el consumo de combustible en el proceso; partiendo de que esto es posible a partir del calentamiento del aire de dilución, suministrado en el horno generador de gases en la sección del secado, empleando la energía térmica recuperada de corrientes del propio proceso. Se realizó un estudio del flujo tecnológico haciendo énfasis en la etapa de secado de la torula, se identificaron las corrientes calientes y frías del proceso y se realizaron balances para determinar la cantidad de flujo de cada una a partir de datos actuales del proceso. Se consideraron dos alternativas: la integración energética, utilizando todos los fluidos, y el calentamiento del aire a partir de la energía presente en las vinazas (fluido caliente en el proceso). Para llevar a cabo la integración energética se empleó el software Hensad y se determinó hasta que temperatura puede elevarse el aire de dilución sin el uso de servicios auxiliares. Se realiza un análisis económico evaluando tres escenarios.

Palabras clave: integración energética, ahorro de combustible, levadura torula, vinazas

ABSTRACT

In this paper, the feasibility of energy integration is evaluated in the process of torula yeast, in order to diminishing the consumption of fuel oil in the process. We have to mention that the previously stated is possible from the heating of the dilution air, given in the generating oven of gases in the drying section, using the recovered thermal

Copyright © 2014. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Juan B. de León, Email: juanba@uclv.edu.cu

energy of currents of the own process. A study of the technological flow was carried out making emphasis in the drying stage of torula yeast. The hot and cold currents were identified in the process and mass and energy balances were carried out in order to determine the quantity of flow of each one starting from current data of the process. Two alternatives were considered: the energy integration, using all the fluids, and the heating of the air starting from the actual energy in the vinasses (hot fluid in the process). To carry out the energy integration, we used the software Hensad and with this, we determined the maximum temperature for heating the dilution air without the use of auxiliary services. The economic analysis was carried out evaluating three possible scenarios.

Key words: energetic integration, fuel save, torula yeast, vinasses

1. INTRODUCCIÓN

La integración de procesos es un aspecto fundamental que repercute en un aumento de la eficiencia para los procesos que se integran. Los análisis de integración de procesos constituyen una herramienta eficaz para la reducción de los costos de producción, los insumos energéticos y materiales y la contaminación del medio ambiente, sin embargo, ello generalmente requiere de sistemas costosos, pocas veces al alcance de una industria económicamente asediada. Usando las técnicas de integración se puede identificar que un proceso puede usar el calor expulsado por una unidad anterior y reducir así el uso de la energía global, (Dunn, 2000), (Catá, 2004) y (González, 2013).

Para la obtención de levadura torula se puede emplear miel final del proceso de producción de azúcar o vinaza residual de las destilerías. El empleo de este último sustrato aunque limita la eficiencia del proceso de obtención de levadura torula es beneficioso para el medio ambiente y para el balance energético del proceso si se tiene en cuenta que el flujo de vinazas al salir de la destilería tiene una calidad térmica que puede ser recuperada, (Fuentes, 2000) y (Penin 2007).

Un punto crítico en el proceso de obtención de levadura torula es el consumo de combustible, principalmente en la etapa del secado de la levadura la cual presenta el mayor consumo del mismo, 60 % de todo el combustible que se consume en esta fábrica. Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza un estudio con vistas a identificar alternativas para la disminución del consumo de combustible en la sección de secado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Integración energética en el proceso de producción de torula

En este trabajo se ha analizado la posibilidad de reducción del consumo del combustible a través del calentamiento del aire de dilución suministrado en el horno generador de gases de combustión, haciendo un análisis del proceso se identifica la posibilidad de calentamiento del aire empleando corrientes que existen en el proceso y que tienen determinada calidad térmica que puede ser recuperada y aprovechada.

En el caso de estudio de integración de procesos, además de identificar las corrientes frías y calientes, se puede determinar cuál es la temperatura máxima que puede

alcanzarse en el aire de dilución si para su calentamiento se emplean corrientes calientes del proceso y se establece como restricción que en ese nivel de temperatura no exista consumo de utilidad caliente, además para cada temperatura evaluada se determinará, en caso de que sea necesario una utilidad caliente, la masa de vapor que se requiere y el gasto de combustible que implica producirlo y también el consumo total de combustible en la etapa de secado y en el proceso.

Para realizar el estudio de integración energética el primer paso es hacer un análisis del proceso con el objetivo de identificar las corrientes frías y calientes que no son aprovechadas, o sea pueden ser corrientes residuales que se vierten al medio o corrientes intermedias del proceso que se enfrían (caso de corriente caliente) en un intercambiador de calor para ser utilizadas a una temperatura más baja en alguna etapa del proceso desaprovechando en este caso la energía térmica de la corriente e incurriendo además en el consumo de una utilidad fría, que finalmente se traduce en costos para el proceso.

Para la integración energética se utilizó el software Hensad, (Turton, 2008), para la determinación del mínimo requerimiento de utilidades que tiene este proceso, haciendo énfasis en las utilidades calientes. En un primer análisis se fijó como temperatura objetivo en el aire de dilución 190 °C y a través del software se analizó el requerimiento de utilidad caliente. Posteriormente a partir de este valor se fue disminuyendo la temperatura y estimando la utilidad caliente. Se corrió el software hasta alcanzar el nivel de temperatura máximo en el aire de dilución para el cual no existiera consumo de utilidad caliente. Además se calculó para cada temperatura el consumo de fuel oil en la etapa de secado, partiendo de que por cada grado Celsius que aumenta la temperatura se ahorran 1,5 Kg/h de combustible (Cabrera, 2008) y (Salgado, 2013), también se determinó, para cada temperatura, el consumo del combustible en todo el proceso.

Se realiza un análisis económico, en el que se comparan parámetros relevantes (los parámetros definidos como relevantes son utilidades del proceso que al realizar cambios se ven influenciados) que varían según los tres escenarios analizados y posteriormente se efectúa para uno de los escenarios una evaluación total, determinando los indicadores dinámicos económicos, con vistas a analizar la factibilidad del mismo. Para llevar a cabo este análisis se considera una producción de torula de 0,97 t/h y 300 días al año de trabajo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo identificar que existen un total de cinco fluidos calientes y dos fluidos fríos con una energía considerable, la cual no está siendo aprovechada, y su uso implicaría mejoras en la eficiencia del proceso.

Con la integración de procesos es posible elevar la temperatura del aire de dilución, sin la necesidad de utilizar un servicio auxiliar hasta 102 °C. Al elevar la temperatura del aire de dilución por encima de 102 °C se necesita un requerimiento de utilidad caliente y por tanto una generación extra de vapor con el respectivo gasto de combustible, no obstante en estas condiciones, debido al ahorro de fuel oil en la etapa de secado, el combustible total utilizado en el proceso arroja valores menores que el consumo total actual en el mismo.

Con la energía térmica presente en las vinazas el aire de dilución puede ser calentado, según se estableció, hasta 70 °C, siendo un valor de temperatura no tan elevado, no

obstante este calentamiento también incide en una reducción del consumo de combustible, ahorrándose 60 kg/h del mismo en el proceso.

Los resultados se muestran en la tabla 1.

Al aplicar la integración se aprovecha el calor presente en los diferentes fluidos y por ejemplo, en el caso de los efluentes, al disminuir su temperatura producen menos afectaciones a los suelos, al ser vertidos; los gases de salida de la caldera igualmente son enfriados disminuyendo el riesgo de que se generen gases que den lugar a procesos de acidificación (SO₂ y NO_x producen lluvia ácida).

Para la evaluación económica, (Peters, 2003), se analizaron tres escenarios:

Escenario # 1: Análisis económico de parámetros relevantes en el proceso de torula sin la existencia del calentamiento del aire de dilución.

Escenario # 2: Análisis económico de parámetros relevantes en el proceso de torula con la existencia del calentamiento del aire de dilución hasta la temperatura de 102 °C, mediante la integración de los fluidos calientes y fríos.

Escenario # 3: Análisis económico de parámetros relevantes en el proceso de torula con la existencia del calentamiento del aire de dilución hasta la temperatura de 70 °C, mediante el intercambio de calor con las vinazas.

Tabla 1. Resultados obtenidos a partir de la integración

T de calentamiento del aire de dilución (°C)	Requerimiento de utilidad caliente (Q=kW)	Consumo de combustible en la etapa de secado (Ccs=kg/h)	Generación extra de vapor (Gve=kg/h)	Consumo de combustible extra (Cce=kg/h)	Consumo de combustible en el proceso (Ccp=kg/h)
190	1312	310	1700,64	140,55	572,55
185	1237	317,5	1603,43	132,51	572,01
180	1163	325	1507,51	124,59	571,59
175	1088	332,5	1410,29	116,55	571,05
170	1013	340	1313,07	108,52	570,52
165	939	347,5	1217,15	100,59	570,09
160	864	355	1119,94	92,56	569,56
155	789	362,5	1022,72	84,52	569,02
150	715	370	926,79	76,59	568,59
145	640	377,5	829,58	68,56	568,06
140	565	385	732,37	60,53	567,53
135	491	392,5	636,45	52,59	567,09
130	416	400	539,23	44,56	566,56
125	341	407,5	442,01	36,53	566,03
120	267	415	346,09	28,60	565,60
115	192	422,5	248,87	20,57	565,07
110	117	430	151,66	12,53	564,53
104	28	439	36,29	2,99	563,99
103	13	440,5	16,85	1,39	563,89
102	0	442	0	0	564

En los escenarios evaluados los parámetros analizados se comportan de manera diferente debido a las consideraciones de cada uno por ejemplo al incluir la integración de procesos no sería necesario el enfriamiento de todo el flujo de vinaza en los intercambiadores de placas instalados en el proceso lo que implica una reducción del consumo de agua fría y por lo tanto una reducción del gasto de electricidad en la torre

de enfriamiento, esto sucede igualmente en el caso de la instalación del intercambiador de calor que emplea las vinazas como medio de calentamiento.

Tabla 2. Resultados de la evaluación económica para los tres escenarios

Escenario # 1			
Parámetros	Cantidad (U/año)	Precio (\$/U)	Costo (\$/año)
C (GJ)	173000	3,30	570900
H ₂ O (m ³)	1994400	0,50	997200
E (kWh)	720000	0,110	79200
	Costo total		1647300
Escenario # 2			
Parámetros	Cantidad (U/año)	Precio (\$/U)	Costo (\$/año)
C (GJ)	145000	3,30	478500
H ₂ O (m ³)	1599120	0,50	799560
E (kWh)	577440	0,110	63518,4
	Costo total		1341578,4
Escenario # 3			
Parámetros	Cantidad (U/año)	Precio (\$/U)	Costo (\$/año)
C (GJ)	158000	3,30	521400
H ₂ O (m ³)	1740240	0,50	870120
E (kWh)	628560	0,110	69141,6
	Costo total		1460661,6

4. CONCLUSIONES

1. En el proceso de producción de torula estudiado existen varios fluidos con una determinada calidad térmica que no es aprovechada, lo que repercute de forma negativa en la eficiencia energética del mismo.
2. Al aplicar la integración energética en el proceso de obtención de torula es posible alcanzar elevados valores de temperatura del aire de dilución (102 °C), suministrado a la cámara de secado, lo cual implica un considerable ahorro de combustible (108 kg/h) y ratifica la factibilidad del uso de esta variante.
3. Al incluir los beneficios de la integración energética y del sistema de calentamiento del aire en la evaluación económica, se produjeron reducciones en los costos de los diferentes parámetros analizados.

REFERENCIAS

- Cabrera S., J., Fernández F., P. Metodología de cálculo para el estudio termodinámico de las instalaciones de secado, del proceso de fabricación de levadura torula., Revista Centro Azúcar, Vol. 35, No. 1, 2008, pp. 46-54.

- Catá, Y., Alternativa de integración material y energética considerando la incertidumbre en una fábrica de azúcar y otras plantas de derivados., Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2004.
- Dunn, R., Bush, G. E., Using process integration technology for cleaner production., *Journal of cleaner production*, No. 8, 2000, pp. 1-23.
- Fuentes, G., Alternativas de producción de etanol y torula utilizando sustratos azucarados., *Revista Centro Azúcar*, Vol. 27, No. 4, 2000, pp. 45-52.
- González, M., Albernas, Y., Feijoo, J., Espinosa, R y González, E., Análisis de factibilidad de la integración de los procesos de producción de azúcar y alcohol., *Afinidad*, Vol. 70, No. 564, Oct-Nov, 2013, pp. 284-288.
- Penin P. E., Aplicación de la Tecnología de Gestión Total y eficiente de la energía en la fábrica de torula de la empresa azucarera Antonio Sánchez, Municipio de Aguada de Pasajeros”, Tesis de diplomado Gerencia de la Ciencia y la Innovación Tecnológica. 2007
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D., *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 2003.
- Salgado V., L. Sistema de gestión energética en la planta de levadura torula “UEB derivados Antonio Sánchez., *Centro Azúcar*, Vol. 40, No. 4, 2013, pp. 48-53.
- Turton R., Bailie C., R., Whiting B., W., Shaeiwitz J., A., *Heat-Exchanger Network Synthesis Analysis and Design (HENSAD) Program CD of text Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Third Edition, 2008.