

Análisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería.

Enrique Penín Pérez¹; Yaillet Albernas Carvajal²; Erenio González Suárez²; Yudelsis Cervantes Tellez; Reinier Feyt Leyva³.

¹Alcoholes Finos de caña. SA. Cavadonga. Cienfuegos.

²Centro de Análisis de Procesos (CAP).

³Departamento de Ingeniería Química.

Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km 5 ½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. Código Postal 54830. Tel: 211825-211826-281164.

e-mail: yailletac@uclv.edu.cu

Fecha de presentación: Marzo\2010.

Resumen

Se presenta un análisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería. Se parte de una descripción del proceso. Los aspectos analizados fueron los balances de masa y energía en proceso, así como los principales consumidores de agua y vapor; para esto se empleó el Microsoft Excel. Se hace una simulación de la columna destiladora a fin de determinar su comportamiento ante posibles anomalías, como la variación de la relación de reflujo y la variación en el flujo de vapor vivo que se suministra a la misma; mediante el empleo del Software Profesional Hysys.

Palabras clave: Etanol extrafino, fermentador, columna.

Abstract

An analysis of the process of obtaining of superfine alcohol is presented in a distillery. Begin with a process description. The aspects analyzed are the mass and energy balances in process, as well as the main water and steam consumers; for these aspects was utilized the Microsoft Excel Program. A simulation of the distiller column is made in order to determine its behavior before possible problems, as the variation of the reflux relationship, as well as the variation in the flow of direct steam that is given to the column; by means of the use of the Hysys Professional Software.

Key words: Superfine ethanol, fermentator, column.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se basa en una destilería de capacidad nominal de 900 HL/d de alcohol extrafino. Conocimientos en el sector licorero y destreza en derivaciones azucareras se combinan para producir un alcohol de la más alta calidad 96.3 °GL.

Este alcohol es comercializado para la producción de artículos de aseo personal, para la fabricación de rones finos, productos farmacéuticos, así como para la exportación.

La producción de alcohol a partir de las melazas (miel B o miel final, como también se le conoce) en esta industria, parte de las características que tienen algunos microorganismos de desintegrar azúcares y generar, como residuo, alcohol etílico. Este proceso biológico en la fábrica abarca tres etapas: preparación del mosto, fermentación continua y destilación-rectificación. Las aguas residuales del proceso productivo son aprovechadas por una fábrica de Levadura Forrajera Torula, aledaña a la planta, por su parte los líquidos se emplean como fertirriego en las propias plantaciones cañeras.

DESARROLLO

Descripción general del proceso de obtención de etanol extrafino.

Proceso de preparación del mosto

La miel, procedente de los depósitos generales de almacenamiento, pasa a la Preparación de Mosto donde primeramente se hace una predilución inicial que debe alcanzar un Brix de aproximadamente 40^{o(3,4)}. La miel prediluida a 40°Bx es sometida a un proceso de filtración, donde se eliminan las impurezas sólidas, las cuales perjudican la calidad del mosto y por consiguiente la calidad en la fermentación y la obtención del producto final. Este mosto a temperatura de 80 °C a 90 °C y acidez de (1.5-2g/L) se hace pasar a un depósito al cual se alimenta ácido sulfúrico, para obtener el pH deseado en el crecimiento de la levadura en las cubas madres que oscila entre 3, 9 y 4.

Parte de la miel previamente diluida pasa a un eyector al que se alimenta vapor directo para esterilizar (eliminar el número de células no deseables), después a un depósito y luego es

impulsada al intercambiador de calor con el objetivo de enfriar el mosto a una temperatura de 35 °C, a la cual se le alimenta agua fría procedente del área de torres de enfriamiento como medio de intercambio de calor, de este sale agua caliente y el mosto a menor temperatura pasa a un mezclador al que además se alimenta agua tratada, el mosto sale con 16°Bx. Este Brix depende de la marcha de fermentación el cual se alimenta a las cubas madre⁷. La otra parte del mosto que no fue alimentado al mezclador anterior pasa a otro mezclador pero esta vez con el objetivo de lograr un 24°Bx, pues este es el que se alimenta a las cubas hijas o fermentadores como tal^{8,10}.

Proceso de fermentación.

El mosto a 16 °Bx entra a un depósito donde es preparada la cuba madre, esta es airada con un soplador, pasado el tiempo máximo de reposo de este proceso, es enfriado para mantener la temperatura cerca de los 35 °C y luego este mosto es bombeado al fermentador.

La entrada del mosto es regulada por una válvula al 20 % de su totalidad en el depósito donde después de estar su densidad baja debido a la fermentación se añade el mosto de 24°Bx a un 30-40 % de su totalidad, donde continúa la fermentación pero con nueva alimentación. Transcurrido un tiempo (cuando el Brix sea la mitad +1 del inicial) se completa el volumen de trabajo del fermentador¹². Durante el tiempo que se está efectuando la fermentación en este fermentador, se le suministrará mosto de 16 °Bx al fermentador siguiente de la misma manera que el anterior, y así sucesivamente se va realizando el procedimiento para los 10 fermentadores instalados en la planta. Este proceso semicontinuo en la Sala de fermentación, según¹ (con un ciclo de fermentación entre las 35 a 40 horas) garantiza que siempre existirán fermentadores muertos en espera para ser destilados con el objetivo de no ocasionar paradas en la fábrica, ya que la misma opera a régimen continuo.

El mosto fermentado o vino de los fermentadores ya muertos y que han tenido un reposo de 1 a 2 horas es bombeado a la etapa de destilación de inmediato. Los fondajes de los fermentadores se unen a la corriente de vinazas que se envía a la fábrica de levadura que se encuentra aledaña a la planta de etanol.

Proceso de destilación

La materia prima vino (entre 6 % y 7 % Alcohol V /V), penetra en un calienta vino con una temperatura de 35 °C, donde se aumenta su temperatura hasta 70 °C, aproximadamente, a fin de disminuir la cantidad de vapor necesario en la columna destrozadora. Esta columna que trabaja a bajo vacío, aporta al proceso el etanol a 60 °GL y es la que elimina las vinazas que pasan a la planta de Levadura Turula Forrajera.

Luego pasa a la columna Preconcentradora que concentra hasta 75-80 °GL la cual también trabaja a vacío. Posteriormente se procede al lavado en la columna hidroselectora la cual lava el alcohol del proceso disminuyendo el grado alcohólico hasta 15-20 °GL.⁴ Esta concentración alcohólica se obtiene mediante un abundante riego proveniente de las colas de la columna rectificadora final.

Luego ya se pasa a la columna rectificadora, donde se concentra hasta 96,3 °G.L. El alcohol centro sale de dos platos por debajo de la cabeza y pasa a la columna desmetilizadora^{11,12}.

Resultados y Discusión

Balances de masa y energía en el área de fermentación y destilación

Un análisis de las diferentes etapas del proceso permitió realizar los balances de masa y energía correspondientes a los principales puntos del proceso. Para ello se parte de que la planta opera con un régimen continuo, con una producción de 900 HL/d de alcohol extrafino².

Los principales resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Principales resultados del balance de masa y energía

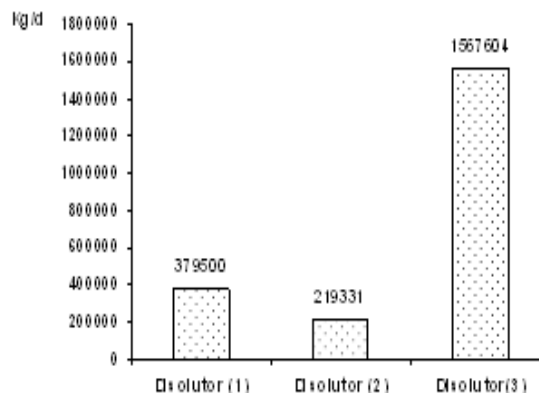
<i>Punto de Balance</i>	<i>Valor</i>	<i>UM</i>
Flujo de vino a la salida de la cuba madre	989251,2	kg/d
Flujo de aire	352646,1	kg/d
Flujo del mosto que sale del fermentador	492520,8	kg/d
Flujo de salida de CO ₂	471106,9	kg/d
Flemas alcohólicas que salen de la columna destiladora	9515,4	kg/h
Flujo de vino que entra a la columna destiladora	64785,5	kg/h
Vinazas que salen de la columna destiladora	67700,9	kg/h

Se realizó además un análisis del consumo de agua en la etapa de preparación del mosto, que arrojó los resultados siguientes:

Tabla 2. Consumos de agua en la preparación del mosto

<i>Consumo de agua</i>	<i>Valor</i>	<i>UM</i>
Disolutor (1)	379 500	Kg/d
Disolutor (2)	219331	
Disolutor(3)	1567604	
Total	2166435	Kg/d

Figura 1. Distribución del consumo de agua en la preparación del mosto



Como se puede apreciar en la tabla y en la figura anterior el último disolutor es el mayor consumidor de agua en esta etapa, este consume el 72,4 % del total consumido en la etapa.

Por otra parte, se realizó un análisis del consumo de vapor en la planta, Tabla 3.

Tabla 3. Consumos de vapor en el área de destilación

<i>Columna</i>	<i>Consumo (Kg/h)</i>	<i>% Etapa</i>	<i>% Vapor Consumido</i>
Preconcentradora	1000	6,63	5,00
Hidroselectora	3487,25	23,13	17,44
Rectificadora	9589,29	63,60	47,95
Pérdidas	1000	6,63	5,00
Total	15076,54	100	75,39

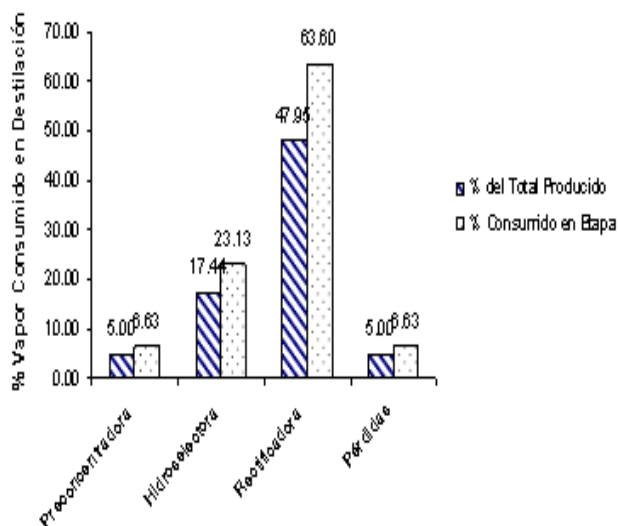


Figura 2. Distribución del consumo de vapor en el área de destilación

Se demostró (Tabla 3), que del total de vapor producido en la caldera (Capacidad nominal de 20 t), se consume el 75,39 % en la etapa de destilación, que es la etapa más consumidora dentro del proceso, lo cual está en total correspondencia con la literatura. Dentro de ella la columna rectificadora es la mayor consumidora, pues es en esta donde se logra el grado alcohólico deseado. Esta columna consume el 63,60 % del vapor total utilizado en esta etapa y el 47,95 % del vapor producido por la caldera. Por lo que el vapor disponible para otros usos es el 24,62 %, o sea 4923,46 kg/h⁶.

Simulación de la Columna Destiladora en la detección de anomalías

Mediante el empleo del Software Profesional Hysys para realizar la simulación en la etapa de destilación y dentro de esta la columna destiladora, utilizando el modelo NRTL y Peng Robinson^{5,9} para la fase vapor la misma trabaja a una presión de 400 mmHg, con 11 platos teóricos y tiene como función principal despojar todo el alcohol del vino proveniente de la etapa de fermentación, constituido por un condensador, donde se condensan los vapores que salen por el tope de la columna rico en el componente más volátil, el etanol, para así obtener el destilado líquido. Para ello se utiliza agua de enfriamiento con una temperatura de 30 °C para enfriar los vapores que salen de la misma^{2,4}.

El vapor suministrado es vapor directo por el fondo de la torre, esto aumenta el número de etapas, pero es económicamente ventajoso si se compara con el uso del recalentador, además al ser el vapor puro, aumenta la fuerza impulsora de la transferencia de masa y mejora la operación. Fueron utilizados módulos para determinar el consumo de agua de enfriamiento necesario para enfriar el destilado. Se tuvo en cuenta para la simulación, destilación rigurosa y multicomponente, para ello se introdujeron los datos siguientes.

Tabla 4. Datos suministrados para la simulación de la columna destiladora

Corrientes	Datos	Valor	UM
Del fermentador	Temperatura	70	°C
	Presión	1	atm
	Flujo másico	64785,5	kg/h
	Composición etanol	0,06	Fracción volumen
	Composición agua	0,93994	Fracción volumen
	Composición metanol	0,00005	Fracción volumen
Vapor saturado	Fracción vapor	1	
	Presión	1	atm
	Flujo másico	12430,8	Kg/h
Composición de etanol en destilado	Composición de etanol en destilado	0,6	Fracción Volumen
Agua de enfriamiento	Temperatura	30	°C
	Presión	1	atm

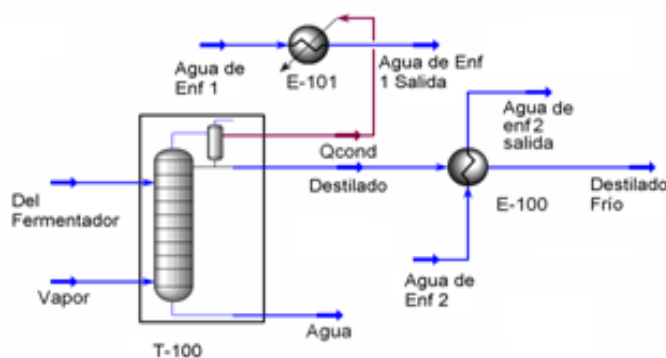


Figura 3. Diagrama de Flujo de la Columna Destiladora.

Tabla 5. Resultados de los balances de masa y energía mediante la simulación en la columna destiladora

Corrientes	Mezcla	Vapor	Agua	Etanol y metanol
Flujo volumétrico m ³ /h	65,7151	12,4559	71,5761	33,89

Composición (% Volumen)				
Etanol	0,0600	0,0000	0,0001	0,5972
Metanol	0,0001	0,0000	0,0000	0,0005
Agua	0,9399	1,0000	0,9999	0,4023

Caso de estudio # 1: Variación de la relación de reflujo

El primer caso de estudio es el análisis del comportamiento de la composición del destilado ante la variación de reflujo, manteniendo constantes los demás parámetros.

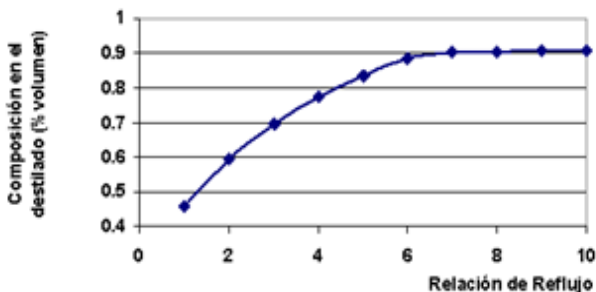


Figura 4. Perfil obtenido para la variación de reflujo en la columna Destiladora

Como se puede apreciar en la Figura 4 cuando se aumenta la relación de reflujo, aumenta la composición en el destilado hasta aproximadamente 0,9 fracción volumen donde se mantiene constante dicha relación, lo que indica que la columna no permite obtener una composición en el destilado mayor que 90 °GL. Es válido reafirmar que la columna real instalada obtiene un grado alcohólico de 60 °GL.

Caso de estudio # 2: Variación del flujo de vapor
En el segundo caso de estudio se analiza la composición del destilado ante variaciones del flujo de vapor vivo alimentado a la columna.

En la Figura 5 se puede apreciar que la misma decrece a medida que el flujo de vapor aumenta, ya que se le suministra más agua a la columna, se puede ir reduciendo el flujo de vapor para que aumente la composición de etanol en el destilado, aunque hay que tener presente que la columna no trabaja para flujos menores de 1000 kg/h, pues trae como consecuencia problemas de inundación e hidrodinámicos ya que el líquido se iguala al vapor.

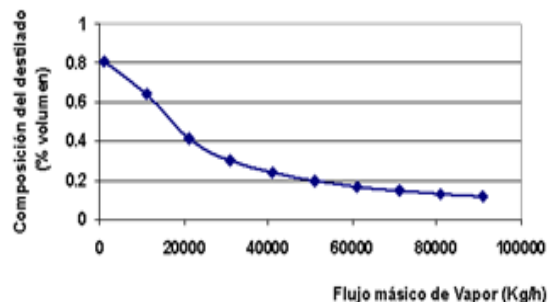


Figura 5. Perfil obtenido para la variación del flujo de vapor alimentado a la columna destiladora

Conclusiones

1. La etapa de fermentación consume 41228.33 kg/d de vapor lo cual representa el 8,58 % del total producido en la planta, mientras que en la etapa de destilación se consumen 361836 kg/d, lo cual es un 75,38 % del total, siendo la etapa más consumidora en el proceso.
2. En la etapa de preparación del mosto el mayor consumidor de agua es el tercer disolutor, el cual consume el 72,4 % del total consumido en la etapa.
3. En la etapa de destilación la columna mayor consumidora de vapor es la rectificadora que consume un 47,95 % del vapor total producido en la planta y representa el 63,60 % del consumido en la etapa.
4. La simulación de la columna destiladora demostró que aumentando la relación de reflujo aumenta la composición del destilado hasta 90 °GL, o sea esta es la máxima composición del destilado que se puede obtener en dicha columna, aunque en la práctica el grado obtenido es 60 °GL.
5. La simulación de la columna destiladora demostró que a medida que el flujo de vapor aumenta, decrece la composición del destilado, ya que se le suministra más agua a la columna.

Bibliografía

1. Albornas Carvajal Y. y M. González Cortés: Análisis Preliminar de la Logística de la Producción de Etanol a partir de Mil Final, XVI Forum de Ciencia y Técnica, julio de 2009.
2. Cervantes Tellez, Y.: Diseño de los fermentadores y la columna destiladora en la destilería ALFICSA, Trabajo de Curso, 2010.
3. David, E.: Producción de alcohol y levadura de Destilería, Departamento de Tecnología Azucarera, 1987.
4. Gallardo Aguilar, I: “Diseño y evaluación de equipos de destilación” en: *Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos fermentativos y farmacéuticos*, Capítulo 6, Editorial Científico-Técnica, 2005.
5. Gosling, I.: Process Simulation and Modeling for industrial Bioprocessing. Tools and Techniques. PhD. www.chemsim.com. Published in Industrial Biotechnology Vol1, No. 2, Summer 2005.
6. Hernández, Vides Y.: Análisis del proceso productivo de obtención de alcohol extrafino en la destilería ALFICSA, Trabajo de Curso, 2009.
7. Nielsen, J. and J. Villadsen Bioreaction Engineering Principles, Second Edition. Denmark. ISBN 0-306-47349-6. 2002.
8. Pavlov. K.F.: Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química, Editorial Mir, Moscú, 1981.
9. Process Modeling using HYSYS with chemical Industry Focus. AEA Technology plc., 2002.
9. Rodríguez J.: Alternativas para la obtención de alcohol de alta pureza, Trabajo de Diploma. Universidad Central de Las Villas, 2000.
10. Treybal Robert E.: Operaciones con Transferencia de Masa. tomo I., 1981.
11. Villena, M.: Proyecto de ampliación de destilería de alcohol rectificado de mieles de 500 a 900 HL/d., Alcoholes finos de caña. SA. Cienfuegos, Cuba, 1999.