

Producción de bioetanol carburante a partir del residuo mucilaginoso de cacao CCN-51 y su simulación en *Aspen Plus*[®].

Jorge Delgado^{1,2}, Jaime Soler², José Ángel Peña²

¹Universidad Cuenca, Departamento de Química Aplicada y Sistemas de Producción (dQUIMPROd)

²Grupo de Catálisis, Separaciones Moleculares e Ingeniería de Reactores (CREG)

Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

Universidad Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

Tel. +34-976762707, e-mail: jorge.delgado@ucuenca.edu.ec

Resumen

La biomasa residual no es suficientemente aprovechada energéticamente en Ecuador. Ejemplo de ello es el mucílago de cacao (CCN-51), en la actualidad un residuo sin aprovechamiento rentable. El objetivo de este estudio fue simular la producción de bioetanol carburante a partir de dicho residuo utilizando el programa *Aspen Plus*[®].

Introducción

El interés por los biocombustibles, en especial para el transporte es cada vez mayor, ya que estos pueden sustituir parcial o completamente a los combustibles fósiles. El agotamiento de estos últimos y su alto coste, sumados al impacto ambiental, resultan ser los factores que promueven la investigación en biocombustibles [1].

La biomasa agrícola residual del Ecuador constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento. De hecho, en la actualidad, ya se está produciendo la gasolina *ECOPAÍS*: un biocombustible compuesto por 5% de bioetanol (proveniente de la caña de azúcar) y un 95% de gasolina base. Alternativamente, también se analizan otros residuos como los de la palma africana, banano, arroz y cacao.

La simulación del proceso se ha llevado a cabo mediante *Aspen Plus*[®], posibilitando la obtención de especificaciones de diseño, condiciones de operación y permitiendo llevar a cabo análisis económicos preliminares de producción industrial.

Metodología

Para efectos de esta investigación, se propuso la capacidad de diseño para una planta piloto que procese 1000 L/día de mucílago de cacao CCN-51 de la Zona 6 en Ecuador.

Se escogió un modelo NRTL como método de predicción termodinámico en fase líquida no ideal al tratarse de un proceso con componentes polares (etanol, agua, glucosa, etc.) [2].

La etapa de fermentación consistió en dos reactores *batch* conectados en serie. El primero permite un tratamiento térmico del mucílago de cacao y la inversión de sacarosa. En el segundo se lleva a cabo la fermentación.

Con la solución alcohólica obtenida tras la fermentación, se procedió a realizar el primer proceso de separación del etanol que incluye dos destilaciones con reflujo, obteniendo una solución de al menos 50% en etanol en una primera etapa y una mezcla cercana al azeótropo en la segunda. Se utilizaron modelos basados en *Winn-Underwood-Gilliland* para realizar una estimación inicial de los parámetros de operación más relevantes y un modelo “*plato a plato*” para una simulación rigurosa [3].

La ruptura del azeótropo se lleva a cabo mediante destilación extractiva con glicerina, seguida del uso de tamices moleculares usando *Aspen Adsorption*[®] para alcanzar la especificación de etanol anhidro.

Resultados

El residuo de mucílago de cacao CCN-51 ingresa en la corriente S1 a temperatura y presión ambientales (Figura 1). En el primer reactor (R-101), de tipo *Batch*, tiene lugar la reacción de inversión de la sacarosa para aumentar el rendimiento del proceso y proporcionar un tratamiento térmico al mucílago para evitar su degradación. Esta reacción ocurre a 127 °C durante 12 min aproximadamente con un grado de conversión del 90%. A continuación, se hace pasar la corriente de mucílago al reactor R-102 junto con las levaduras de tipo *Saccharomyces Cerevisiae* para empezar la reacción de fermentación alcohólica de la glucosa a 35 °C y presión atmosférica durante 48 horas de tiempo máximo. Desde este reactor salen las

corrientes de ventilación (VENT), y la corriente S4 con el *beer* o solución alcohólica.

La corriente VENT elimina en continuo el CO₂ producto de la fermentación junto con etanol en equilibrio. Se dirige a una columna de absorción para recuperarlo.

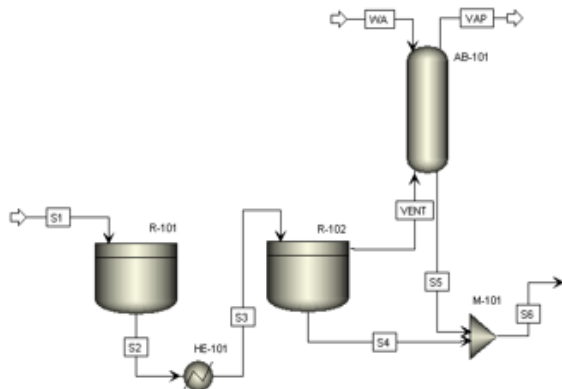


Figura 1.- Sección de reacción del proceso: inversión de la sacarosa, fermentación y absorbedor vapores etílicos.

La Figura 2 muestra el tren de rectificación, que incluye una columna (T-101) con 9 etapas. La corriente de salida del condensador (S10) tiene una concentración másica de etanol del 70% a 79,67 °C y 1,02 atm de presión. Dicha corriente ingresará directamente a la etapa 26 de la segunda columna de destilación T-102.

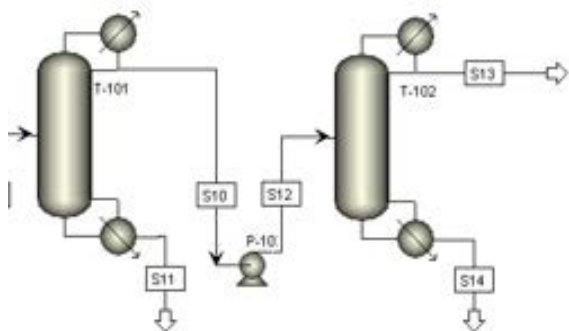


Figura 2.- Detalle del tren de destilación a reflujo para conseguir una mezcla cercana a la azeotrópica.

Posteriormente, la corriente de cabeza de T-102 (S13) se procesa en una columna de destilación extractiva que usa glicerina como solvente extractor (Figura 3). La corriente SOLV lleva aproximadamente 12 kg/h de glicerina, que es igual a tres veces la cantidad de alcohol en la corriente de alimentación. La columna de destilación extractiva T-103 cuenta con dos etapas: la primera, que es por donde ingresa el solvente, y la segunda para el etanol concentrado. De aquí sale la corriente S17 que

contiene alcohol en un 98% de fracción másica a 74,6 °C y la corriente S16 con la glicerina y el agua separada a 145 °C. Finalmente, la corriente S17 se traslada hasta el lecho de tamices moleculares de zeolita tipo 3A con 0,1 m de diámetro interno y 0,45 m de altura por donde es adsorbida la cantidad de agua suficiente para deshidratar el alcohol hasta dejarlo al 99,6% v/v.

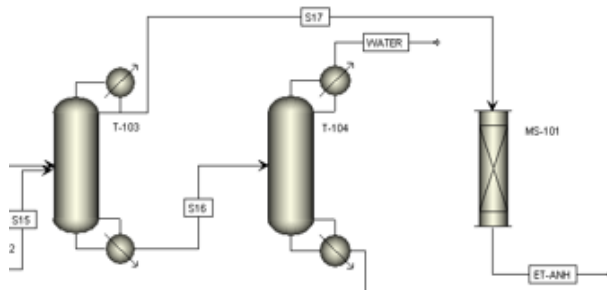


Figura 3.- Tren de destilación extractiva con glicerina y adsorción de zeolita.

Conclusiones

Se logró simular con satisfacción el proceso de producción de etanol carburante a partir de mucílago de cacao CCN-51 de la Zona 6 de Ecuador como parte de un diseño conceptual.

Se aplicó el software de simulación de procesos *Aspen Plus*® y se incluyeron el proceso de producción alcohólica (fermentación), destilación con reflujo y deshidratación mediante glicerina.

Además, se empleó *Aspen Adsorption*® para escalar el proceso de adsorción con tamices moleculares de zeolita tipo 3A para lograr etanol anhidro hasta en un 99,6% v/v, porcentaje apto para su uso como aditivo de gasolina en Ecuador.

REFERENCIAS

- [1] Anaya Durand, A., Alarid Miguel, J., Gallegos Diez Barroso, G., & Sierra Ángeles, J. P. (2006). Heuristics rules for process equipment. Chemical Engineering -New York-Mcgraw Hill Incorporated Then Chemical Week Publishing.
- [2] AL-MALAH, K. I. M. (2017). ASPEN PLUS CHEMICAL ENGINEERING APPLICATIONS (1st ed.). Wiley. New Jersey.
- [3] Cardona, C. A., Sánchez, Ó. J., Montoya, M. I., & Quintero, J. A. (2005). Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz. Scientia et technica, 2(28). <https://doi.org/10.22517/23447214.6859>
- [4] Aspen Technology, Inc. (2018a). Aspen Plus