

# Implementation of a packet tower for diminution of furfural in the distillation process of cocuy pecayero

**Iván Leal Granadillo\*, María Madrid Díaz, Mirse Rangel Molleda,  
Cornelio Martínez Bracho, Héctor Morán Guillén**

*Laboratorio de Análisis Químico, Centro de Investigaciones en Ciencias Básicas y  
Departamento de Química, Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda".  
Coro, Venezuela. ileal@unefm.edu.ve*

## Abstract

The distillation of cocuy liquor in the Pecaya's town, Sucre's Municipality of Falcon state, is an artisan process and the main problem for its sale is the high concentration of furfural and methanol into the beverage; hence, the aim of this investigation consisted in the designed, constructed and placed into operation to a packed tower than substituted the artisan rectifying column for to lessen the furfural's concentration into the beverage. The packed tower designed and constructed was a 0.45 m of diameter and 0.33 m of high of packed bed, this is equivalent to four theoretical plates of separation. For the evaluation was performed two distillations of 100% *Agave cocui* must; from the first distillation were obtained 44 fractions and 40 from the second distillation, which were analyzed by gas chromatography. According to the results, the incorporation of the packed tower into the distillation process of cocuy pecayero produced a diminution of the furfural's concentration lower than concentration detected. On the other hand, the concentration of methanol was slow respect to the artisan distillation; however, this concentration is higher to the limit of COVENIN 3662 norm.

**Key words:** cocuy pecayero, packed tower, furfural.

# Implementación de una columna empacada para la disminución del furfural en el proceso de destilación del cocuy pecayero

## Resumen

La elaboración del licor de cocuy en la población de Pecaya, Municipio Sucre del Estado Falcón, se ha venido realizando de manera artesanal y el principal problema existente para su comercialización es la elevada concentración de furfural y de metanol en el licor; por esta razón, el objetivo de la investigación consistió en el diseño, construcción y evaluación de una columna empacada, que sustituyera el rectificador artesanal, con la finalidad de disminuir la concentración de furfural en la bebida para solventar parte de este problema. La columna empacada diseñada y construida tiene un diámetro de 0,45 m y una altura del lecho empacado de 0,33 m, lo cual es equivalente a cuatro etapas teóricas de separación. Para la evaluación, se realizaron dos destilaciones de cocuy 100% *Agave*, obteniéndose en total de la primera destilación 44 fracciones y de la segunda destilación 40 fracciones, las cuales se analizaron por cromatografía de gases. De acuerdo a los resultados obtenidos, con la incorporación de la columna empacada al proceso de destilación de cocuy pecayero se logró disminuir la concentración de furfural a trazas indetectables. En cuanto al metanol, se logró disminuir su concentración respecto de la destilación artesanal, sin embargo, aún excede los límites permisibles por la norma COVENIN 3662.

**Palabras clave:** cocuy pecayero, columna empacada, furfural.

## Introducción

El cocuy pecayero, es una bebida alcohólica que se obtiene por destilación y rectificación artesanal de mostos preparados a partir de las cabezas maduras (corno central) de la planta *Agave cocuí* Trelease previamente hidrolizados o cocidos y sometidos a fermentación alcohólica con levaduras naturales o cultivadas, su nombre es debido a que este es producido en la población de Pecaya municipio Sucre del estado Falcón, Venezuela [1, 2]. Es elaborado en varias etapas, la primera incluye el corte de la planta el cual se realiza cuando la planta tiene entre 7 y 10 años. Seguidamente, el corno central o piña de la planta es cocido en un horno de piedra construido en el suelo, durante 72 a 120 horas y una vez horneadas, las piñas son trituradas en cubas de madera que posteriormente son lavadas, prensadas y filtradas. El jugo obtenido se fermenta durante 4 o 5 días en toneles de plástico o de metal para finalmente ser destilado en un alambique artesanal que está constituido por un calderín, un rectificador y un condensador [3]. Condiciones similares a la de la obtención del mezcal [4, 5].

En los últimos años se han realizado una serie de investigaciones [3, 6-9] con el fin de estudiar el proceso de elaboración artesanal del cocuy pecayero a los fines de optimizarlo y de establecer el control de calidad de la bebida y de esta manera legalizar su producción y comercialización. En Venezuela, toda bebida alcohólica de fabricación nacional a ser comercializada debe seguir los lineamientos establecidos en la norma COVENIN 3662 "Cocuy Pecayero" [1]. Leal y col. [3], determinaron que el cocuy pecayero obtenido en la destilación artesanal contiene una concentración de metanol de 85 mg/100 mL y de furfural de 53 mg/100 mL, valores que exceden los límites permitidos por la norma COVENIN 3662 [1]. Esto es debido a que el calentamiento durante la destilación se realiza con leña, haciendo que el calor suministrado al calderín no pueda ser controlado eficazmente, lo cual no permiten mantener el equilibrio líquido-vapor en el sistema, entre otras causas.

El objetivo principal de este estudio fue diseñar, construir y evaluar una columna empacada, que permita mejorar el contacto entre las fases líquido-vapor durante la destilación, con el

fin de disminuir la alta concentración de furfural en la bebida manteniendo sus propiedades organolépticas.

## Parte experimental

### Diseño de la columna empacada

El diseño de la columna empacada consistió en la determinación de la altura del lecho empacado ( $Z$ ) que logre la retención del furfural en la columna, el cual fue calculado a través del número de unidades de transferencia ( $N_{OG}$ ) y la altura de una unidad de transferencia ( $H_{OG}$ ) [10], empleando la ecuación (1):

$$Z = H_{OG} * N_{OG} \quad (1)$$

Para el cálculo de  $Z$ , inicialmente se establecieron las condiciones teóricas de operación, entre ellas: el diámetro de la columna, el tamaño y la altura de empaque, considerando el diámetro del rectificador artesanal. Posteriormente, se realizó el diseño de la columna empacada siguiendo el procedimiento de cálculo para destilaciones multicomponentes en lotes propuesto por Ludwig [10] y se calculó el número mínimo de etapas teóricas por la ecuación de Fenske (2):

$$N_{\min} = \frac{\ln \left[ \left( \frac{X_{LK}}{X_{HK}} \right)_D * \left( \frac{X_{HK}}{X_{LK}} \right)_B \right]}{\ln(\alpha_{prom})} \quad (2)$$

En la ecuación (2)  $X_{LK}$  es la composición en el líquido del componente clave liviano,  $X_{HK}$  es la composición en el líquido del componente clave pesado y  $\alpha_{prom}$  es la volatilidad relativa promedio.

Luego se calculó el  $H_{OG}$  con la ecuación (3) de Fair y Bolles [11] que proporciona una buena estimación para destilaciones en las que se utilizan empaques vaciados y el  $N_{OG}$  a partir de las ecuaciones (4) y (5) propuestas en el Perry [12] por medio de las cuales las etapas teóricas se puede convertir en número de unidades de transferencia.

$$H_{OG} = H_G + m * \left( \frac{G_m}{L_m} \right) * H_L \quad (3)$$

$$\lambda = m * \frac{G_m}{L_m} \quad (4)$$

En la ecuación (3)  $H_G$  es la altura individual de una unidad de transferencia de la película de gas (m),  $m$  es el gradiente de concentración para las fases de líquido y de vapor,  $G_m$  es el flujo molar de gas superficial ( $\text{kmol}/\text{sm}^2$ ),  $L_m$  es el flujo molar de líquido superficial ( $\text{kmol}/\text{sm}^2$ ) y  $H_L$  es la altura individual de una unidad de transferencia de la película de líquido (m). Mientras que, en la ecuación (5)  $N_T$  es el número total etapas requeridas para la separación.

$$N_{OG} = N_T \cdot \frac{Ln\lambda}{\lambda - 1} \quad (5)$$

### Evaluación de la incorporación de empaques al proceso de destilación

La evaluación de la eficacia de la incorporación de empaques al proceso de destilación de cocuy pecayero se llevó a cabo a través de la realización de dos (2) destilaciones de mosto fermentado 100% Agave. El destilado fue recolectado para cada caso en fracciones, de la siguiente manera: las primeras doce de 125 ml; luego, quince de 350 mL y el volumen restante en cantidades de 750 mL.

### Instrumentación

Las muestras obtenidas fueron analizadas utilizando un cromatógrafo de gases Chrompack CP 9001 con columna capilar CP-SIL 57 CB y detector de ionización de llama (FID), utilizando como gas de arrastre Helio a 13 mL/min y ajustando la temperatura del inyector a 210°C y la del detector a 180°C. El programa de temperatura del horno del cromatógrafo para los volátiles mayoritarios y el etanol se muestran en la Figura 1.

Cada una de las fracciones de destilado se analizaron por inyección directa de 1  $\mu\text{L}$ . Los compuestos volátiles cuantificados en el cocuy

fueron: el acetaldehído, acetato de metilo, acetato de etilo, metanol, etanol, 1-propanol, alcohol iso-butílico, alcohol iso-amílico, furfural y ácido acético. Para el análisis, se prepararon soluciones de los compuestos analizados a partir de patrones de 99,9% de pureza marca Sigma-Aldrich.

## Resultados y discusión

### Diseño de la columna empacada

La Tabla 1 y la Figura 2 muestran los valores de parámetros y dimensiones de diseño de la columna, la altura mínima empacada estimada es de 0,33 m, que equivale a 4 etapas teóricas de separación.

### Descripción del proceso de destilación

El proceso de destilación del cocuy pecayero se inicia cuando 170 L de mosto fermentado, [7] son introducidos al tambor de destilación (A), mientras que otra cantidad de 20 L se incorporan a la columna empacada (B) (Figura 3). Todos los equipos cuentan con indicadores de temperatura y presión que permiten monitorear las condiciones de equilibrio del sistema y adicionalmente, el tambor destilador (A) posee un motor de agitación continua que garantiza la homogeneidad del mosto y mejora la distribución del calor suministrado a la alimentación, evitando que los sólidos se sedimenten y se quemen. En este equipo el rango de temperatura oscila entre 94°C y 98°C y la presión es de 1 barg aproximadamente.

Los vapores que salen del tambor de destilación entran por el fondo de la columna empacada y al hacer contacto con los 20 L de mosto agregados al inicio del proceso, condensan hasta alcanzar las nuevas condiciones de equilibrio. Las temperaturas de tope y fondo de la columna son 83°C y 93°C respectivamente, bajo las cuales una

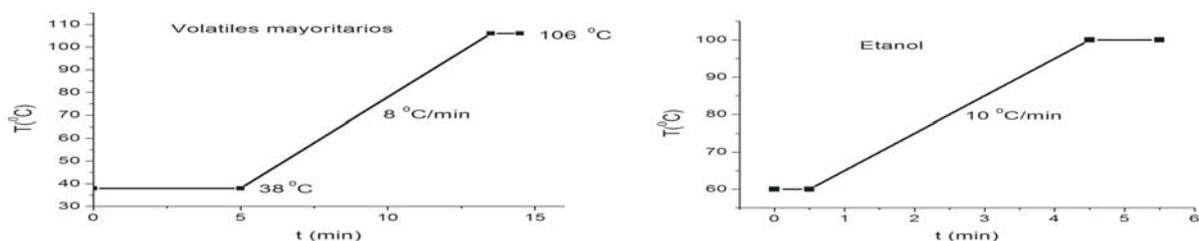


Figura 1. Programa de temperatura del horno para los volátiles mayoritarios y etanol.

Tabla 1  
Parámetros y dimensiones de diseño de la columna empacada

|                  |                  |                         |               |
|------------------|------------------|-------------------------|---------------|
| $N_{OG}$         | $H_{OG}$ (m)     | Z (m)                   | $N_{min}$     |
| 2,18             | 0,151            | 0,33                    | 4             |
| Columna empacada |                  |                         |               |
| $T_{fondo}$ (°C) | $T_{tope}$ (°C)  | Altura total (cm)       | Diámetro (cm) |
| 83               | 93               | 122                     | 45            |
| Empaque          |                  |                         |               |
| Tamaño nominal   | Tipo             | Material                |               |
| 3/4"             | Anillos Rasching | Acero inoxidable 304 SS |               |

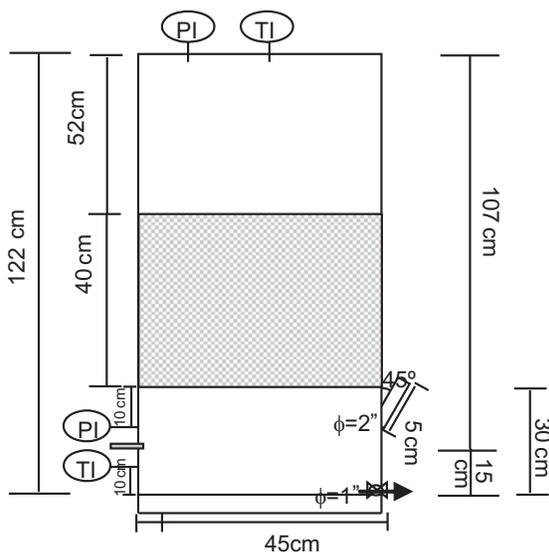


Figura 2. Especificaciones de medida de la columna empacada.

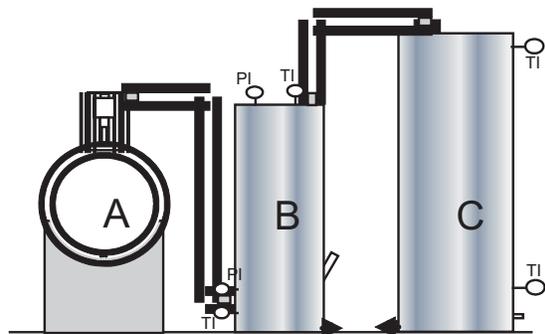


Figura 3. Diagrama del alambique para la destilación de cocuy pecayero. (A) Tambor de destilación, (B) columna empacada, (C) condensador.

cantidad de vapor asciende (24 L) a través del lecho empacado y 5 L regresan como líquido al fondo de la columna, permitiendo que se produzca un reflujo interno. Los vapores que salen de la columna empacada entran al condensador, que está provisto de un serpentín de cobre y utiliza agua como fluido de enfriamiento, donde se condensan para luego ser recolectados como licor de cocuy. Este proceso de producción de cocuy pecayero se lleva a cabo por medio de una operación por lotes en un período de duración de cinco horas aproximadamente.

**Rendimiento y perfil de concentraciones de los volátiles mayoritarios**

El acetaldehído constituye el compuesto con menor punto de ebullición presente en la bebida, encontrándose en altas concentraciones en las primeras fracciones y disminuyendo progresivamente a medida que transcurre la destilación. Es importante destacar que altas concentraciones de acetaldehído puede provocar un olor y sabor desagradable en el licor. La presencia de altas concentraciones de este compuesto en el cocuy obedece a una defectuosa fermentación del mosto, producto de una deficiencia de nutrientes, degradaciones oxidativas de los aminoácidos (mecanismos de Strecker) [13] y a la oxidación de ácidos grasos insaturados [14], lo cual puede producir una bebida de baja calidad, cuando este compuesto se encuentra en altas concentraciones. En la primera destilación, su concentración al inicio es de 103 ppm y al final de 85 ppm, mientras que en la segunda es de 135

ppm y finaliza en 29 ppm (Figuras 4 A y B). Las concentraciones encontradas para este compuesto con el destilador artesanal, están comprendidas entre 6973 ppm y 119 ppm [3] y al compararlas con las de la columna empacada, se observa una diferencia significativa, lo que muestra que en las dos destilaciones realizadas, se puede destinar un volumen mayor de la cabeza al destilado medio.

Las concentraciones de los acetatos de metilo y etilo siguen una tendencia similar a la del acetaldehído. Las Figuras 4 A y B muestran las concentraciones del acetato de metilo, cuyo rango de concentración va desde 82 ppm hasta 19 ppm para la primera destilación y en la segunda, desde 166 ppm hasta 19 ppm. En cuanto al acetato de etilo presentó una concentración inicial en la primera destilación de 1682 ppm y una final de 27 ppm (Figura 4A), mientras que en la segunda estuvo comprendida entre 6066 ppm y 60 ppm (Figura 4B); cabe destacar que no son aconsejables altas concentraciones de acetato de etilo

en el producto final ya al igual que el acetaldehído, le aportan a la bebida aromas característicos de solventes [10].

Las Figuras 5 A y B, muestran las concentraciones alcanzadas por el 1-propanol. Para la primera destilación, la concentración inicial del 1-propanol fue de 64 ppm e incrementa su concentración en las fracciones subsiguientes y luego disminuye hasta alcanzar 80 ppm, mientras que para el segundo muestreo tiene una concentración inicial de 451 ppm y una final de 72 ppm.

El perfil de concentraciones alcanzado por el alcohol isobutilico y el alcohol isoamílico se muestran en las Figuras 5 A y B; en ellas se observa que el alcohol isobutilico presenta una concentración inicial de 162 ppm y disminuye hasta 26 ppm, mientras que el alcohol isoamílico tiene 1227 ppm inicialmente y alcanza 80 ppm al final de la primera destilación. Para la segunda destilación, el alcohol isobutilico presenta un comportamiento irregular y tiene mayor concentración en las primeras fracciones con respecto a la pri-

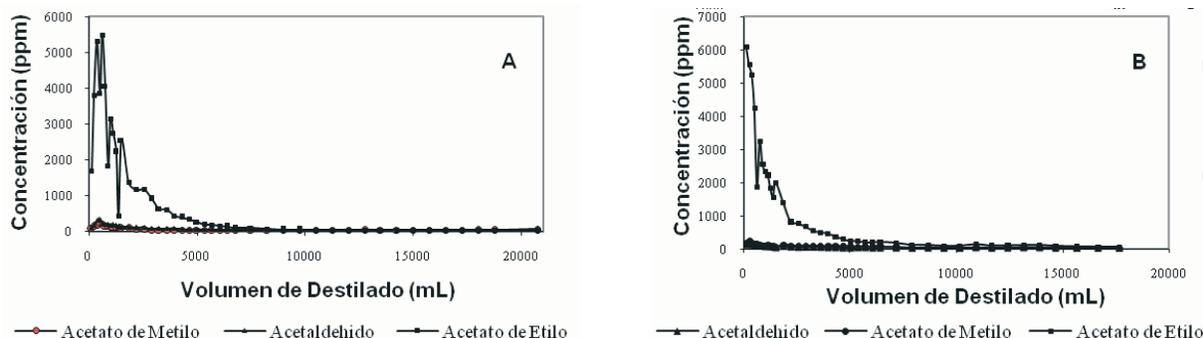


Figura 4. Perfil de concentraciones del acetaldehído, acetato de metilo y acetato de etilo en (A) la primera destilación y (B) la segunda destilación con la columna empacada.

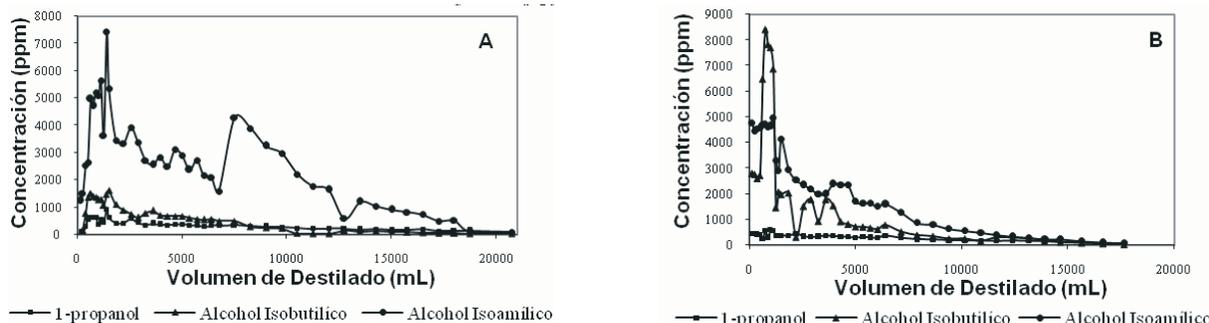


Figura 5. Perfil de concentraciones del 1-propanol, alcohol isobutilico y el alcohol isoamílico en (A) la primera destilación y (B) la segunda destilación con la columna empacada.

mera destilación y en la fracción 23 las composiciones se igualan hasta el final de la destilación, en cambio el alcohol isoamílico muestran un mejor comportamiento iniciando desde 4751 ppm en la primera fracción hasta 92 ppm al final de la destilación. Boulton y col. [15] mencionan que concentraciones superiores a 3500 ppm de dichos alcoholes, pueden aportar en el producto un olor punzante y sabor picante al gusto. Al comparar la concentración de estos compuestos con las del cocuy obtenido de manera artesanal, se observa que aunque los conseguidos con la columna empacada son mayores se mantienen por debajo del límite permitido por la norma.

En cuanto al metanol, que constituye uno de los compuestos que debe ser controlado en la bebida por sus efectos tóxicos, ya que se oxida a etanal y ácido fórmico los cuales lentamente pueden alcanzar altas concentraciones en el cuerpo humano y pueden provocar ceguera [16], la concentración inicial obtenida en la primera destilación fue 232 ppm incrementándose hasta 564 ppm, mientras que para la segunda, inicia en 591 ppm y culmina en 557 ppm (Figura 6A).

Leal y col. [3] reportan que las concentraciones obtenidas en la destilación artesanal están entre 802 ppm y 855 ppm, al comparar estos valores se observa que los alcanzados con la columna empacada son inferiores. Es importante señalar que la alta concentración de metanol es debida a la hidrólisis de la pectina del agave durante la fermentación [14], además, largos periodos de prensado favorecen la incorporación de la pectina al mosto [17] y una vez iniciado el proceso de destilación, su concentración aumentará en el producto final, debido a su alta solubilidad en agua.

En lo que respecta al etanol, este presenta altas concentraciones en las primeras fracciones y va disminuyendo su contenido en las últimas (Figura 6B); al inicio es de 76 GL para la primera destilación y desciende uniformemente hasta alcanzar 34 GL en la última fracción, mientras que el perfil de concentraciones en la segunda destilación presentó un comportamiento descendente desde 70 GL hasta 28 GL, esto se debió posiblemente a que la cosecha de la planta se llevó a cabo en épocas de lluvia, lo cual hace que dicha planta absorba mayores cantidades de agua disminuyendo su concentración de azúcares, que son los responsables de la producción de alcoholes en el mosto [8].

En cuanto al furfural, que es un componente soluble en agua de aroma que recuerda al caramelo, formado por deshidratación en medio ácido de los azúcares residuales del mosto al ser sometido a calentamiento y que se destila principalmente en las colas por su alto punto de ebullición [13], debe ser controlado en la bebida hasta una concentración máxima de 60 ppm tal cual lo establece la norma COVENIN 3662 [1]. Leal y col. [6] reportan que al controlar la temperatura a lo largo de la destilación se puede lograr disminuir la concentración de dicho compuesto a 320 ppm ya que la encontrada en el cocuy pecayero a través del rectificador artesanal es de 530 ppm. Por ello se consideró necesario incorporar adicionalmente al proceso de destilación un lecho empacado, que logró disminuir el contenido de furfural, en las fracciones obtenidas para cada destilación, a trazas indetectables por la columna capilar del cromatógrafo utilizado.

El último de los compuestos cuantificados fue el ácido acético, el cual ha sido objeto de poco

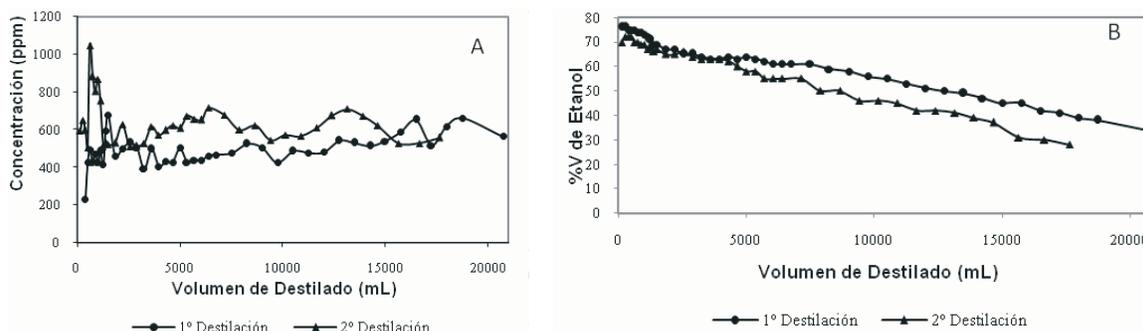


Figura 6. Perfil de concentraciones del metanol (A) y etanol (B) en la primera y la segunda destilación con la columna empacada.

estudio en la bebida, ya que su aparición en la misma ocurre cuando es excedido el tiempo de fermentación del mosto, cuando las acetobacterias consumen al etanol convirtiéndolo en ácido acético [18]. En la primera destilación, la curva muestra una concentración inicial de 5 ppm incrementando su valor a medida que transcurre la destilación, alcanzando 505 ppm. En la segunda destilación, también se encontró presencia de ácido acético, iniciando su concentración en 569 ppm hasta alcanzar 930 ppm. Una vez analizadas cada una de las fracciones recogidas, se realizó la mezcla para la obtención de los cortes de cabeza, destilado medio y cola del licor de cocuy. La Tabla 2 muestra dichos rendimientos.

Estos valores fueron obtenidos con un grado alcohólico de 50 GL que establece la norma, obteniéndose de esta manera para la primera destilación un volumen de licor superior en 6,25

L al obtenido de la destilación tradicional. Para el segundo muestreo, el destilado medio fue inferior en 1,6 L al de la destilación artesanal, esto se debió a que el grado alcohólico en el mosto para la segunda destilación fue menor. No fueron obtenidas colas en la primera destilación con la columna empacada, ya que pudieron ser aprovechadas por la baja concentración de furfural, generando un mayor rendimiento de la operación, mientras que en la segunda destilación con la columna empacada se obtuvo un volumen de 4,5 L de producto de cola ya que el bajo contenido de etanol no permitió que se mezclara como destilado medio hasta alcanzar el grado alcohólico deseado.

La concentración de los volátiles mayoritarios cuantificados en cada uno de los cortes obtenidos de las destilaciones realizadas con la columna empacada se muestra en la Tabla 3, donde además se muestra la concentración máxima

Tabla 2  
Rendimientos de los cortes del licor de cocuy

| Destilación | Cabeza (L) | Destilado medio (L) | Cola(L) |
|-------------|------------|---------------------|---------|
| Primera     | 1,5        | 20,25               | -       |
| Segunda     | 1,5        | 12,4                | 4,5     |

Tabla 3  
Concentraciones de los compuestos mayoritarios del cocuy pecayero en la primera y segunda destilación

| Compuesto (concentración)   | 1° Destilación |       | 2° Destilación |       |       | Norma COVENIN 3662 |
|---|----------------|-------|----------------|-------|-------|--------------------|
|   | Cabeza         | Medio | Cabeza         | Medio | Colas |                    |
| Metanol (mg/100mL)  | 37,2           | 37,9  | 70,1           | 60,3  | 48,1  | 25                 |
| Furfural (mg/100mL)   | nd             | nd    | nd             | nd    | nd    | 6                  |
| Etanol (G.L)  | 68             | 50    | 69             | 50    | 31    | 50                 |
| Acetaldehído (mg/100mL)   | 20,4           | 5     | 16,5           | 4,2   | 2,6   | -                  |
| Acetato de Metilo (mg/100mL)  | 10,3           | 3,2   | 13             | 4,2   | 1,5   | -                  |
| Acetato de Etilo (mg/100mL)   | 345,4          | 15,1  | 420,7          | 14,8  | 8,3   | -                  |
| 1-Propanol (mg/100mL)   | 34,6           | 20,8  | 58,7           | 26    | 8,8   | -                  |
| Alcohol Isobutílico (mg/100mL)  | 89,3           | 18,4  | 45,9           | 24,8  | 5,5   | -                  |
| Alcohol Isoamílico (mg/100mL)   | 454,6          | 133,9 | 454,3          | 124,3 | 11,5  | -                  |
| Total Congenéricos (aldehídos, ésteres y alcoholes superiores) (mg/100mL) | 954,6          | 196,4 | 1009,1         | 198,3 | 37,8  | 500                |

nd: no detectado.

establecida en la norma COVENIN 3662 [1] para dichos compuestos. Al comparar los valores obtenidos de los componentes del cocuy (destilado medio), con los establecidos en la norma, se observa que en las dos destilaciones con la columna empacada, la concentración del metanol excede el límite permisible por la norma y la concentración de furfural no pudo ser cuantificada debido a que se encontró por debajo del límite de detección (0,37 ppm) del cromatógrafo utilizado. El total de congénicos también se ubicó dentro de los límites establecidos.

### Conclusiones

Con la incorporación de una columna empacada al proceso de destilación del mosto de *Agave cocui*, se logró disminuir el contenido de furfural a trazas logrando así cumplir con los requerimientos impuestos de la norma COVENIN 3662 Cocuy Pecayero. La concentración total de congénicos, la acidez total y el grado alcohólico en el destilado obtenido cumplen con lo establecido en la Norma 3662 mientras que la concentración del metanol excede los límites permisible por la misma.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el FONACIT por el financiamiento del proyecto "Determinación de los componentes volátiles (mosto y destilado medio) y azúcares (mosto) con el fin de optimizar el proceso de elaboración artesanal del Cocuy Pecayero" S1-2001001063.

### Referencias bibliográficas

1. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN (2001) Cocuy Pecayero. Norma 3662.
2. González, C. Noticia histórica sobre el Cocuy (*Agave cocui*) en Falcón. *Croizatia*. 2 (2001) 173-86.
3. Leal, I.; Miquilena, R.; Moran, H. Evaluación del proceso de destilación del Cocuy de Pecaya a partir de la composición de los volátiles mayoritarios. *Multiciencias*. 7(2) (2007) 181-189.
4. De Lechón-Rodríguez, A.; González-Hernández, L.; Barba de la Rosa, A.; Escalante-Minaka, P. Characterization of Volatile Compounds of Mezcal, an Ethnic Alcoholic Beverage Obtained from *Agave salmiana*. *J. Agric. Food Chem.* 54 (2008) 1337-1341.
5. Minakata, P.; González, L.; Barba, A. de León, A. El Mezcal, una bebida natural de alcoholes y feromonas. *Bebidas Mexicanas*. Junio/julio 2006 10-17.
6. Hernández-Caraballo E., Avila de Hernández, R.; Rivas-Echeverría, T.; Capote-Luna, T. *Talanta*, 74(4) (2008) 871-878.
7. Chirino, M.; Moran, H.; Barrera, W.; Leal, I. Evaluación del proceso artesanal de fermentación del mosto del *Agave cocui* a través de la determinación de parámetros fisicoquímicos. *Multiciencias*. 8(3) (2008) 259-266.
8. Ventura, J. Caracterización del Proceso de Producción Artesanal de Cocuy Pecayero. Tesis de grado. UNEFM. Venezuela. 2001.
9. Yegres, F.; Fernández, G.; Padín, C.; Rovero, L.; Richard, N. *Saccharomyces cerevisiae* en la fabricación del licor de Cocuy. *Rev. Soc. Ven. Microbiología*. 23 (2003) 51-54.
10. Ludwig, E. Applied process designs for chemical and petrochemical plants. Editorial Gulf Publishing Company. 2ª ed. (2). USA. 1979.
11. Fair, J.; Bolles, W. Modern Design of Distillation Columns. *Chemical Engineering*. 75 (9) (1968) 156-178.
12. Perry, J. Manual del Ingeniero Químico. Editorial Mc Graw Hill. Tomos IV y V. México. 1992.
13. Mangas, J.; Rodríguez, R. Obtención de Aguardiente de Sidra Mediante Alambique con Columna de Rectificación. *Alimentaria*. 277 (1996) 89-93.
14. Nykänen, L.; Suomalainen, H. Introduction in aroma of beer, wine and alcoholic beverages. Reidel Publishing Company, Dordrecht. (1983) pp 5.
15. Boulton, R.; Singleton, V.; Bisson, L.; Kanke, R. Principles and practices of wine-making. Chapman and Hall. New York. (1995).

- 
16. Raposo, M. Le methanol dans le vins. Lisboa: AGA. Recueil des Methodes Internacionales d'Analyse des Vins (1969). O. I. V., AII. 1986.
  17. Mangas, J.; González, M. Influence of cider-making technology on low-boiling-point volatile compounds. Z. Lebensm. Unters Forsch. 197 (1993) 522-524.
  18. Usseglio, L. Química Enológica. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1998.

Recibido el 20 de Julio de 2009

En forma revisada el 1° de Noviembre de 2010