

## ADSORCIÓN DE COBRE Y ETANOL POR COCO BICHE (*Cocos Nucifera L.*) EN UNA BEBIDA ALCOHÓLICA ARTESANAL, ÑEQUE

Diofanor Acevedo Correa, José Alberto Baldiris Corrales y Diana Mantilla

### RESUMEN

El amplio consumo de bebidas alcohólicas a nivel mundial es de gran interés en particular, aquellas bebidas artesanales como el ñeque que por sus orígenes ancestrales carecen de estándares de proceso para garantizar su calidad. Por lo tanto, es crucial evaluar aspectos importantes, como la concentración de metales pesados, como el cobre, y los niveles de etanol, al tiempo que se implementan técnicas que ayuden a regular la presencia de estos componentes. El objetivo de esta investigación fue analizar la adsorción de cobre y etanol utilizando el coco como método de almacenamiento para una bebida alco-

hólica artesanal. Para lograrlo, se determinó la concentración de cobre mediante espectrometría de absorción atómica y la concentración de etanol mediante cromatografía de gases. Se tomaron muestras de ñeque almacenadas tanto en cocos biches *Cocos nucifera L.* como en recipientes plásticos. Los resultados obtenidos revelaron una disminución en el contenido de cobre y etanol en las muestras almacenadas en cocos biches. Como resultado, se llegó a la conclusión de que esta técnica podría ser una nueva alternativa de almacenamiento para los productores que deseen mejorar la calidad de este producto ancestral.

### Introducción

La OMS estima que un 25% de las bebidas alcohólicas que se consumen a nivel mundial son de tipo artesanal y se comercializan sin intervención de las entidades gubernamentales (Narváez y Siolo, 2019). En Colombia, se produce una variedad de bebidas

artesanales, sin embargo, debido a las condiciones de producción y la ausencia de estándares de calidad estas bebidas son consideradas peligrosas para la salud (González y Medina, 2019). En la costa Caribe colombiana, se elabora una bebida ancestral conocida como chirrinchi, tapa'e tuza o ñeque. Esta bebida alcohólica

se produce de manera clandestina y artesanal a partir de la fermentación y destilación de mostos de caña de azúcar o panela (Tirado y Montero, 2015). En el proceso de elaboración de esta bebida, se utilizan varios equipos esenciales, entre ellos un tanque destinado a la fermentación y un destilador metálico comúnmente

conocido como alambique (Tirado *et al.*, 2017).

El cobre es un oligoelemento esencial para el desarrollo humano, no obstante, es también un metal pesado que puede generar daños a la salud tras su ingesta en altas concentraciones (Espinal, 2018). De acuerdo con Gómez, (2018) la intoxicación suele ocurrir

### PALABRAS CLAVE / Absorción de Cobre / Concentración de Etanol / Ñeque /

Recibido: 09/02/2023. Modificado: 01/07/2023. Aceptado: 04/07/2023.

**Diofanor Acevedo Correa** (Autor de correspondencia). PhD, Ingeniería de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Colombia. Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Valle, Colombia. Ingeniero de Alimentos, Universidad de Cartagena (UniCartagena), Colombia. Químico Farmacéutico,

UniCartagena, Colombia. Docente, Grupo de Investigación en Nutrición y Dietética. Universidad del Sinú Elías Bechara Zainum, Seccional Cartagena, Colombia. Dirección: Av. El Bosque, Transv. 54 N° 30-453, Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia. e-mail: diofanor.acevedo@unisinu.edu.co.  
**José Alberto Baldiris Corrales.** Ingeniero Agroindustrial,

Universidad de Sucre, Colombia. MSc en Dirección estratégica, con especialidad en HSEQ, Universidad Internacional Iberoamericana, Colombia. Director, Escuela Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Sinú Elías Bechara Zainum (UNISINÚ), Montería, Colombia e-mail: ingagroindustrial@unisinu-cartagena.edu.co.

**Diana Mantilla.** Ingeniera de Alimentos, UniCartagena, Colombia. PhD en Ciencias de la Alimentación, Universidad Autónoma de Madrid, España. Grupo de Investigación en Nutrición y Dietética. Universidad del Sinú Elías Bechara Zainum, Seccional Cartagena, Colombia. e-mail: diana.mantilla@unad.edu.co.

## ADSORPTION OF COPPER AND ETHANOL BY COCO BICHE (*Cocos Nucifera* L.) IN A CRAFT ALCOHOLIC BEVERAGE, ÑEQUE

Diofanor Acevedo Correa, José Alberto Baldiris Corrales and Diana Mantilla

### SUMMARY

The wide consumption of alcoholic beverages worldwide is of great interest, particularly those artisanal beverages such as ñeque that, due to their ancestral origins, lack process standards to guarantee their quality. Therefore, it is crucial to evaluate important aspects such as the concentration of heavy metals, such as copper and ethanol levels, while implementing techniques that help regulate the presence of these components. The objective of this research was to analyze the adsorption of copper and ethanol using coconut as a storage method for an arti-

sanal alcoholic beverage. To achieve this, copper concentration was determined by atomic absorption spectrometry and ethanol concentration by gas chromatography. Samples of ñeque stored both in unripe coconut *Cocos nucifera* L. and in plastic containers were taken. The obtained results revealed a decrease in copper and ethanol content in the samples stored in unripe coconut. As a result, it was concluded that this technique could be a new storage alternative for producers who wish to improve the quality of this ancestral product.

## ADSORÇÃO DE COBRE E ETANOL POR COCO BICHE (*Cocos Nucifera* L.) EM BEBIDA ALCOÓLICA ARTESANAL, ÑEQUE

Diofanor Acevedo Correa, José Alberto Baldiris Corrales e Diana Mantilla

### RESUMO

O consumo generalizado de bebidas alcoólicas em todo o mundo é de grande interesse, especialmente as bebidas artesanais como o Ñeque que, devido às suas origens ancestrais, carecem de normas de processamento que garantam a sua qualidade. Portanto, é necessário avaliar aspectos importantes, como a concentração de metais pesados como o cobre e a determinação dos níveis de etanol, bem como implementar técnicas que contribuam para regular a concentração destes componentes. O objetivo desta pesquisa foi analisar a absorção de cobre e etanol usando coco no armazenamento

de uma bebida alcoólica artesanal, para a qual a concentração de cobre foi determinada por espectrometria de absorção atômica e etanol por cromatografia de gás em amostras de ñeque armazenadas em cocos imaturos e em recipientes plásticos. Os resultados obtidos mostraram uma redução do teor de cobre e etanol nas amostras armazenadas em cocos imaturos, portanto, concluiu-se que esta poderia ser uma nova alternativa de armazenamento para os produtores que precisam melhorar a qualidade deste produto ancestral para seus consumidores.

con poca frecuencia, ya que las dosis necesarias para llegar a alcanzar la toxicidad son elevadas, sin embargo, la probabilidad de ingesta se puede ver favorecida al almacenar sustancias ácidas en recipientes de cobre.

El proceso de elaboración del ñeque carece de tecnificación y de estandarización de variables como la concentración de etanol (Tirado *et al.*, 2017). Como resultado, los grados de alcohol en el ñeque pueden variar en cada lote producido. Además, factores como la temperatura, que desempeña un papel crucial en el proceso de fermentación (de la Maza *et al.*, 2019), dependen de las condiciones ambientales que constantemente fluctúan en el proceso (Erazo *et al.*, 2021).

En consecuencia, es necesario buscar alternativas sostenibles para reducir la concentración de cobre en las bebidas alcohólicas y regular los grados de alcohol, a fin de prevenir posibles daños en los consumidores. Se ha investigado el coco (*Cocos nucifera* L.) como un adsorbente eficaz de metales pesados, demostrando su capacidad para adsorber hierro y plomo en agua potable (Tena y Jhames, 2019), así como cobre en soluciones acuosas (Chaudhuri y Yusop, 2010).

Los productores de ñeque del corregimiento de Rocha en Bolívar, Colombia, han optado por envasar esta bebida en cocos con el propósito de mejorar sus cualidades organolépticas y prevenir afecciones en la salud asociados a su consumo. En

concordancia con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar la adsorción de cobre y etanol utilizando coco biche en el almacenamiento de una bebida alcohólica artesanal, ñeque.

### Materiales y Métodos

#### Obtención de materia prima

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó ñeque proveniente del corregimiento de Rocha, ubicado en el departamento de Bolívar, Colombia. Se seleccionaron los cinco principales productores de la zona como fuente del ñeque utilizado en el estudio.

#### Preparación del adsorbente

En este estudio, se empleó coco como adsorbente de

cobre y etanol. Se utilizaron cocos, conocidos como cocos biches, los cuales presentan un bajo nivel de madurez. Estos cocos fueron lavados pelados y cortados en la parte superior para crear un recipiente a partir del fruto.

#### Experimento de adsorción

Inicialmente se prepararon muestras control envasando 2500ml de cada ñeque en recipientes plásticos convencionales previamente etiquetados con la leyenda Muestra P1, P2, P3, P4 y P5. Posteriormente, se envasaron 2500ml de cada muestra de ñeque en cocos biches previamente preparados y etiquetados con la leyenda Muestra CP1, CP2, CP3, CP4 y CP5. Todos los ensayos se realizaron por triplicado y las

muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente durante 7 días.

#### Determinación de concentración de metal

La concentración de cobre se determinó con un espectrómetro de absorción atómica Thermo Scientific Modelo ICE 3000. Para todos los análisis se realizaron curvas de calibración con sus respectivas lámparas y por llama. Se compararon los resultados de cobre obtenidos con los permitidos por la normativa en bebidas alcohólicas según la NTC 410 (ICONTEC, 1999). Adicionalmente se analizó la concentración de hierro, plomo y mercurio.

#### Determinación de concentración de etanol

La concentración de etanol se estableció con base en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890A acoplado a un Masas Agilent Technologies 5975C equipado con un inyector split (relación 10:1). El flujo de helio como portador se estableció en  $1\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ . Las temperaturas en el puerto inyector y detector se fijaron en  $250^\circ\text{C}$  y  $280^\circ\text{C}$  respectivamente. La temperatura del horno fue inicialmente de  $40^\circ\text{C}$  durante 2 min y posteriormente se incrementó a una velocidad de  $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  hasta alcanzar  $25^\circ\text{C}$  durante 1min. Previamente, se establecieron las curvas de calibración a partir de los estándares de etanol. Una vez con las condiciones estipuladas, se inyectaron las muestras de ñeque control y almacenadas en cocos directamente al equipo. Al igual que en la determinación del contenido de cobre, se tuvo en cuenta la normativa técnica colombiana NTC 410 (ICONTEC, 1999) la cual establece un límite de máximo de Cu de  $1\text{mg}/\text{dm}^3$  y un límite mínimo de etanol de 38 grados alcoholimétricos, para comparar los resultados obtenido. Adicionalmente se determinó la concentración de metanol.

#### Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados con el Software SPSS Statistic Versión 23. Se determinó la desviación estándar, las diferencias significativas con un test HSD Tukey y finalmente se determinó el porcentaje de diferencia entre la muestra control y la muestra almacenada en cocos biches.

#### Resultados y Discusión

##### Caracterización de ñeque almacenado en coco biche y envase plástico regular

Los resultados de la determinación de cobre y etanol en las muestras de ñeque almacenadas en coco biche y en envase plástico regular se observan en la Tabla I.

De acuerdo con los resultados presentados, se observa que al comparar las muestras control P1, P2, P3, P4 y P5 con las muestras almacenadas en cocos biches CP1, CP2, CP3, CP4 y CP5, estas últimas muestran valores más bajos de contenido de cobre y etanol. Los valores de concentración de cobre en las muestras de ñeque se encuentran en un rango de  $4.78$  a  $32.55\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Resultados similares fueron

observados por Llontop (2016) en piscos, bebida peruana similar al ñeque en su proceso de producción. La presencia de cobre en las muestras analizadas se debe a las condiciones en la producción del ñeque. Los productores investigados en el corregimiento de Rocha informaron que el proceso de obtención incluye la fermentación de panela, a partir de la cual se obtiene un material ácido como resultado de la metabolización de los carbohidratos por los microorganismos involucrados. Este producto ácido se transfiere a un equipo de destilación conocido como alambique, cuyos serpentines están hechos de cobre. El contacto entre el fermento (medio ácido) y el cobre genera migración del metal hacia el ñeque destilado (Rimache y Huaranca, 2020), lo que provoca un aumento en los niveles de cobre en el producto final.

Además, Gómez (2018) informó que almacenar materiales ácidos en recipientes de cobre favorece la migración de este metal hacia el contenido del producto, lo cual se atribuye a reacciones de lixiviación de cobre, es decir, la disolución de este compuesto en soluciones ácidas (Aguilar, 2019). Esto podría explicar el

comportamiento observado en los resultados.

Al analizar la Tabla I, se observó que las muestras almacenadas en cocos biches exhibieron una reducción en el contenido de cobre y etanol. Los porcentajes de reducción de cobre y etanol alcanzaron el 22% y 19%, respectivamente. Varios estudios han informado que el coco, debido a su alto contenido de celulosa y su estructura superficial porosa, tiene capacidad de adsorción de compuestos (Vidal *et al.*, 2018; Serrano, 2019).

La retención de cobre y etanol en el coco no solo se debe a la presencia de poros en su superficie, sino también a la afinidad entre estos compuestos y los componentes químicos del coco, como vitaminas, carbohidratos, proteínas, enzimas, lípidos, agua y cenizas. Estos componentes permiten la existencia de diversos grupos funcionales en el coco, como carbonilo, amino, amida, fenólico, carboxílico y éster, que facilitan las interacciones intermoleculares entre el cobre, el etanol y el coco (Enrique y Melgar, 2019). Es importante destacar que en las muestras analizadas no se detectó la presencia de metanol, hierro, plomo ni mercurio, a pesar de la falta de estándares de calidad, lo que indica que el ñeque es una bebida alcohólica con potencial para ser comercializada.

Sin embargo, los valores de concentración de cobre presentados en la Tabla I se encuentran por encima del límite máximo permitido establecido por la normativa vigente colombiana NTC 410, que es de  $1\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  para bebidas alcohólicas. Resultados similares fueron observados por Llontop (2016), quien encontró que el 80% de las muestras analizadas superaban el límite máximo de cobre permitido. En cuanto al etanol, la normativa establece un límite mínimo de 38° o 38° de concentración. Algunas muestras en este estudio estaban por debajo de este límite mínimo, no obstante, la

TABLA I  
CONCENTRACIÓN DE COBRE Y ETANOL EN MUESTRAS DE ÑEQUE

Muestra	Cobre ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	Reducción de cobre (%)	Etanol (%)	Reducción de etanol (%)
P1	32.55 <sup>a</sup>		47 <sup>a</sup>	
CP1	25.33 <sup>b</sup>	22	42 <sup>b</sup>	11
P2	9.13 <sup>c</sup>		40 <sup>b</sup>	
CP2	7.29 <sup>c</sup>	20	34 <sup>c</sup>	15
P3	8.41 <sup>d</sup>		31 <sup>d</sup>	
CP3	7.30 <sup>c</sup>	13	26 <sup>e</sup>	16
P4	5.95 <sup>g</sup>		20 <sup>f,g</sup>	
CP4	4.78 <sup>h</sup>	20	18 <sup>g,h</sup>	10
P5	6.49 <sup>f</sup>		21 <sup>f</sup>	
CP5	5.56 <sup>g</sup>	14	17 <sup>h</sup>	19

Medias seguidas de la misma letra en una misma columna no son significativamente diferentes según Tukey (0,05). Fuente: Elaboración propia.

muestras P1, CP1 y P2 cumplían con el requisito. Es importante resaltar que las muestras almacenadas en cocos biches exhibieron valores inferiores. En ninguna de las muestras controles y las almacenadas en coco biche, se detectó metanol.

Los resultados de este estudio generan gran preocupación, ya que la intoxicación por cobre puede ocasionar efectos adversos a corto o largo plazo, como gastroenteritis, vómitos y, en casos más graves, daños en el hígado y el sistema nervioso (Narváez y Siolo, 2019). De manera similar, el consumo de bebidas alcohólicas con alta concentración de etanol puede generar intoxicación grave (Marquina, 2020). Por lo tanto, es de suma importancia implementar técnicas que contribuyan a la reducción de la concentración de cobre y etanol en las bebidas alcohólicas artesanales, con el objetivo de prevenir efectos perjudiciales para la salud de los consumidores y mejorar la aceptabilidad del producto.

## Conclusiones

El presente estudio reveló que las muestras de ñeque estudiadas presentaron valores de concentración de cobre por encima del límite máximo permitido por la normativa vigente,  $1\text{mg}/\text{dm}^3$ , sin embargo, algunas cumplieron con el límite mínimo permitido,  $38^\circ$ . Las prácticas de manufactura implementadas en su producción han sido consideradas las causales del incumplimiento de los

requisitos por lo cual se sugiere cambiar los equipos por otros elaborados en materiales que no contaminen el ñeque, asimismo, se recomienda el almacenamiento de las muestras en cocos ya que se ha mostrado como una alternativa adecuada para la reducción de los niveles de cobre y etanol.

El almacenamiento en cocos biches se presenta como una propuesta para que en las comunidades productoras de ñeque se realicen mejoras en el producto implementando este tipo de técnicas que tienen impacto en la calidad del producto y en la salud de sus consumidores.

## REFERENCIAS

Aguilar Rojas PD (2019) *Lixiviación de mineral de cobre usando soluciones acuosas de urea y ácido cítrico*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 70 pp.

Chaudhuri M, Kutty SRM, Yusop SH (2010) Copper and cadmium adsorption by activated carbon prepared from coconut coir. *Nature Environment and Pollution Technology* 9: 25-28.

De la Maza L, de Cárdenas LZ, Ones OP (2019) Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de la UCSA* 6: 11-19.

Enrique R, Melgar R (2019) *Adsorción de cobre y zinc utilizando el mesocarpo fibroso de la cáscara de coco verde (Cocos nucifera) en efluentes ácidos de mina*. Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú. 92 pp.

Erazo SP, Siguenza SN, Ureña MI, Morales F (2021) Características organolépticas, físico-químicas

y microbiológicas de un vino de frutas: Granadilla. *Revista espacios* 42: 40-50.

Espinal Zanabria VH (2018) *Efecto de la congelación y filtración sobre la purificación del contaminante cobre en piscos artesanales*. Universidad Alas Peruanas, Perú. 76 pp.

Figari IM (2021) Metales Pesados en la Bebida Alcohólica "Pisco" como predictor de riesgo en la salud. *Panorama. Cuba y Salud* 16: 69-75.

Gómez LC (2018) *Funciones Biológicas del cobre (cuproproteínas). enfermedad de Wilson y enfermedad de Menkes*. Universidad Complutense, Madrid, España. 20 pp.

González ÁO, Rojas DP, Medina FR (2019) Recuperar el patrimonio cultural intangible a través de las bebidas artesanales generando una oportunidad a la comunidad campesina. *Germina* 2: 160-167.

ICONTEC (1999) Norma Técnica Colombiana, NTC: 410, Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña, cachaza o branquiña.

Llontop Gonzales JA (2016) *Presencia de cobre en pisco de producción artesanal*. Universidad Alas Peruanas, Perú. 105 pp.

López Naranjo F, Godínez García IH, Flores Hernández R, Altagracia Martínez M, Córdova Moreno R (2013) La calidad de varias bebidas alcohólicas comercializadas en México y las consecuencias potenciales en la salud pública. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 44: 62-72.

Marquina Sanchez F (2020) *Efecto del zumo de fruta de Averrhoa carambola L.(carambola) frente al daño hepático inducido por etanol en ratones*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. 65 pp.

Narváez Guerrero F, Siolo Gutiérrez D (2019) *Caracterización de la bebida alcohólica artesanal Chirrinchi comercializada en el municipio de Sampués, Sucre*. Universidad de Sucre, Colombia. 60 pp.

Rimache Cruz R, Huaranca Calle, DC (2020). *Diseño de una planta piloto artesanal para la obtención de cobre, evaluando los impactos medioambientales y geotécnicos de su área de influencia en Arequipa*. Tesis. Universidad Tecnológica del Perú, Perú. 62 pp.

Serrano Guerrero, DJ (2019) *Síntesis de carbón activado a partir del endocarpio de Cocos nucifera y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 97 pp.

Tena Y, Jhames E (2019) *Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la IE San Andrés de Paragsha-Simón Bolívar 2018*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú. 114 pp.

Tirado DF, Acevedo D, Montero PM (2015) Caracterización del ñeque, bebida alcohólica elaborada artesanalmente en la Costa Caribe Colombiana. *Información Tecnológica* 26: 81-86.

Tirado DF, González Morelo KJ, Correa DA (2017) Determinación de los niveles de metanol, etanol y metales pesados en el ñeque elaborado en tres municipios de Sucre (Colombia). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 33: 135-141.

Vidal NH, Bautista VL, Morales VM, Ordóñez WM, Osorio EC (2018) Caracterización química de la Fibra de Coco (*Cocos nucifera* L.) de México utilizando Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR). *Ingeniería y Región* 20: 67-71.