

Extracción de mucílago de cáscara de *Theobroma cacao* L. para uso en clarificación de jugos de *Saccharum officinarum*

Extraction of hell mucilag of *Theobroma cacao* L. for use in clarification of juices of *Saccharum officinarum*

Ángel Oliverio Fernández Escobar¹, Cyntia Yadira Erazo Solórzano¹, Carlos Vicente Torres Segarra², Diego Armando Tuárez García¹, Emma Danielly Torres Navarrete³, Raúl Gilberto Díaz Ocampo¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias de la Industria y Producción. Carrera de Ingeniería en Alimentos. Campus Finca Experimental "La María". CP. 121250. Km. 7½ vía El Empalme, cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador.

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Empresariales. Carrera de Gestión de Empresas y Carrera de Economía. Campus "Manuel Haz Álvarez". Av. Quito Km. 1½ vía a Santo Domingo, cantón Quevedo. Los Ríos. Ecuador.

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera de Zootecnia. Campus Finca Experimental "La María". CP. 121250. Km. 7½ vía El Empalme, cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador: 0981798950, afernandez@uteq.edu.ec

Rec.: 11.06.2021 Acept.: 22.05.2022

Publicado el 30 de junio de 2022

Resumen

Los mucílagos vegetales tradicionalmente usados para clarificar jugos de caña de azúcar provienen del balso, el guácimo y cadillo, aunque también se puede aprovechar la cáscara de cacao. El objetivo fue establecer el estado de madurez, condición de troceado y tiempo de inmersión en agua de la cáscara de cacao nacional para la obtención de un floculante natural. El procedimiento se estableció mediante el método heurístico, previo a plantear el diseño experimental con 3 factores a, b, c de un diseño completo 2^n , siendo el *factor a* cáscara de cacao nacional (pintón y maduro), *factor b* condición de troceado (trozos gruesos de 3.5 a 4.5 cm, y finos de 0.3 a 0.6 cm) y, *factor c* tiempo de inmersión en agua (60 y 80 minutos), y, de la combinación de factores se establecieron ocho tratamientos con tres repeticiones dando 24 unidades experimentales. Se usó alcohol etílico de 60 °GL en 1.4% para acelerar el proceso de extracción del mucílago, y 100 ppm de metabisulfito de sodio como antioxidante combinado con un shock térmico. La variable dependiente fue la viscosidad con un umbral de 30 centipoise. El tratamiento $a_1b_1c_1$ (cáscara de cacao nacional maduro, trozos finos de 0.3 a 0.6 cm, 80 minutos de inmersión en agua) alcanzó el umbral de viscosidad establecido como meta. Se concluye que, es factible la extracción de mucílago de cáscara de cacao nacional para uso como auxiliar de clarificación de jugos de caña de azúcar.

Palabras claves: floculante, viscosidad, solución mucilaginoso, maceración, pintón.

Abstract

The vegetable mucilages traditionally used to clarify sugarcane juices come from balsa wood, guácimo and cadillo, although cocoa shells can also be used. The objective was to establish the state of maturity, chopping condition and time of immersion in water of the national cocoa shell to obtain a natural flocculant. The procedure was established by the heuristic method, prior to establishing the experimental design with 3 factors a, b, c of a complete 2^n design, being *a* factor shell of national cocoa (pintón and mature), *b* factor condition of cutting (thick pieces from 3.5 to 4.5 cm, and fine pieces from 0.3 to 0.6 cm) and, *c* factor immersion time in water (60 and 80 minutes), and, from the combination of factors, eight treatments with three repetitions were established, giving 24 experimental units. Ethyl alcohol of 60 °GL in 1.4% was used to accelerate the mucilage extraction process, and 100 ppm of sodium metabisulfite as an antioxidant combined with a thermal shock. The dependent variable was viscosity with a threshold of 30 centipoise. The $a_1b_1c_1$ treatment (mature national cocoa shell, fine pieces of 0.3 to 0.6 cm, 80 minutes of immersion in water) reached the threshold viscosity established as a goal. It's concluded that the extraction of mucilage from national cocoa shells is feasible for use as an aid in the clarification of sugarcane juices.

Keywords: flocculant, viscosity, mucilaginous solution, maceration, pintón.

Introducción

El mucílago de origen vegetal tiene peso molecular superior a 200000 g/g-mol, cuya estructura molecular completa es desconocida. Están conformados por polisacáridos celulósicos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas (Durán *et al.*, 1992). El mucílago tiene una reacción que puede ser ácida o neutra y cada una tiene diferentes funciones dependiendo del mayor peso molecular y de la planta en la que se encuentre (Pacheco *et al.*, 2003; Pérez, 2004), según Bruneton (2000), son fibras solubles constituyentes del vegetal, productos fisiológicos que se ubican en células especiales dentro de los tejidos, especialmente en la cubierta externa de la semilla y en diferentes órganos (raíces, bulbos, tubérculos, flores y hojas). Se encuentran en varias familias de vegetales superiores: Malváceas, Liliáceas, Lináceas, Plantagináceas, al igual que en algunas algas marinas.

Los mucílago vegetales son polisacáridos heterogéneos, constituidos por mezcla entre pentosas, hexosas y ácidos urónicos, y en especies marinas se encuentran el ácido alginico, que puede absorber hasta 200 veces su peso en agua (Lluis, 1995). Actúan de forma particular que, al entrar en contacto con agua, producen coloides de baja viscosidad que exhiben actividad óptica, llegándose a confundir con gomas y pectinas ya que están formadas por polisacáridos celulósicos con el mismo número de azúcares, diferenciándose únicamente en sus propiedades físicas (Pacheco *et al.*, 2003; Pérez, 2004).

La cáscara de la mazorca (fruto del árbol de cacao) representa el 67% del peso fresco, y el mucílago y las almendras de cacao el 33%, lo que explica que, del total de biomasa fresca cosechada alrededor del 70% corresponda a residuos vegetales (Appiah, 2004), y que, se genere 10 t de cáscara fresca por cada 1000 kg de almendras secas que se comercializan e industrializan (Wood y Lass, 2008). Los mucílago por estar compuestos de azúcares simples se fermentan, y es necesario conservar en frío si no es usado inmediatamente.

La cáscara cortada del cacao (*Theobroma cacao* L) nacional, CCN-51 y otras variedades cuando están en contacto con el agua tienen la propiedad de desprender una sustancia gelatinosa denominada mucílago, que cambian el color y la viscosidad; cuyo fenómeno es observado al cosechar cacao en épocas de lluvia (Fernández *et al.*, 2020). En el cacao existe dos tipos de mucílago, uno con capacidad floculante (usado como auxiliar de clarificación de los jugos de caña de azúcar) que se obtiene de la cáscara de la mazorca y la corteza del árbol, y, otro es el que se obtiene de las almendras del cacao y el magüey (se producen licores destilados

y no destilados).

En los mucílago con capacidad floculante se han identificado componentes que forman parte de su composición química, así, Cevallos (2018) determinó los constituyentes del mucílago *Opuntia ficus-indica* mediante HPLC-IR: L-arabinosa 44.04%, D-galactosa 20.23%, D-xilosa 22.13%, L-raminosa 7.02%, D-ácido galacturónico 6.38%, D-glucosa ND. Mientras que, los valores expuestos por (Sáenz *et al.*, 2004) son: L-arabinosa 24.6 a 42%, D-galactosa 21 a 40.1%, D-xilosa 22 a 22.2%, L-raminosa 7 a 13.1%, D-ácido galacturónico 8 a 12.7%, D-glucosa ND.

Mientras que, de las almendras del cacao se desprende un líquido que posee azúcares, vitaminas y minerales que le confieren atributos sensoriales como sabor y aroma agradables (Kalvatchev *et al.*, 1998). Ese fluido es hidrolizado y fermentado por microorganismos y produce alcohol (Luzuriaga, 2012). Las semillas de cacao están rodeadas por una pulpa mucilaginosas aromática la cual procede de sus tegumentos, compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10 a 13%), pentosas (2 a 3%), ácido cítrico (1 a 2%), y sales (8 a 10%). Aproximadamente 40 litros de pulpa se pueden obtener de 800 kilos de semillas frescas; contiene cerca del 1% de pectina (Wood y Lass, 1985).

Las plantas mucilaginosas más empleadas en la industria panelera han sido y son el balso, guácimo y cadillo ya que estos tienen un gran poder floculante y permiten el aglutinamiento de las impurezas facilitando y mejorando el proceso de limpieza de los jugos (Durán *et al.*, 1992). El protocolo de extracción de los mucílago consiste en sumergir las semillas y/o cortezas en un solvente normalmente agua por un tiempo determinado (Ziolkovska, 2012). Esta técnica ha sido modificada por diferentes investigadores, con el fin de aumentar el rendimiento de la extracción de las soluciones mucilaginosas sin alterar la composición química.

En la actualidad, la tendencia del uso de los mucílago vegetales se relaciona con la elaboración de productos amigables con el medio ambiente, naturales, sanos y producidos ecológicamente; aspectos direccionados por las exigencias del mercado local, nacional e internacional (Osorio, 2007). La clarificación de jugos de caña es un proceso que coagula los azúcares por calentamiento a temperaturas cercanas a la de ebullición usando auxiliares de clarificación como los mucílago vegetales. Los agentes floculantes naturales provienen de plantas mucilaginosas que existen en Ecuador y Colombia y ha permitido sustituir a los productos químicos (Quezada y Gallardo, 2014).

La panela se produce en al menos 30 países,

siendo Colombia el segundo productor después de la India y en su proceso usa soluciones mucilaginosas para clarificar jugos de caña de azúcar (Rincón, 2018). El uso alternativo de soluciones viscosas a partir de la cáscara de cacao nacional en el proceso de clarificación de jugos de caña de azúcar de la variedad ragnar, abre posibilidades de investigación en una operación unitaria crítica de jugos destinados a varios derivados, como son: panela (atados, bloques o granulada), jugo natural envasado, mieles, alfeñiques y otros, dándole continuidad a la utilización de clarificadores naturales para una alimentación más sana (Fernández *et al.*, 2020).

Extraer mucílago de cáscara de cacao nacional, proyecta ser beneficioso para dos sectores claramente definidos: 1) el cacaotero y 2) el cañicultor; desde el punto de vista económico y social, haciendo útil un residuo de cosecha; y encaminar a la disminución de la explotación de otras especies vegetales, tal como el balso (*Heliconia americana* L.), que para extraer mucílago se corta la corteza de la planta causando la muerte del árbol.

El objetivo de esta investigación fue establecer el estado de madurez, condición de troceado y tiempo de inmersión en agua de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional para la obtención de un floculante natural. La hipótesis evaluada en esta investigación fue: *Todas las combinaciones de tratamientos propuestos dan una solución mucilaginosa de un umbral de 30 centipoise.*

Materiales y métodos

Las mazorcas de cacao nacional pintonas y maduras fueron cosechadas de un huerto con plantas de aproximadamente 30 años de edad, de propiedad de la familia Fernández – Escobar, ubicado a 290 msnm en el recinto Las Juntas, parroquia Moraspungo, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi (Ecuador). La selección se realizó a nivel de finca, pues se consideró únicamente aquellos frutos de cacao en buen estado.

Las propiedades físicas del mucílago obtenido a partir de cáscaras de cacao nacional como la viscosidad y densidad se determinaron en el laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental “La María” campus de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el Recinto San Felipe, km 7½ del trayecto Quevedo - El Empalme en la jurisdicción del Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos.

El arreglo factorial corresponde a 2^n (a, b, c) con dos niveles cada uno, donde los factores fueron: el “a” fue la cáscara de cacao nacional (a_0 = pinton y a_1 = maduro), el “b” la condición de troceado (b_0 = trozos gruesos de 3.5 a 4.5 cm. y b_1 = trozos finos de 0.3 a

0.6 cm.) y el “c” tiempo de inmersión en agua (c_0 = 60 minutos y c_1 = 80 minutos). La combinación de los dos niveles de cada factor dio el siguiente algoritmo: $a_0b_0c_0$, $a_0b_0c_1$, $a_0b_1c_0$, $a_0b_1c_1$, $a_1b_0c_0$, $a_1b_0c_1$, $a_1b_1c_0$, $a_1b_1c_1$, y 3 réplicas siendo 24 experimentos en total. Los resultados de viscosidad se analizaron utilizando el paquete de software estadístico INFOSTAT, a través del análisis de varianza y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Previo el lavado de las mazorcas de cacao, se corta los extremos y se parte longitudinalmente con un machete de acero inoxidable, inmediatamente se separan las almendras de cacao, inspeccionando el interior de la cáscara, descartando aquellas que presentan pardeamiento enzimático ya que conduce a la obtención de un mucílago ligeramente amarillento oxidado y no cristalino (Figura 1). Inmediatamente, la cáscara fue picada en cubitos regulares y también finamente, con un espesor entre 0.3 a 0.6 cm. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 750 g cáscara de cacao nacional, 2207.7 mL de agua, 42 mL de alcohol etílico (60 grados Gay Lussac, °GL) y 0.3 g de metabisulfito de sodio. La corteza del cacao nacional al realizar cortes se oxida rápidamente, por lo que se aplicó un shock térmico.

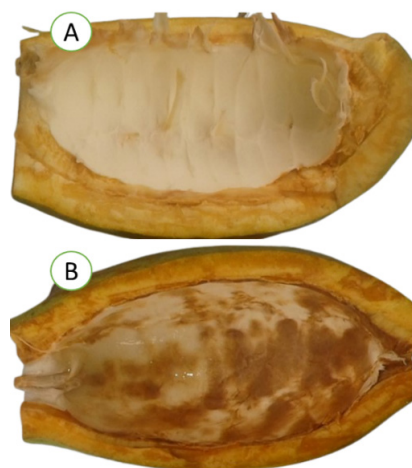


Figura 1. Cáscara de cacao nacional apta (A) y no apta (B) para la obtención de mucílago.

Previo al corte de la cáscara del cacao se hierbe el agua. Alcanzado el punto de ebullición se añade el metabisulfito de sodio, la cáscara de cacao finamente picada y el alcohol etílico de 60 grados Gay Lussac (°GL) en las dosis fijadas en la fórmula. Al añadir metabisulfito de sodio, la cáscara de cacao, y el etanol al agua hirviendo, la temperatura descende, hasta alcanzar el equilibrio térmico por principio termodinámico; se espera que nuevamente alcance la temperatura de ebullición y se deja hervir por 5

minutos. Durante este tiempo se agita levemente el sistema, de manera espaciada (unas dos a tres veces en este lapso). Se enfría en baño maría y se agita la mezcla para ayudar al enfriamiento.

Cuando la temperatura ha descendido a un rango de 45 a 40 °C, se procede a apretar con la mano (con guantes quirúrgicos) las cáscaras de cacao. Este proceso de estrujado se debe hacer por un minuto aproximadamente y en repetidas veces con intervalos de 5 a 6 minutos; esta operación ayuda a soltar el mucílago con mayor rapidez. Inmediatamente debe tamizarse para separar el mucílago generado de la cáscara de cacao (Figura 2), si no se realiza esta operación, la cáscara de cacao sigue desprendiendo mucílago y se puede superar la viscosidad deseada. La solución mucilaginosa fue envasada en frascos de laboratorio para posterior determinación de la viscosidad (Figura 3). Las muestras de mucílago destinadas al proceso de clarificación de los jugos de caña de azúcar se congelan (para evitar procesos fermentativos).



Figura 2. Tamizado de la solución mucilaginosa (C) obtenido a partir de cáscaras de cacao nacional maduro (A) y pintón (B).



Figura 3. Muestras de solución mucilaginosa obtenido a partir de cáscaras de cacao nacional para determinar viscosidad.

Previo a la determinación de la viscosidad de la solución mucilaginosa, se lava el viscosímetro (con una mezcla sulfocrómica), se enjuaga con agua destilada y se seca. El viscosímetro fue calibrado con agua. Se asegura que el viscosímetro alcance en el termostato $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se añade con la pipeta un volumen especificado de agua y se deja 10 minutos para permitir que el agua alcance la temperatura del termostato. Con la ayuda de una manguera se succiona el líquido por el brazo del capilar del viscosímetro hasta que la superficie del líquido este más arriba de la marca superior “a”. Entonces se permite que el líquido baje por el tubo capilar. El tiempo requerido por la superficie del líquido (menisco) para pasar desde la marca superior “a” hasta la marca inferior “b” se anota. El proceso se repite usando la misma cantidad de solución de mucílago de cacao nacional hasta obtener un valor constante.

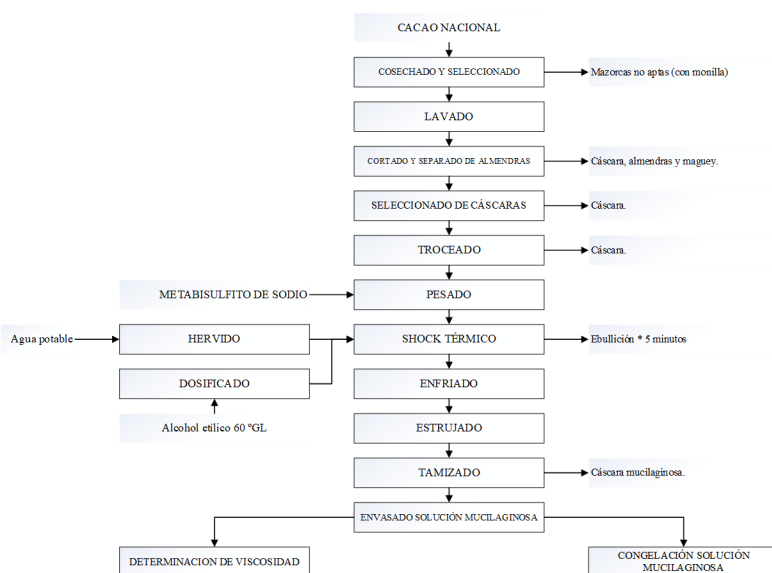


Figura 4. Diagrama de bloques mostrando corrientes de entrada y salida del proceso de obtención del mucílago de cáscara de cacao nacional.

Para establecer la viscosidad mediante la aplicación de la ecuación (1) se necesita la densidad de la solución del mucílago. Para obtener esta propiedad física de la solución mucilaginoso se usó picnómetros de 10 mL a temperatura de 25 °C y su masa se determinó en una balanza analítica METTLER TOLEDO precisión 0.0001 g. Finalmente, la viscosidad de la solución mucilaginoso de cacao nacional se calculó usando la relación entre las viscosidades 1 y 2 de los dos líquidos cuyas densidades son ρ_1 y ρ_2 es:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \quad (1)$$

Dónde: t_1 y t_2 son los tiempos de flujo (ASTM, 2017).

Resultados y discusión

Definición del mejor tratamiento de la solución mucilaginoso de cáscara de cacao nacional

En el Cuadro 1 y Figura 5 aparecen reflejados los valores promedios de la viscosidad expresada en centipoise de la solución mucilaginoso de cáscara de cacao nacional. El análisis estadístico de la varianza establece que, entre las combinaciones de tratamientos existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia del 95% (Cuadro 1). Asimismo, en la prueba de Tukey se encontró que el mejor tratamiento que cumple con el umbral de viscosidad de 30 cP establecido como objetivos de investigación, y corresponde a la combinación $a_1b_1c_1$ y es cáscara de cacao nacional maduro, troceado finalmente de 0.3 a 0.6 mm y tiempo de inmersión en agua de 80 minutos, este tratamiento difiere significativamente de los 7 experimentos respectivamente.

También demuestra que, en el tratamiento $a_1b_1c_0$ se obtiene una viscosidad de 25.52 cP en 60 minutos, aunque difiere significativamente del mejor. Los tratamientos que también difieren significativamente de $a_1b_1c_1$ son $a_0b_1c_0$ y $a_0b_0c_1$ que corresponde a cáscara

de cacao pintón picada en trozos finos de 0.3 a 0.6 cm, da una solución mucilaginoso muy clara (Figura 2 B), alcanzando promedios de 15.35 y 20.92 en 60 y 80 minutos respectivamente. Aunque se necesita más tiempo en inmersión para alcanzar el umbral de viscosidad planteado, y, es perfectamente útil para procesos de clarificación de jugos de caña de azúcar. Los tratamientos $a_0b_0c_0$, $a_0b_0c_1$, $a_1b_0c_0$ y $a_1b_0c_1$ tienen valores de viscosidad promedio de 1.86 cP, 3.07 cP, 2.13 cP y 2.25 cP respectivamente, difieren muy significativamente del $a_1b_1c_1$ y no cumplieron con el propósito establecido de umbral de viscosidad, aunque entre ellos no difieren significativamente.

Cuadro 1. Test de Tukey de los valores de viscosidad (cP) del mucílago de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) nacional.

Tratamientos		Viscosidad (cP) promedio
8	$a_1b_1c_1$	30.94 ^a
7	$a_1b_1c_0$	25.52 ^b
4	$a_0b_1c_1$	20.92 ^c
3	$a_0b_1c_0$	15.35 ^d
2	$a_0b_0c_1$	3.07 ^e
6	$a_1b_0c_1$	2.25 ^e
5	$a_1b_0c_0$	2.13 ^e
1	$a_0b_0c_0$	1.86 ^e
EE		0.21
CV		2.87

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

En sí, la cáscara picada en trozos gruesos de 3.5 a 4.5 cm independientemente si es de cacao pintón o maduro, requiere más tiempo para cumplir el umbral de viscosidad requerido en esta investigación, debido a que hay menor área de contacto de las células secretoras de mucílago con el solvente. Para reflejar los promedios de las réplicas de cada tratamiento y el umbral de viscosidad, se realiza un gráfico de la combinación de tratamientos vs la viscosidad y se muestra en la Figura 5.

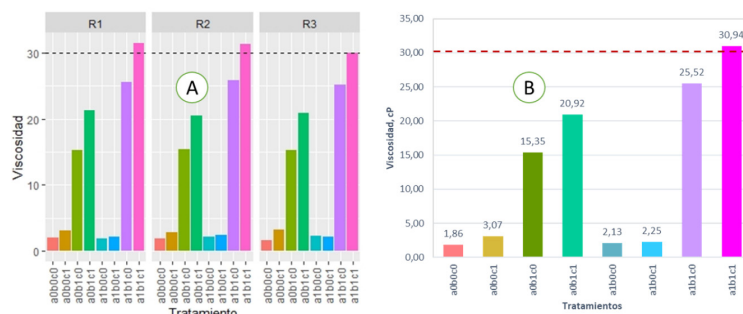


Figura 5. Viscosidad del mucílago de cáscara de cacao nacional obtenido mediante inmersión en agua, reflejando las tres réplicas (A) y el promedio de las réplicas (B) de cada tratamiento y el umbral de viscosidad de 30 centipoise.

Parámetros fijos de extracción

Con el fin de perfilar un método de obtención de mucílago de *Malvaviscus penduliflorus* (San Joaquín) con apropiado rendimiento en la extracción, según Gallardo *et al.* (2013) aplicó 5 procedimientos de extracción, en todos se utilizaron calor y mantuvieron fijos los parámetros tales como: cantidad de muestra 30 g, volumen de agua 300 mL, tiempo de humectación a temperatura ambiente 60 minutos, tiempo de extracción 60 min. Mientras que, en la extracción del mucílago de cáscara de cacao nacional, cada unidad experimental se fijó en 3 kg, estuvo compuesta como se indicó en la metodología, siendo constantes los valores en todos los tratamientos.

Tratamiento térmico para extraer el mucílago de cáscara de cacao nacional

Las reacciones de óxido reducción son catalizadas por las enzimas óxido-reductasas (Scragg, 1999). La velocidad de reacción de las enzimas se duplica y hasta se cuadruplica cuando encuentran la temperatura adecuada de acción, por esta razón, y para no dar tiempo a su actividad es necesario provocar un shock térmico (Alvarez, 2016). Cui *et al.* (1994), demostraron que, la temperatura es el factor que tiene mayor efecto sobre las variables respuestas; a su vez reportaron que, los niveles perfectos de extracción del mucílago son: temperatura de 85 a 90 °C con un valor de pH de 6.5 a 7.0. Caicedo y Saa (2011) señalan que, para obtener una solución de mucílago, el agua en la que se macerará las cortezas de ramas debe mantenerse a 50 °C.

La desventaja de mucílagos obtenidos de especies vegetales es su corta vida útil, por lo tanto, se recomienda que la solución del aglutinante deba prepararse con un máximo de seis horas para evitar el deterioro generado por la acción de microorganismos que crecen fácilmente a temperatura ambiente. Es por esto que, los agricultores paneleros tratan de conseguir, en lo posible, la cantidad de corteza de balso necesaria para cada molienda de caña de azúcar, pero cometen el error de mezclar con aguas no tratadas, ocasionando pérdidas significativas en el manejo del floculante, dada la baja estabilidad estructural durante el tiempo de almacenamiento (Prada, 2002).

Las cáscaras de cacao nacional presentan alta actividad enzimática, al ser cortadas se oxidan rápidamente, por lo que fue necesario buscar un mecanismo de control de la oxidación. **Por lo anterior**, las cáscaras de cacao nacional pintón y maduro fueron troceadas en el menor tiempo posible y se añadieron al agua hirviendo para provocar un shock térmico, además se usó 100 ppm de metabisulfito de sodio, que, a más de antioxidante, ayuda en el proceso de conservación de la solución mucilaginoso.

Porcentaje de cáscara de cacao en la mezcla para extraer el floculante natural

El método y las condiciones de extracción, se seleccionan de acuerdo al rendimiento del mucílago fresco, al rendimiento de los polvos y la viscosidad del mucílago, el método más favorable y eficiente es el de extracción en seco y el de Triturado (Villa *et al.*, 2020). Tomando en cuenta lo realizado por Durán *et al.* (1992), señala que, del árbol de balso se retira la corteza, se maceran o machaca con un mazo con el propósito de liberar los mucílagos. Sin embargo, Paz (1992) utilizó 10 trozos de corteza de balso de 30 x 10 cm que dan un peso aproximado de 3 kg los que se sumergen en 10 litros de agua, se deja reposar por 2 horas y se filtra para separar las cortezas.

Cui *et al.* (1994), demostraron que, para la extracción del mucílago se debe usar una relación semilla agua (RSA) de 1:13. Fernández y Anda (1998), señalaron que, ciertos cañicultores de Pangua usan la planta conocida como grandina y la corteza de balso. Las cortezas de balso son machacadas con piedra o mazo de madera y maceran en agua, por 30 a 60 min, tamizan y añaden la solución viscosa al jugo de caña de azúcar de la variedad ragnar o POJ-2878. La relación de cáscara/agua no han definido, tampoco su viscosidad.

Lo descrito por Pérez (2004) reafirma que, la preparación de la solución de mucílago se hace a razón de dos kilos de cáscara por cuatro de agua y debe realizarse con antelación. La solución mucilaginoso tiene una consistencia de clara de huevo. Las cáscaras usadas para extraer el floculante natural, permite volver a lavar y extraer más mucílago. Para diversificar la fuente de obtención según Caicedo y Saa (2011), preparó la solución de mucílago sumergiendo 125 g de corteza de ramas maceradas en un litro de agua hasta obtener un líquido viscoso. En algunos trapiches, la preparación de la solución mucilaginoso se sustituye el agua por jugo clarificado.

Para extraer mucílago de San Joaquín Gallardo *et al.* (2013) utilizó una relación entre la masa del material vegetal y el volumen de agua desionizada de 1:10 (30 g San Joaquín: 300 mL de agua), y siguió la técnica de Espino *et al.* (2010) quienes, la muestra de *Opuntia ficus indica* (L.) colocaron en un beaker y bajo agitación magnética se calentó hasta ebullición y extrajeron el mucílago. Además, Bravo (2020) señala que, para obtener una solución mucilaginoso cortó dos kilogramos de cáscaras de cacao nacional maduro en trozos de dos centímetros de largo y maceró a temperatura ambiente por 24 horas en 5 litros de agua destilada.

De lo anterior se deduce que, el porcentaje de cortezas o semillas en función de la mezcla en agua

para extraer mucílagos según los autores citados, es: Durán *et al.* (1992) no señala el porcentaje de corteza en maceración; Paz (1992) usó el 23.08 % de corteza de balso; Cui *et al.* (1994) usan el 7.14% de semillas; Caicedo y Saa (2011) sugieren el 11.11 %; Gallardo *et al.* (2013) el 9.09%; Bravo (2020) trabajó con el 28.57% de cáscaras de cacao nacional. Esto demuestra que el rango va de 7.14 a 28.57%. En definitiva, las investigaciones citadas, han constituido el fundamento de haber usado el 25% de cáscara de cacao nacional en la presente investigación.

Viscosidad de las soluciones mucilaginosas

La viscosidad de las sustancias se debe principalmente a las interacciones entre las moléculas del fluido (Duarte y Niño, 2001). La propiedad reológica que caracteriza a los mucílagos es la viscosidad, y es sobre la cual se proyecta la aplicación como aditivo de alimentos (Vargas *et al.*, 2016). Durán *et al.* (1992), señalan que, las cortezas de balso se dejan en remojo hasta que forme una solución con una viscosidad de 6 centipoise semejante a la clara del huevo.

Paz (1992) para clarificar jugos de caña de azúcar, utilizó una solución viscosa a partir de cáscaras de balso de 24 centipoise, determinado a 24 °C. Fernández *et al.* (2020) en la validación del floculante de cáscara de cacao nacional para clarificar jugo de caña de azúcar de la variedad ragnar, usaron soluciones mucilaginosas con viscosidad de 20, 25 y 30 cP y concentración de 0.75, 1.5 y 2.25%.

Pocos son los autores que citan el valor de viscosidad de las soluciones mucilaginosas, y, es un parámetro de control importante para delimitar las variables de control de las soluciones mucilaginosas y los de clarificación de los jugos de caña de azúcar. En este contexto, la presente investigación determinó la viscosidad de las soluciones de mucílago de cáscara de cacao nacional de los tratamientos citados, usando el viscosímetro de Ostwald a 25 °C.

Conclusiones

La obtención de una solución mucilaginosa de cáscara de cacao nacional con umbral de 30 cP usado como auxiliar de clarificación de jugos de caña de azúcar, es mejor a partir de cáscaras de cacao maduro, en trozos finos de 0.3 a 0.6 mm y tiempo de inmersión en agua de 80 minutos, adicionando el 1.4% de alcohol etílico de 60 °GL y 100 ppm de metabisulfito de sodio. Si la viscosidad de la solución de mucílago requerida es < 30 cP, puede usarse los tratamientos como el $a_0b_1c_0$; $a_0b_1c_1$ y $a_1b_1c_0$ para viscosidades de 15.3507, 20.9163 y 25.5175 cP respectivamente. También es viable diluir con agua la viscosidad de 30 cP al valor de interés de estudio.

Literatura citada

- Alvarez, R. (Abril de 2016). ZUMOS TROPICALES. *Memorias de actualización de conocimientos*. Cuenca, Azuay, Cuenca.
- Appiah, M. (2004). Impact of cocoa research innovations on poverty alleviations in Ghana. *Academic of Arts and Science Publication*.
- ASTM, I. (2017). D 445: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of. West Conshohocken, United States.
- Bravo, B. (2020). EVALUACIÓN DE DOSIS DE AGENTES CLARIFICANTES NATURALES EN LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LA PANELA ARTESANAL DE LA COMUNIDAD DE AGUAFRÍA, JUNIN. [Tesis Magister en Agroindustria]. *Repositorio Institucional de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ* MANUEL FÉLIX LÓPEZ. Calceta. Obtenido de <http://190.15.136.145/bitstream/42000/1343/1/TTMAI01D.pdf>
- Bruneton, J. (2000). *Farmacognosia: Fitoquímica de plantas medicinales*. (2da. ed.). Acribia, S.A. Obtenido de https://tejaradrossi.files.wordpress.com/2017/01/farmacognosia_bruneton.pdf
- Caicedo, D., & Saa, I. (2011). ESTANDARIZACIÓN DE UNA FÓRMULA DE AGLUTINANTE NATURAL EXTRAÍDO DE LA PLANTA CADILLO (Triunfeta lappulal) PARA EMPLEARSE COMO CLARIFICANTE EN LA PRODUCCIÓN DE PANELA. [Tesis de Ingeniería Agroindustrial]. *Repositorio Institucional Universidad de San Buenaventura*. Santiago de Cali, Colombia. Obtenido de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1346/1/Estandarizacion_Aglutinante_panela_Caicedo_2011.pdf
- Cevallos, I. (2018). Técnicas de identificación y cuantificación de los principios activos con potencial uso en el sector cosmético encontrados en las especies del género *Opuntia* de la familia Cactaceae. [Tesis de Licenciatura en Ciencias Químicas]. *Repositorio Institucional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14470/Monograf%C3%ada%20Mabel%20Cevallos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cui, W., Mazza, G., Oomah, B., & Biliaderis, C. (1994). Optimization of an Aqueous Extraction Process for Flaxseed Gum by Response Surface Methodology. *Food Science and Technology*, 26(4), 363 -369.
- Duarte, A., & Niño, J. (2001). *Introducción a la*

- Mecánica de Fluidos*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. doi:ISBN 978-958-701-037-4
- Durán, N., Zapata, N., & García, H. (1992). *Manual de elaboración de panela y otros derivados de la caña*. Convenio de Investigación y Divulgación para el Mejoramiento de la Industria Panelera (CIMPA) ICA - Holanda, Barbosa - Colombia. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/30071/27528_16554.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espino, M., Ornelas, D., Martínez, M., Santillán, C., Barbosa, G., Zamudio, P., & Olivas, G. (2010). Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus indica* (L.). *Journal of Food Science*, 75(6), 347 - 352.
- Fernández, Á., & Anda, L. (1998). Proyecto de Factibilidad para la Instalación de una Planta Productora de Panela Granulada en el Cantón Pangua [Tesis de Ingeniería en Alimentos]. *Biblioteca de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Fernández, Á., Torres, E., & Espinoza, B. (2020). EFECTO DE LA VISCOSIDAD DEL MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE CACAO NACIONAL EN LA CLARIFICACIÓN DE JUGO DE CAÑA DE LA VARIEDAD RAGNAR (Vol. 1). Guayaquil, Guayas, Ecuador. doi:978-9942-33-273-8
- Fernández, Á., Tuárez, D., Erazo, C., & Torres, E. (2020). CLARIFICACIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) MEDIANTE EL USO DE MUCÍLAGO DE CÁSCARA DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao* L.). *CIENCIAS AGROPECUARIAS. VII CONGRESO INTERNACIONAL DE LA CIENCIA, TECNOLOGÍA, EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN (SECTEI) 2020 Escuela Politécnica del Chimborazo*, 201 - 218. doi:ISBN: 978-9942-801-17-3
- Gallardo, C., Pazmiño, D., & Enríquez, I. (2013). Extracción y caracterización reológica del mucílago de *Malvaviscus penduliflorus* (San Joaquín). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(4), 567 - 574.
- Kalvatchev, Z., Garzaro, D., & Guerra, F. (Junio de 1998). *Theobroma cacao* L.: Un nuevo enfoque para la nutrición y Salud. *Agroalimentaria*(6), 23 - 25. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3233588>
- Lluis, J. (1995). Principios activos y preparaciones farmacéuticas de las plantas medicinales. *Natura Mediatric*(37 - 38), 7.
- Luzuriaga, D. (2012). EXTRACCIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao*) COMO MATERIA PRIMA EN LA ELABORACIÓN DE VINO. [Tesis de Ingeniería en Alimentos]. *Repositorio Institucional de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería*. Universidad Tecnológica Equinoccial., Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4930/1/47745_1.pdf
- Osorio, G. (2007). *Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BBA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela*. Producción tecnológica AGROSAVIA MANA FAO. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18313>
- Pacheco, L., Mendoza, S., Silva, D., & Granados, B. (2003). Estructuras mucilaginosas en helechos y plantas afines con énfasis en el género *Diplazium* (Woodsia). *Contactos*, 5. Obtenido de <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n48ne/helecdip.pdf>
- Paz, H. (1992). Tratamiento del Jugo de Caña para la Elaboración de Panela [Tesis de Ingeniería]. *Repositorio Institucional de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial*. Escuela Politécnica Nacional., Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4321&shelfbrowse_itemnumber=4563
- Pérez, P. (2004). MUCÍLAGO PULVERIZADO OBTENIDO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CACAO, UNA ALTERNATIVA EN LA CLARIFICACIÓN DE JUGOS EN LA INDUSTRIA PANELERA [Tesis. Desarrollo Agroindustrial]. *Repositorio Institucional. Universidad Nacional*. Manizales. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11051597.pdf>
- Prada, L. (2002). *Mejoramiento en la Calidad de la Miel y Panela*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro de Investigación CIMPA. Bogotá - Colombia: Produmedios. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4687/1/145.pdf>
- Quezada, W., & Gallardo, I. (2014). Obtención de extractos de plantas mucilaginosas para la clarificación de jugos de caña. *Tecnología Química*, 34(2). doi:ISSN 2224-6185
- Rincón, L. (2018). SÍNTESIS DE UN BIOFLOCULANTE SUSTITUTO DE MUCÍLAGOS NATURALES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA [Tesis Magister en Química]. *Repositorio institucional UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y*

- TECNOLOGÍA DE COLOMBIA-UPTC. Tunja, Colombia. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2581/1/TGT_1201.pdf
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., & Matsuhira, B. (2004). Opuntia spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of arid environments*, 57(3), 275 - 290.
- Scragg, A. (1999). *BIOTECNOLOGÍA PARA INGENIEROS. SISTEMAS BIOLÓGICOS EN PROCESOS TECNOLÓGICOS. cap. 10 CINÉTICA DEL CRECIMIENTO*. México: Limusa S.A de C.V.
- Vargas, L., Arroyo, G., Herrera, C., Pérez, A., García, M., & Rodríguez, J. (2016). Propiedades Físicas del Mucílago de Nopal. *Acta Universitaria [en línea]*, 26(1), 5. doi:ISSN: 0188-6266.
- Villa, D., Osorio, M., & Villacís, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las Ciencias*, 6(2). Obtenido de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1181/html>
- Wood, G., & Lass, R. (1985). *Cocoa. 4ta.*, 620 - 632. London: Longman.
- Wood, G., & Lass, R. (2008). *Cocoa*. John Wiley & Sons.
- Ziolkovska, A. (2012). Laws of flaxseed mucilage extraction. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 197 - 204.