

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LA CERA DE CACHAZA COMO UN COPRODUCTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Mario R. Muñoz S.¹; Mario J. Mérida M.²; Telma M. Cano M.³
¹Profesional en Eficiencia Energética, CENGICAÑA; ²Profesor Investigador. Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC; ³Profesora Investigadora Titular IX. Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

RESUMEN

La mayoría de la cera (compuestos cerosos) que se forma en los tallos de la caña es acumulada dentro de los residuos (cachaza) provenientes de la clarificación del jugo en las fábricas de azúcar, poder extraerlos representa una nueva oportunidad de producir subproductos a partir de la caña. Con el fin de determinar el rendimiento de ceras de la caña, se tomaron muestras de cachaza en seis ingenios locales, se extrajo la cera por medio de equipos Soxhlet (lixiviación) utilizando hexano como solvente durante cinco horas. El promedio de la cera contenida en la cachaza húmeda fue de 3.06 por ciento. No se encontró suficiente evidencia para correlacionar dicho contenido con el ingenio, la temperatura de agua de imbibición o el tipo de filtro de cachaza.

***Palabras claves:** Cachaza, cera, lípidos, aceites, residuos, caña, coproductos, residuos, azúcar.*

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF MUD FILTER WAX AS A BY-PRODUCT OF THE SUGAR CANE

ABSTRACT

The majority of the wax (waxy compounds) that forms in the stalks of the cane is accumulated inside the residues (cachaza) coming from the clarification of the juice in the sugar factories, being able to extract them represents a new opportunity to produce by-products from of the cane. In order to determine the wax yield of the cane, samples of filter cake were taken in six local mills, the wax was extracted by means of Soxhlet equipment (leaching) using hexane as solvent for 5 hours. The average of the wax contained in the wet filter cake was 3.06 %. Not enough evidence was found to correlate said content with the mill, the imbibition water temperature or the filter type of filter cake.

CONCEPTOS GENERALES

La cera

Los lípidos son un conjunto de moléculas constituidas por carbono, hidrógeno y en menor medida oxígeno. También pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno. Son moléculas hidrófobas (insolubles en agua), son solubles en disolventes orgánicos lo que permite su extracción mediante este tipo de químicos. A los lípidos se les llama incorrectamente grasas, ya que las grasas son procedentes solamente de animales. Los lípidos cumplen funciones diversas en los organismos vivos, entre ellas la de reserva energética como los triglicéridos y estructural como los fosfolípidos.

“Las ceras son moléculas que se obtienen por esterificación de un ácido graso con un alcohol. Por ejemplo la cera de abeja. Son sustancias altamente insolubles en medios acuosos y a temperatura ambiente se presentan sólidas y duras. En los animales las podemos encontrar en la superficie del cuerpo, piel, plumas, cutícula, etc. En los vegetales, las ceras recubren la epidermis de frutos y tallos, junto con la cutícula evitan la pérdida de agua por evaporación” (San Anastacio, *et. al.*, 2010).

“La caña de azúcar, al igual que otras plantas, sintetiza lípidos, parte de los cuales recubren los tallos en forma de una película cerosa (ceras), lo cual constituye un mecanismo de defensa que regula el intercambio con el medio” (Honig *et al.*, 1969).

Estudios han determinado algunas características de las ceras de caña de azúcar, “la temperatura de fusión está en el intervalo de 81.3-87.1 °C. El valor del índice de acidez es de 31.4 por ciento, el índice de saponificación de 90.3 por ciento e índice de yodo de 24.4 por ciento. El valor de estos índices de calidad se encuentra en el intervalo reportado para las ceras comerciales de origen vegetal. Esto permite plantear que la cera obtenida de la caña puede competir en el mercado de las ceras vegetales” (San Anastacio, *et. al.*, 2010).

“La cera puede extraerse a partir de la caña, la cachaza, el bagazo o la vinaza. La Cachaza es la fuente más práctica, ya que es un residuo natural del proceso de fabricación de azúcar y no implica sacrificar materia prima como el bagazo. En la vinaza las ceras se transforman debido a la fermentación y destilación” (Nuissier, 2002).

(San Anastacio *et. al.* 2010) en su estudio de la cera de la caña estableció que ésta “contiene 35.5 por ciento de materia saponificable (ácidos grasos) y 60 por ciento de materia insaponificable, ambas de sumo interés industrial debido a la amplia gama de aplicaciones de sus componentes. La cera cruda está compuesta por 45 por ciento de cera pura, 35 por ciento de aceites y 20 por ciento de resina. La cera refinada contiene 55 por ciento de ésteres, 8 por ciento de ácidos libres, 10 por ciento de alcoholes libres, 25 por ciento de aldehídos y 2 por ciento de hidrocarburos. La cera obtenida de la caña de azúcar puede definirse también como una combinación química de varios metabolitos que se identifican por medio de la cromatografía gaseosa y cromatografía HPLC” (San Anastacio, *et. al.*, 2010). Otro estudio reporta valores ligeramente diferentes para la composición de la cera de caña de azúcar “53 por ciento de cera pura, 27 por ciento de aceites y 20 por ciento de resinas” (Mohammed, 2013).

Proceso de extracción

La extracción de la cera cruda (cera, aceite y resina) de la cachaza se puede realizar con “Etanol 96 ° GL a 70 °C o heptano entre 65-70 °C” (San Anastacio, *et. al.*, 2010), también se han utilizado otros solventes tales como “tricloroetileno, éter, tolueno a 80-100 °C, su refinamiento se realiza con etanol” (García. *et al.*, 2003), el ciclohexano y el hexano también están reportados en la literatura (Nuissier, 2002) y Boshale *et. al.* (2012) reporta el benceno como extractor y alcohol isopropílico para refinar las ceras. La extracción

con éstos solventes generalmente se hace utilizando un extractor tipo Soxhlet con tiempo de extracción entre 2 y 6 horas.

En la Figura 1, se ilustra un proceso a escala industrial (San Anastacio, *et. al.*, 2010), en el cual el etanol ha sido el solvente elegido, este alcohol se bombea hacia los tanques de cachaza (seca) donde se presenta lixiviación y la separación de ceras+etanol de la cachaza, la cachaza agotada puede volver al campo en forma de abono seco mientras que la cera y el etanol (extracto) pasa a un evaporador que recupera el etanol para volverlo a ser utilizar, la cera sin etanol es el producto terminado. El etanol debe ser condensado antes de regresar al tanque inicial.

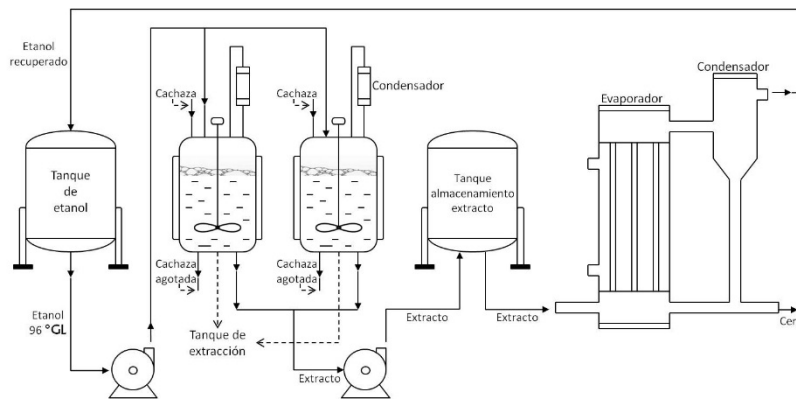


Figura 1. Extracción de cera con etanol a partir de cachaza (San Anastacio, *et. al.*, 2010)

Usos industriales de las ceras (Productos y derivados)

Dado que las ceras pueden contener también aceites y resinas, es muy amplio el posible uso industrial que puede darse a este producto, por ejemplos:

En el sector farmacéutico de bajo volumen pero alto valor agregado (mejores precios de venta) se tiene el policosanol, dicho compuesto es un fitosterol que se produce a partir de la capa de cera que se encuentra en la caña de azúcar. Químicamente, el policosanol es una mezcla de alcoholes de cadena larga, con longitudes de cadena que varían entre 24 a 34 átomos de carbono. “La mezcla de alcoholes del policosanol consiste en un 66 por ciento de octacosanol, 12 por ciento triacontanol, 7 por ciento de hexacosanol y 15 por ciento de otros alcoholes tales como tetracosanol, heptacosanol, nonacosanol, dotriacontanol y tetratriacontanol” (Arruzazabala, *et. al.*, 2000). El policosanol “ha sido bien documentado en la literatura, como producto reductor del colesterol y se puede utilizar para el tratamiento de complicaciones arteroscleróticas” (Nuissier, 2002), fue desarrollado en Cuba.

En los aceites reportados aparecen ácidos grasos de amplio uso en el sector de alimentos y cosméticos tales como el aceite Palmítico, el Oleico y Linoleico. “Además algunos ácidos saturados tales como “el ácido láurico, ácido mirístico, palmítico, margárico, esteárico, araquídico y ácido lignocérico. También insaturados que se caracterizan por poseer dobles enlaces en su configuración molecular. Estos son fácilmente identificables, ya que estos dobles enlaces hacen que su punto de fusión sea menor que en el resto. Se presentan ante nosotros como líquidos, como aquellos que se llaman aceites. Este tipo de alimentos disminuyen el colesterol en sangre y también son llamados ácidos grasos esenciales, por ejemplo, ácido palmitoleico, ácido oleico, ácido eláidico, ácido linoleico, ácido araquidónico y ácido nervónico” (Nuissier, 2002)

“Ésteres Triterpenoides tales como el Cruscgallin, Arundoin, Cylindrin y Skimmione. Los terpenos, terpenoides o isoprenoides, son lípidos derivados del hidrocarburo isopreno (o 2-metil-1,3-butadieno). Los terpenos biológicos constan, como mínimo de dos moléculas de isopreno. Algunos terpenos importantes son los aceites esenciales (mentol, limoneno, geraniol), el fitol (que forma parte de la molécula de clorofila), las vitaminas A, K y E, los carotenoides que son pigmentos fotosintéticos y el caucho (que se obtiene del árbol *Hevea brasiliensis*), Esteroles como el β -Sitosterol, Stigmasterol, Campesterol y Cholesterol” (Nuissier, 2002).

Alcoholes y alkenos: “La cera de caña de azúcar es también una fuente primaria de alcoholes alifáticos de cadena larga, encuentran aplicaciones como productos reductores del colesterol” (Nuissier, 2002).

“La cera se usa en la preparación de alimentos para animales, también utilizada para obtener fitoesteroles y antiespumantes en la fabricación de extintores de polvo y otros usos. Las emulsiones de cera ya refinadas se pueden usar en el recubrimiento de frutas, pulidores de suelos, pinturas y cosméticos, mientras que la resina tiene más opciones para la industrialización restringida y se usa en neumáticos y aditivos plastificantes” (Nazato, *et. al.*, 2012)

Las ceras también son sustituto potencial de la costosa cera de carnauba ampliamente utilizada en “pulimentos de vehículos y zapatos” (Mohammed, 2012), “cosméticos, alimentos y productos farmacéuticos” (Nuissier, 2002).



Figura 2. Posibles usos de los derivados de la cera de cachaza

MATERIALES Y MÉTODOS

En abril de 2018, se tomaron 30 muestras (1 kg/muestra) de cachaza de los ingenios La Unión, Pantaleón, Magdalena, Trinidad, Palo Gordo y Tululá (5 por ingenio). En el momento del muestreo se tomó en cuenta el tipo de filtro (banda o rotativo) y la temperatura de agua de imbibición, en el caso de un tipo de filtro único la muestra se tomó del transportador final. Las muestras fueron secadas en horno a < 65 °C hasta lograr peso constante. Luego se analizó en laboratorio la cantidad de ceras crudas presentes en cada muestra. Este análisis se hizo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEEXVE) del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El procedimiento para dicho análisis fue el siguiente:

1. Pesar la cachaza procedente de caña de azúcar, previamente triturada en el dedal de celulosa.
2. Colocar algodón en la parte superior del dedal para evitar que la materia prima rebalse al llenarse de solvente la cámara de extracción.
3. Agregar 200 mL de hexano en balón de 250 mL.
4. Colocar tres perlas de ebullición en el balón para controlar la ebullición del solvente.
5. Acoplar las partes del Soxhlet, balón, cámara de extracción y condensador.
6. Encender el sistema de enfriamiento para el sistema de condensación.
7. Encender la plancha de calentamiento y llevar a temperatura de ebullición el solvente.
8. Realizar la extracción durante 5 horas, contando el tiempo después del primer sifoneo en el soxhlet.
9. Al finalizar las 5 horas, apagar las planchas de calentamiento y retirar el solvente del soxhlet.
10. El extracto concentrado se transfiere a un rotaevaporador, eliminando todo el solvente, quedando así la oleoresina.
11. El extracto hexánico se coloca en un recipiente, debidamente tarado e identificado.
12. Se pesa la fracción lipídica obtenida junto con recipiente tarado y se calcula el porcentaje de rendimiento del mismo.



Figura 3. Procedimiento para extracción de ceras de la cachaza

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el Cuadro 1, aparece el contenido de cera (rendimiento) extraído de las muestras, el promedio en base seca fue de 9.69 por ciento y en base húmeda de 3.06 por ciento, la humedad promedio de las muestras fue de 67.67 por ciento, la cachaza residual sin humedad y sin cera fue de 29.26 por ciento. En base seca el contenido de cera se mantuvo en el rango de 2.0 a 4.26. La temperatura del agua de imbibición estuvo en un promedio de 71 °C.

Cuadro 1. Contenido de cera en cachaza seca y húmeda

Medida	Imbibición (°C)	por ciento Cera en cachaza seca	por ciento Ceras en cachaza húmeda	por ciento Humedad cachaza	por ciento Cachaza seca sin cera
Promedio	71.09	9.69	3.06	67.67	29.26
Min	60.00	4.73	2.04	55.23	20.80
Max	80.00	13.99	4.26	76.89	33.50
Rango	20.00	9.26	2.22	21.66	12.70

En la Figura 4, se ve las diferentes coloraciones de la cera cruda extraída de las muestras de cachaza, no se dio tendencia de color por ingenio, temperatura o tipo de filtro, probablemente la cera a medida que contiene una mayor proporción de aceites se oscurece más. Los colores fueron blanco crema, café rojizo y café verdoso. El olor de las muestras es fuerte, probablemente se presentó oxidación (ranciamiento) en el proceso de extracción y su posterior almacenaje, no se logró evidenciar con exactitud el porqué de los diferentes colores. La textura es pastosa y suave al tacto.



Figura 4. Cera extraída de muestras de cachaza, presentó tres colores diferentes

En el análisis por tipo de filtro de cachaza, no se encontró correlación con el contenido de cera en la muestra, solo ingenio Magdalena tiene filtros rotativos pero el contenido de cera fue muy similar al filtro banda, en general todos los valores entre ingenio y tipo de filtro están muy cercanos y no se ven diferencias claramente significativas que ameriten estudios más profundos, ver Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido de cera en cachaza por ingenio y tipo de filtro

Ingenio	Tipo filtro	por ciento cera
La Unión	Banda	3.41
Pantaleón	Banda	3.05
	Banda	3.45
Magdalena	Rotativo	3.32
	promedio	3.39
Trinidad	Banda	3.26
Palo Gordo	Banda	2.72
Tululá	Banda	2.58

Por otra parte, se hizo análisis de correlación entre el contenido de cera presente en las muestras y la temperatura del agua de imbibición de cada ingenio, este análisis se hizo porque existe la idea de que a mayor temperatura de agua de imbibición sobre el bagazo mayor la extracción de ceras que el molino hace, en la Figura 5, se ve que no hay tal correlación, probablemente debido a que en ningún caso el agua de imbibición excedió los 80 °C.

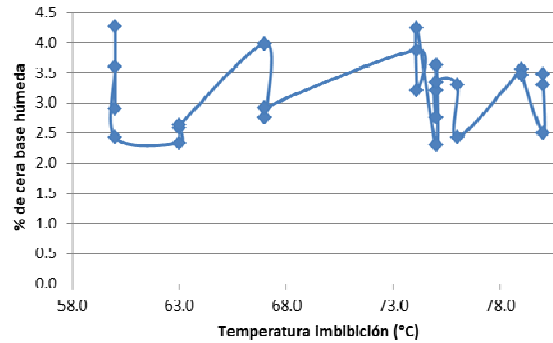


Figura 5. Correlación entre temperatura de imbibición y contenido de cera en cachaza

En base a la determinación de los rendimientos de cera en cachaza (contenido) para cada ingenio, en el Cuadro 3, puede verse el potencial que cada ingenio tiene de producir cera a partir de la cantidad de cachaza producida y la caña molida en la zafra anterior. Entre los seis ingenios analizados se podrían obtener cerca de 19 mil toneladas de cera al año.

Cuadro 3. Potencial de producción de cera por caña molida en cada ingenio Zafra 17/18

Ingenio	Caña (t)	Cachaza % caña	Cachaza (t)	Cera % cachaza	Cera (t)
La Unión	3320678	2.85	94639	3.41	3227
Magdalena	6424762	4.12	264700	3.38	8960
Palo Gordo	1565221	1.99	31148	2.72	847
Pantaleón	4472198	2.79	124774	3.05	3806
Trinidad	2030169	3.04	61717	3.26	2012
Tululá	911346	2.89	26338	2.58	680
Total	18,724,373		603,317		19,532
Promedio		2.9		3.1	

CONCLUSIÓN

Se determinó que se puede extraer cera de la cachaza de los seis ingenios analizados, todos y cada uno de ellos tienen prácticamente el mismo potencial y rendimiento de extracción. No hay suficiente evidencia para afirmar que la temperatura de agua de imbibición y el tipo de filtro de cachaza afectan el rendimiento (contenido) de la extracción de cera.

RECOMENDACIONES

- Considerar la producción de cera de cachaza como una manera de aprovechar y reducir los residuos del proceso de fabricación de azúcar y un camino para la diversificación de la industria.
- Dar seguimiento a las evaluaciones de la cera de la cachaza, prioritariamente caracterizar física y químicamente la cera para definir la producción de los derivados más factibles. Evaluar el proceso de extracción para evaluar solventes de máximo rendimiento y evidenciar la variación del potencial por época de zafra (meses), preferiblemente en cada ingenio.

- Investigar los mercados de los posibles derivados de la cera de cachaza y sus canales de comercialización.
- Evaluar la factibilidad de un planta piloto gremial, esto con el fin de aprovechar el potencial conjunto de la agroindustria.

REFERENCIAS

1. Alberto García, Miguel A. García, Mauricio Ribas y Adolfo Brown. 2003. *Recuperación de cera de cutícula de caña de azúcar mediante separación mecánica y extracción con solventes*. ICIDCA. Cuba. Grasas y Aceites. Vol. 54. Fasc. 2 (2003), pp. 169-174
2. Arcadio De la Cruz y María Esther de la Cruz. 2006. *Biomoléculas*. En McGraw-Hill. Química orgánica vivencial. México: McGraw-Hill. p. 341. ISBN 970105833X.
3. Carina Nazato, Nádia Hortense, Suellen Urias, Franz Zirena Vilca, Daniela Ferraz de Campos, Claudio Lima y Marcia Nalesso Costa. 2012. *Employment of Wax Sugarcane (Saccharum Officinarum) in Formulation of a Lip Gloss by Simple Extraction and Bioethanol*. *American Journal of Biochemistry* 2012, 2(5): 89-93. Brasil. 5 p.
4. Gladys Nuissier, Paul Bourgeois, Micheline Grignon Dubois, Patrick Pardon and Marie Helene Lescure. 2002. *Composition of sugarcane waxes in rum factory wastes*. Francia. Pergamon. 6 p. www.elsevier.com/locate/phytochem.
5. Inés María San Anastacio, Danilo R. García, Rubén C. Hernández, Luis E. Guerra, Gretel Villanueva. 2010. *Extracción de cera a partir de cachaza con etanol 96 ° GL a escala de laboratorio*. Cuba. 12 p.
6. Jibril Mohammed y Kawuwa Dawaki. 2013. *Conversion of sugarcane by product (filter cake mud) from Savannah sugar company Nigeria, into commercial paste shoe polish*. *Journal of Advanced & Applied Sciences*. AROPUB. Nigeria. 9 p.
7. John McMurry. 2008. Química Orgánica. México: *Cengage Learning*. p. 1060. ISBN 6074813493.
8. L. Stryer, J.M. Berg, J.L. Tymoczko. *Biochemistry*. San Francisco: W.H. Freeman. ISBN 9780716787242.
9. M.L. Arruzazabala, M. Noa, R. Menéndez, R. Más, D. Carbajal, S. Valdés and V. Molina. 2000. *Protective effect of policosanol on atherosclerotic lesions in rabbits with exogenous hypercholesterolemia*. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research. Department of Pharmacology, Center of Natural Products, National Center of Scientific Research Cuba*. 6 p.
10. Pieter Honig. 1969. *Principios de tecnología azucarera*. Editorial Continental, S.A. México. Tomo I. 645 p.
11. P.R. Bhosale, Sonal Chonde and P.D. Raut. 2012. *Studies on extraction of sugarcane wax from press mud of sugar factories from Kolhapur district, Maharashtra*. *Journal of Environmental Research And Development* Vol. 6 No. 3A, Jan-March. India. 7 p.