

EL JARABE DE HENEQUÉN (*AGAVE FOURCROYDES* Lem.)

SYRUP FROM HENEQUEN (*AGAVE FOURCROYDES* Lem.)

Luis Alberto Rendón-Salcido, Abdo Magdub-Méndez, Laura Hernández-Terrones y Alfonso Larqué-Saavedra*

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Calle 43 No. 130. Col Chuburná de Hidalgo. 97200, Mérida, Yucatán

* Autor para correspondencia (larque@cicy.mx)

RESUMEN

Se presenta evidencia de la obtención de jarabe a partir de henequén (*Agave fourcroydes* Lem.) y de algunas de sus características de composición. Se utilizaron piñas de henequén de 15 a 18 años de edad que se cocieron durante 4 h a una presión de 1.0 kg cm⁻², las que posteriormente se molieron para extraer los jugos que luego se concentraron para obtener el jarabe. Los resultados señalaron que este jarabe contiene 85.7 % de fructosa y 13.7 % de glucosa, 3623 µg g⁻¹ de calcio (Ca), 470 µg g⁻¹ de magnesio (Mg), 665 µg g⁻¹ de potasio (K), 99 µg g⁻¹ de zinc (Zn), 36 µg g⁻¹ de hierro (Fe), 24 µg g⁻¹ de aluminio (Al), 8 µg g⁻¹ de cobre (Cu), 2 µg g⁻¹ de manganeso (Mn) y 1 µg g⁻¹ de cromo (Cr). No se detectó arsénico (As), plomo (Pb) ni cadmio (Cd). Por su riqueza en fructosa, Ca, K y Mg, el jarabe de henequén puede incorporarse en la dieta humana. Este nuevo producto puede dar valor agregado a esta planta y favorecer su preservación.

Palabras clave: *Agave fourcroydes*, jarabe, azúcares, minerales.

SUMMARY

Syrup from henequen (*Agave fourcroydes* Lem.) was obtained and its composition was determined. Henequen ‘piñas’, 15 to 18 years old, were cooked for 4 h at 1.0 kg cm⁻²; thereafter, the ‘piñas’ were milled to extract the juice, and this one was concentrated to a syrup. This syrup contains 85.7 % of fructose and 13.7 % of glucose; 3623 µg g⁻¹ calcium (Ca), 470 µg g⁻¹ magnesium (Mg), 665 µg g⁻¹ potassium (K), 99 µg g⁻¹ zinc (Zn), 36 µg g⁻¹ iron (Fe), 24 µg g⁻¹ aluminum (Al), 8 µg g⁻¹ copper (Cu), 2 µg g⁻¹ manganese (Mn) and 1 µg g⁻¹ chromium (Cr). No arsenic (As), lead (Pb) or cadmium (Cd) were detected. Because of its levels of fructose, Ca, K and Mg, the henequen syrup might be incorporated into the human diet. This syrup can give and added value to the plant and promote its preservation.

Index words: *Agave fourcroydes*, syrup, sugars, minerals.

INTRODUCCIÓN

El henequén (*Agave fourcroydes*, Lem.) es el pilar de la agroindustria de producción de fibra en el Estado de Yucatán. Por sus propiedades físicas y químicas, dicha fibra es utilizada en cordelería, jarcias, reforzamiento de materiales compuestos y textiles. Para su extracción se utilizan aproximadamente 20 hojas por año y en las plantaciones quedan las piñas (el tallo más las bases de hojas) como subproducto de desecho al final del ciclo productivo (15 años), que corresponden a la tercera parte más joven de los tallos.

A lo largo de varios años, los agaves acumulan en el tallo reservas de carbohidratos no estructurales que pueden ser fermentados y utilizados para la obtener bebidas alcohólicas como tequila, mezcal, bacanora, entre otros (Sánchez-Marroquín y Hope, 1953; Aguilar-Cisneros *et al.*, 2002; Larqué-Saavedra *et al.*, 2004), así como carbohidratos estructurales que conforman a las fibras de las hojas (Colunga-GarcíaMarín y May-Pat, 1993).

En las piñas los carbohidratos de reserva son principalmente polífructanos, como inulina (Legorreta-Peyton y Ogura-Fujii, 2002; López *et al.*, 2003), cuya hidrólisis produce de 80.0 a 93.5 % de fructosa como principal componente (Sánchez-Marroquín y Hope, 1953; Ayora-Cámara, 1986). Esta característica ha permitido que estos polífructanos sean utilizados en la elaboración de edulcorantes de alta fructosa (Lichtenthaler y Mondel, 1997; Vijn y Smeekens, 1999).

La propuesta de explotar los azúcares de los agaves para la elaboración de jarabe es reciente, y no hay publicaciones con suficiente información científica o tecnológica sobre el tema para tener un marco de referencia comparativo. El jarabe más conocido es el de *A. tequilana* y de otros agaves como *A. americana* (Prado, 2005¹), *A. potatorum*, *A. salmiana* y *A. atrovirens*, en los que se han reportado altos contenidos de fructosa, regulares en glucosa y bajos de sacarosa e inulina (IIDEA, S.A. de C.V./Natural²; Colibree Company Inc/Nekutli³). Para el jarabe de maple (*Acer saccharum* Marsh) se ha reportado un bajo contenido de monosacáridos (fructosa + glucosa) y alto en

¹ Prado O (2005) El agave americano (*Agave americana* L): uso alimentario en el Perú. *Chloris Chilensis*. año 8 No. 2. (<http://www.chlorischile.agavetexto.htm>).

² IIDEA, S. A. de C. V. s/a. Naturel. El perfecto sustituto del azúcar. (<http://www.naturel.com.mx/acercadelagave/historia.html>; (Agosto 2006).

³ Colibree, Company Inc. s/a. Nekutli. Organic Agave Syrup. Chemical Análisis. Nekutli S. A. de C. V. (<http://www.agavenectar.com/product.htmlr>; Agosto 2006).

sacarosa (Michigan Maple Syrup Association⁴), o el del tubérculo andino yacón (*Smallanthus sonchifolius*) que contiene fructosa, glucosa y sacarosa en concentraciones equivalentes (Manrique *et al.*, 2005). De igual forma, se ha reportado que el jarabe de *A. tequilana* contiene Cu, Fe, As, Na, K, Mg y Ca (Colibree Company Inc/Nekutli; *Opus cit.*) que se considera bajo en K, Ca, Mg, Mn y P, en comparación con el jarabe de maple cuyo contenido es muy variable (Michigan Maple Syrup Association; *Opus cit.*).

La piña del henequén se ha utilizado en la fabricación de una bebida alcohólica a nivel industrial con base en la patente IMPI 219235 (Larqué-Saavedra *et al.*, 2004), y se pretende que con la obtención de jarabe de henequén se aumenten las alternativas de uso relacionadas con el aprovechamiento de este recurso renovable.

El objetivo de este trabajo fue obtener jarabe a partir de los carbohidratos de reserva del henequén, cuantificar sus contenidos de azúcares y minerales, y comparar dicha composición con los jarabes comerciales de *A. tequilana*, yacón y maple.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizaron plantas de henequén cultivadas en plantaciones comerciales de la Comunidad de Kopté, en el Municipio de Motul, Yucatán, México, de donde se seleccionaron tres piñas de henequén de entre 15 y 18 años de establecidas.

Para la obtención del jarabe se eligieron las piñas morfológicamente similares, y con un contenido mínimo de 12 °Brix determinados con un refractómetro de mano Westover RHB-32. Cada piña fue cortada en ocho fracciones, que se cocieron en una olla de presión de 21 L de capacidad, marca "Presto", durante 4 h a 1 kg cm⁻². Posterior a la cocción de los trozos, se extrajo el jugo en un molino tipo trapiche. El jugo extraído de cada piña se evaporó en olla de acero inoxidable a fuego directo a 85 °C ± 5 °C, hasta obtener un producto con un contenido de sólidos de 69 °Brix.

Cada piña correspondió a una unidad experimental y fue procesada en forma independiente. Las determinaciones analíticas se hicieron por triplicado y se reportan sus valores promedio ± desviación estándar.

La densidad aparente (g mL⁻¹) del jugo y jarabe se determinó según la norma mexicana NMX-CH-050-1984, que se basa en el principio de Arquímedes.

La presencia de minerales se determinó por espectro-metría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) 'IRIS Intrepid II XDL ThermoElectron Co' acoplado con nebulizador ultrasónico CETAC U5000AT⁺. El método consiste en la digestión de las muestras en un horno de microondas CEM, MARS-Xpress de placa giratoria y extracción de gases, con control computarizado de temperatura, presión y potencia. Se prepararon tres muestras por duplicado, y los controles, un blanco de agua y otro de ácido, para el control del proceso de digestión y análisis. Cada muestra de 2 g de jarabe se colocó en un recipiente de Teflón® que se ubicó en el sistema de microondas con los parámetros de digestión: potencia 60 %, 10 min para alcanzar 200 °C y digestión por 15 min (Bhandari y Amarasiriwardena, 2000). Una vez concluido el proceso de digestión, se enfriaron por completo los recipientes dentro del sistema, se transfirieron a un matraz volumétrico de 250 mL y se diluyeron con agua milliQ. Los elementos cuantificados fueron Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Pb y Zn. Para su cuantificación se prepararon soluciones estándar de calibración de 0.05, 0.15, 0.50, 1.00 y 5.00 µg mL⁻¹, y una solución multi-elemento para cada concentración.

Los contenidos de sacarosa, glucosa, fructosa y azúcares reductores se determinaron en el Laboratorio Central Regional de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA) en Mérida, Yucatán, conforme a la Norma Mexicana de Miel NMX-F-036-1997, según la metodología establecida; para sacarosa y glucosa se usó el método descrito por Barnham y Trinder (1972); la de fructosa se hizo con el método de fosforilación enzimática mediante el kit Boehringer Mannheim/R-Biopharm y se leyó en el espectrofotómetro a 430 nm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso para la obtención de jarabe de henequén requiere de la cocción de la piña para que se produzca la hidrólisis de los carbohidratos de reserva de las bases de la hoja y del tallo, y la extracción del jugo que contiene los azúcares en los sólidos solubles totales, etapas que son semejantes al proceso utilizado en la producción de jarabe de otras especies de agaves (Partida y Gómez, 1997) y del tubérculo yacón (Manrique *et al.*, 2005). Una vez obtenido el jugo, se favorece su concentración por eliminación de agua hasta alcanzar la densidad y consistencia del jarabe, en un proceso semejante al descrito para concentrar el aguamiel de *A. americana* (Pardo, 2005) y *A. atrovirens*, y de la savia del maple.

⁴ Michigan Maple Syrup Association. Information & Figures. Nutritional Value of Pure Maple Syrup. (http://www.mi-maplesyrup.com/MMSA/mmsa_about.htm; Agosto 2006).

Los resultados obtenidos indicaron que por cada kilogramo de peso fresco de piña de henequén se obtuvieron 600 mL de jugo cocido, que a su vez produjeron 130 mL de jarabe. De manera semejante, los sólidos solubles totales de la piña cruda fueron de 12.5 °Brix, que se elevaron en 43 % en el jugo cocido, debido a la hidrólisis de carbohidratos no estructurales, y finalmente se incrementaron hasta 551 %. Estos datos permiten establecer comparaciones con los datos reportados para otros jarabes (Cuadro 1). Los sólidos solubles del jarabe de henequén fueron superiores a los del jarabe de maple (Michigan Maple Syrup Association; *Opus cit.*) pero menores que el jarabe de *A. tequilana* (Colibree Company Inc/Nekutli; *Opus cit.*) y del yacón (Manrique *et al.*, 2005).

La densidad aparente del jugo crudo del henequén fue 1.01 ± 0.01 g mL⁻¹, que aumentó en 3 % en el jugo cocido y en 28.7 % en el jarabe (Cuadro 1). La densidad aparente del jarabe de henequén se ubica en el límite inferior del valor de los jarabes, según la farmacopea británica (Kirk *et al.*, 2000), y por tanto es inferior a las densidades aparentes reportadas para *A. tequilana* (1.38), yacón (1.35) o jarabe de maple (1.37).

En los azúcares totales se encontró que la fructosa fue la de mayor proporción, seguida de la glucosa, mientras que la sacarosa prácticamente estuvo ausente. Entre los monosacáridos se determinó una relación de 6.27 veces de fructosa por cada unidad de glucosa (Cuadro 2).

Se ha reportado que en el jarabe de agaves la fructosa es dominante, hecho que no se presenta en otros jarabes de origen vegetal, como la del yacón o de maple, pero el de henequén es similar al de otros agaves (Sánchez-Marroquín y Hope, 1953; López *et al.*, 2003). Los niveles de glucosa fueron semejantes a los de yacón y maple, pero inferiores en 50 % a el jarabe de *A. tequilana* (Colibree Company Inc/Nekutli; *Opus cit.*). La sacarosa en el jarabe de henequén y *A. tequilana* fue inferior a la reportada para el jarabe del yacón, o de maple en la que este azúcar es el más abundante (Michigan Maple Syrup Association; *Opus cit.*). Estos resultados permiten enfatizar el hecho de que el jarabe de henequén es de los más ricos en fructosa y con bajos contenidos de glucosa y sacarosa (Cuadro 2).

En las cenizas del jarabe de henequén se detectaron niveles por arriba de 3600 µg g⁻¹ de Ca y 460 µg g⁻¹ de Mg, cifras que son muy superiores a los de otros jarabes de origen vegetal. Los niveles de K de 665 µg g⁻¹ fueron mayores a los que se encuentran en el jarabe de *A. tequilana*. Se detectó la presencia de Zn, Fe y Al, con valores entre 9 y 24 µg g⁻¹, y Cu, Mn y Cr entre 8.5 y 1.3 µg g⁻¹ (Cuadro 3). No se detectaron metales pesados como As, Pb o Cd. Los minerales Zn, Fe, Cu y Mn del jarabe de henequén están dentro del intervalo señalado en el jarabe de maple (Michigan Maple Syrup Association; *Opus cit.*). Los niveles de Al y Cr no se pudieron comparar por no

Cuadro 1. Información básica de características estimadas en el proceso de obtención del jarabe de henequén. Se agrega información reportada para otros jarabes con fines comparativos. Datos: Media (\pm) desv. estándar; n=3.

Variable	Henequén			<i>Agave tequilana</i> ⁺ Jarabe	Yacón ⁺⁺ Jarabe	Maple ⁺⁺⁺ Jarabe
	Piña Cruda	Jugo Cocido	Jarabe			
Peso (kg)	14.7 ± 4.4					
Volumen (L)		8.7 ± 1.3	1.8 ± 0.3			
Sólidos solubles totales (°Brix)	12.5 ± 0.2	18.0 ± 1.8	69.4 ± 6.4	76.8-77.4	73.0	66.0-66.5
Densidad aparente (g mL ⁻¹)	1.01 ± 0.01	1.04 ± 0.03	1.30 ± 0.04	1.38	1.35	1.37

⁺Colibree, Company Inc. s/a. Nekutli. *Opus cit.*

⁺⁺Manrique *et al.* (2005).

⁺⁺⁺ Michigan Maple Syrup Association. *Opus cit.*

Cuadro 2. Presencia de azúcares en el jarabe de henequén. Se anota información reportada de otros jarabes para fines comparativos.

Azúcar	Jarabe de henequén		Jarabe de <i>Agave tequilana</i> ⁺ (%))	Jarabe de Yacón ⁺⁺ (%))	Jarabe de Maple ⁺⁺⁺ (%))
	g/100 g de jarabe	(%)			
Sacarosa	0.3	0.6	1.1-1.4	12.2-20.0	88.0-89.0
Glucosa	6.2	13.66	26.5-28.8	2.6-15.5	
Fructosa	38.9	85.68	67.2-69.7	7.9-25.4	0.0-11.0
Azúcares totales (sacarosa + glucosa + fructosa)	45.4	100.0			

Los datos son de una muestra representativa atendiendo la Norma Mexicana de Miel NMX-F-036-1997.

⁺Colibree, Company Inc. s/a. Nekutli. *Opus cit.*

⁺⁺Michigan Maple Syrup Association. *Opus cit.*

⁺⁺⁺Manrique *et al.* (2005).

Cuadro. 3 Contenido de minerales ($\mu\text{g g}^{-1}$) en el jarabe de henequén. Se anota información reportada para otros jarabes con fines comparativos. Dato: Media \pm desv. estándar; n=3.

Elemento ^a	Jarabe de henequén ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Jarabe de <i>Agave tequilana</i> ^b ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Jarabe de Yacón ^c ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Jarabe de Maple ^d ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Aluminio (Al)	24.04 \pm 0.28			
Arsénico (As)	nd ^e	< 1		
Calcio (Ca)	3,623.0 \pm 37.0	< 15		400-2100
Cadmio (Cd)	nd	nd		
Cromo (Cr)	1.38 \pm 0.11	nd		
Cobre (Cu)	8.53 \pm 0.11	< 1		0-2
Hierro (Fe)	36.79 \pm 0.34	< 1		0-36
Potasio (K)	665.35 \pm 5.0	< 10	< 1 (%)	1300-3900
Magnesio (Mg)	469.60 \pm 2.0	< 10		12-360
Manganoso (Mn)	2.52 \pm .08			2-220
Plomo (Pb)	nd	nd		
Zinc (Zn)	99.31 \pm 0.65			0-90

^aDeterminación por espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES).

^e nd = No detectado.

^bColibree, Company Inc. s/a.Nekutli. *Opus cit.*

^cManrique *et al.* (2005).

^dMichigan Maple Syrup Association. *Opus cit.*

estar reportados en los otros jarabes vegetales, pero deberán analizarse por su importancia dentro del marco de inocuidad alimentaria.

Estos resultados permiten señalar que de la piña de henequén se puede obtener jarabe comparable con otros de origen vegetal, particularmente a los de otros agaves. García (2006)⁵ reportó que la inulina y los polifructanos están presentes en la piña y hojas del henequén. Estos polímeros son ampliamente conocidos por sus aspectos benéficos en la salud humana, por lo que el no hidrolizarlos como en el presente estudio también puede ofrecer una ventana de oportunidad en el sector agroindustrial, de manera paralela a lo planteado en la obtención del jarabe.

Es necesario estudiar en mayor profundidad este tipo de jarabe para tener la seguridad en su consumo como alimento, además de verificar los datos de productividad requeridos para su explotación agroindustrial. Los resultados apoyan la propuesta de uso del henequén con doble propósito: fibra y azúcares no estructurales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Cisneros B O, M G López, E Richling, F Heckel, P Schreir (2002)** Tequila authenticity assessment by headspace SPME-HRGC-IMRS analysis of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios of ethanol. *J. Agric. Food Chem.* 50:7520-7523.
- Ayora-Cámaras M E (1986)** Determinación de las principales características físicas y químicas del jugo fresco de henequén (*A. fourcroydes*). *Gestión Tecnol.* 4:7-12.
- Bhandari S A, D Amarasiriwardena (2000)** Closed-vessel microwave acid digestion of commercial maple syrup for the determination

⁵ García A M A (2006) Determinación y caracterización de fructanos provenientes de Henequén (*Agave fourcroydes* Lem.). Tesis de Maestría en Ciencias y Biotecnología de Plantas. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México. 45 p.

of lead and seven other trace elements by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Microchem. J.* 64:73-84.

Barham D, P Trinder (1972) An improved colour reagent for the determination of blood glucose by the oxidase system. *Analyst* 97:142-145.

Bhandari S A, D Amarasiriwardena (2000) Closed-vessel microwave acid digestion of comercial maple syrup for the determination of lead and seven other tracer elements by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Microchem. J.* 64:73-84.

Colunga-GarcíaMarín P, F May-Pat (1993) Agave studies in Yucatan, México. I. Past and present germplasm diversity and uses. *Econ. Bot.* 47:312-327.

Kirk R S, R Sawyer, H Egan (2000) Azúcares y conservadores. In: Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. J L Ríos Pérez (trad.). 3a. Reimp. Cía. Editorial Continental, S. A. de C.V. México. pp:200-257.

Larqué-Saavedra A, A Magdub-Méndez, M Cáceres-Farfán (2004) Proceso para la fabricación de bebida alcohólica a partir del henequén (*Agave fourcroydes*). Patente de invención 219235, otorgada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Centro de Investigación Científica de Yucatán, México.

Legorreta-Peyton E, T Ogura-Fujii (2002) Proceso, composición y usos de inulina de agave en polvo y solución. Patente de invención WO 02/0666517 A1. Organización Mundial de la Propiedad Industrial. Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT).

Lichtenthaler F W, S Mondel (1997) Perspectives in the use of low molecular weight carbohydrates as organic raw material. *Pure Appl. Chem.* 69:1853-1866.

Lopez M G, N A Mancilla-Margalli, G Mendoza-Diaz (2003) Molecular structures of fructans from *Agave tequilana* Weber var. azul. *J. Agric. Food Chem.* 51:7835-7840.

Marique I, A Párraga, M Hermann (2005) Descripción del proceso y el jarabe de jarabe de Yacón. In: Jarabe de Yacón: Principios y Procesamiento. Serie: Conservación y Uso de la Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos: Una Década de Investigación para el Desarrollo (1993-2003) No. 8a. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Fundación Erbacher, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú. pp:11-22.

NMX-F-036-1997. Norma Mexicana de Miel. Alimentos-Miel-Especificaciones y Métodos de Prueba. Determinación del Hidroximetilfurfurral. pp:14-16.

NMX-CH-050-1984. Métodos de Determinación-Medición de la Densidad de Líquidos- Principio de Arquímedes. pp:1-8.

Partida V Z, A J M Gomez (1997) Method of producing fructose syrup from agave plants. World Intellectual Property Organization. Patent Cooperation Treaty (PCT) WO 97/34017.

Sánchez-Marroquín A, P H Hope (1953) Agave Juice. Fermentation and chemical composition studies of some species. J. Agric. Food Chem. 1:246-249.

Southgate D A T (1991) The carbohydrates in foods. In: Determination of Food Carbohydrates. 2nd ed. Elsevier Applied Science. London and New York. pp:9-57.

Vijn I, S Smeekens (1999) Fructan: More than a reserve carbohydrate? Plant Physiol. 120:351-359.