

## DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES TOTALES EN JARABES DE SORGO DULCE RB CAÑERO Y UNA VARIEDAD EXPERIMENTAL

Arvizu-Castro D. E.a,\* , Rodriguez Castillejos G.<sup>a</sup>, Montes García N., Alemán Castillo S.J.<sup>a</sup>, Soler Martínez A.<sup>a</sup>, Montes García N.<sup>b</sup> Tellez Luis S<sup>c</sup>

a Universidad Autónoma de Tamaulipas Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Calle 16 y Lago de Chapala Col. Aztlán, C.P. 88740, Reynosa, Tamaulipas, México.

b Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, carretera Matamoros-Reynosa km 61, col. Zona rural Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, México

c Universidad Autónoma de Tamaulipas Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe carretera Reynosa-San Fernando, cruce con Canal Rodhe, Col. Arcoirirs, C.P. 8879

\* dalia\_ac89@hotmail.com.

### RESUMEN:

El objetivo del presente, fue elaborar jarabe a partir del jugo de sorgo dulce de las variedades RB Cañero y una variedad experimental. La primera etapa para elaborar el jarabe fue la extracción del jugo, la cual se realizó en un trapiche manual de rodillos a presión y la filtración con membranas bacteriológicas, se clarificó para eliminar compuestos coloreados con carbón activado, se pasteurizó el jugo para evitar contaminación y posteriormente, se concentró en un rota-vapor. Se realizó un diseño experimental 2(K) donde se probaron dos métodos clarificado y sin clarificar para las dos variedades y se compararon con un jarabe comercial tipo maple, con tres repeticiones cada una para un total de 15 unidades, los azúcares contenidos en los jarabes se cuantificaron por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) en los cuales se encontraron sacarosa, glucosa y fructosa, donde el tratamiento TX1 (RB cañero sin clarificar) es el de mayor cantidad de sacarosa con 562 g/L, en cuanto a glucosa y fructosa los tratamientos TX3 y TX4 (Variedad experimental sin clarificar y clarificado) obtuvieron los valores más altos con 318 g/L ( $\pm 16.270$ ) para glucosa sin diferencias significativas entre estos tratamientos según la prueba tukey ( $p \leq 0.05$ ) y para fructosa 536g/L ( $\pm 6.25$ ) estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ).

### ABSTRACT:

The aim of this was developing syrup from the juice of sweet sorghum varieties and RB Cañero experimental variety. The first step in preparing the syrup was juice extraction, which was performed in a manual mill roller pressure and filtration bacteriological membranes, clarified to remove colored with activated carbon compounds, the juice is pasteurized to avoid contamination and then he concentrated on a rota-steam. An experimental design 2 (K) where two methods were tested clarified and unclarified for both varieties and compared with maple commercial syrup type, with three replicates each for a total of 15 units was performed, the sugars contained in the syrup They were quantified by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) in which sucrose, glucose and fructose were found where treatment TX1 (RB sugarcane unclarified) is the largest amount of sucrose with 562 g / L, in terms of glucose and the TX3 and TX4 fructose treatments (experimental variety unclarified and clarified) obtained the highest values with 318 g / L ( $\pm 16,270$ ) for glucose no significant differences between these treatments according to the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ) and fructose 536g / L ( $\pm 6.25$ ) statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

### Palabras clave:

Sorgo dulce, jarabe y azúcares

### Keyword:

Sweet Sorghum, syrup and sugars.

**Área:** Desarrollo de nuevos productos.

## INTRODUCCIÓN

Los jarabes tienen a nivel mundial una gran demanda debido a la diversidad de aplicaciones, son aditivos económicos y fáciles de homogenizar, la forma convencional de elaborar jarabes de fructosa a partir de almidón requiere el uso de enzimas y procesos de producción más complejos, por lo tanto su costo de producción es más elevado, sin embargo existen diversas variedades de sorgo dulce, como el sorgo RB cañero, del cual no se obtiene gran rendimiento de grano, pero sí puede ser aprovechado su tallo rico en azúcares simples para elaboración de jarabes los cuales pueden ser utilizados en la industria alimentaria como edulcorantes o saborizantes, dándole así valor agregado al sorgo y ampliando sus canales de comercialización.

### El sorgo dulce

Es una planta tolerante a la sequía, altas temperaturas, inundaciones, salinidad del suelo y toxicidad por acidez. Además, posee amplia adaptabilidad, rápido crecimiento y alta acumulación de azúcar. Es la principal materia prima alternativa que puede complementar el uso de la caña de azúcar, debido a que esta requiere de 12 a 24 meses de clima tropical para madurar, mientras que el sorgo requiere de 92 a 150 días. Algunas variedades ofrecen grano y forraje, siendo el tallo el principal órgano que se aprovecha, el cual presenta un alto contenido de azúcares que pueden ser similares o más altos que los de la caña de azúcar y su principal uso es para producir azúcar, jarabes y biocombustibles. Es también un cultivo beneficioso para el suelo, sus residuos y/o rastrojo quedan en el suelo y se descomponen lentamente, de esta manera liberan de forma prolongada sus nutrientes (carbono y nitrógeno) contribuyendo de esta manera materia orgánica para posteriores cultivos. Los tallos de sorgo dulce pueden almacenar más del 40% de azúcares solubles en tallo seco. Estos azúcares son principalmente sacarosa en mayor proporción comprendida entre 25-30% del peso del tallo seco, seguidos de fructosa y glucosa dependiendo de la variedad de sorgo dulce (Montes et al., 2010a; Chuck-Hernández et al., 2011; Ochoa, 2011).

La mayor cantidad de azúcares se encuentran en el tallo con un 94%, en las hojas con un 2.5% y en la panícula 2.6%. Los azúcares de los tallos y el rendimiento en biomasa de sorgo dulce pueden ser diferentes dependiendo la variedad, lugar de siembra y cosecha, se han obtenido hasta 118 t/ha con una producción de tallo de 98 t/ha (Grajales et al., 2011; Padilla et al., 2011).

Además de su rápido crecimiento, alta eficiencia en el uso del agua, bajos requerimientos de fertilizante y amplia adaptación presenta algunas ventajas sobre otros cultivos como lo son: tarda menos en madurar alrededor de 4 meses, su costo de producción es tres veces menor que el de la caña de azúcar, y se propaga por semilla, por último su sistema de producción de cultivo es mecanizable. Datos de la SAGARPA, 2012 indican que de cada tonelada de sorgo se obtiene un total de 1,399 kilos de biomasa, de la cual 1,083kg son de agua y 315 de materia seca que a su vez se divide en sólidos en solución y sólidos insolubles y están distribuidos de la siguiente manera Tabla I, donde el tallo representa la mayor proporción de biomasa alrededor del 79% del peso total de la planta y su rendimiento es de 45-75 ton/ ha (Montes et al., 2010a; SAGARPA, 2012).

**Tabla I. Composición de la planta completa.**

	<b>Materia seca</b>	<b>Kilos</b>
Agua		<b>1,083kg</b>
Sólidos en solución	<b>Azúcares fermentables y almidones</b>	<b>134kg</b>
	<b>Sólidos no fermentables</b>	<b>70kg</b>
Sólidos insolubles	<b>Fibra</b>	<b>106kg</b>
	<b>Cenizas</b>	<b>4kg</b>

Fuente: Adaptado de SAGARPA, 2012.

### **RB Cañero**

Esta variedad de sorgo dulce se generó con la finalidad de producir biomasa para la producción de etanol. RB cañero es una variedad de sorgo dulce que derivada del entrecruzamiento de los genotipos Wrangler y Wrangler X Río, realizado en Estados Unidos. Durante los ciclos de Otoño-Invierno y de Primavera-Verano alcanza una altura de planta promedio de 2.9m; el diámetro de los tallos es de 2.6cm, los cuales contienen gran cantidad de jugo rico en azúcares a partir de la etapa de grano lechoso. Otra ventaja del RB Cañero es la producción de azúcares, debido a que presenta un promedio de 16°Brix, el cual es superior a otras variedades y puede ser aprovechado para elaborar etanol, azúcar, jarabes y ensilados o alimentos balanceados para animales (Montes et al., 2010b).

### **Jarabes**

El jarabe es un líquido viscoso, fluido y comestible. El jarabe de mesa debe contener al menos 60% de sólidos de azúcar solubles del peso total, y se pueden preparar añadiendo o no agua, entre otros ingredientes con propósitos nutricionales. Además, se le pueden agregar saborizantes naturales o artificiales, aditivos de color, frutas, sal, agentes espesantes, etcétera. Siempre y cuando sean compatibles con este alimento. Para darle el nombre al jarabe se debe identificar que por lo menos tenga el 80% del total de sólidos del edulcorante o materia prima utilizada, de este modo el nombre del alimento puede ser designado como el jarabe correspondiente, por ejemplo el “jarabe de maíz” (NMX-F-169-1984; Valenzuela, 2010).

La mayoría de los jarabes se obtiene por hidrólisis enzimática del almidón de diversas materias primas, como es el caso del maíz, la yuca, el yacón, papa, etcétera (Hernández-Uribe et al., 2008). También se puede elaborar jarabe por disolución de azúcar en agua caliente, donde el jarabe obtenido se denomina jarabe crudo, después es sometido a varias etapas como filtración, clarificación y evaporación para obtener un excelente grado de pureza (James, 2004). Además, se pueden obtener jarabes de plantas, como el caso de los jarabes de agave, melaza, maple y sorgo dulce, los cuales son obtenidos por la extracción y concentración térmica de su savia rica en azúcares(García, 2007).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El proceso para la elaboración del jarabe de sorgo de las diferentes variedades se llevó a cabo mediante las siguientes operaciones unitarias: extracción, la cual se realizó en un trapiche manual de rodillos a presión y la filtración donde se utilizaron para la primera filtración, filtros de poro chico y para las segundas filtraciones se realizaron con membranas bacteriológicas de 0.45µm Después del filtrado se procedió a clarificar a tres concentraciones (1, 1.5 y 2%) con carbón activado (CA) y un testigo sin CA. El proceso se llevó a cabo en un agitador a 200 revoluciones por minuto (RPM), con una temperatura de 45°C y por un tiempo de contacto de 60 minutos. Para determinar la mejor condición de clarificación se midió el color del jugo. Después se pasteurizó a una temperatura de 80°C por 15 minutos en baño maría. Posteriormente, se evaporó en un rota-vapor a 60oC hasta obtener una concentración de azúcares de aproximadamente 71.5oBrix, los tratamientos se muestran a continuación en la Tabla II.

Tabla II. Tratamientos.

Variedad	Método	Tratamientos
Cañero	Sin clarificar	TX1
	clarificado	TX2
Candy	Sin clarificar	TX3
	clarificado	TX4
Comercial	-----	TX5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos en gramos sobre litro de los azúcares encontrados en el jarabe de sorgo de los diferentes tratamientos. En cuanto a sacarosa el TX1 reportó mayor concentración de este azúcar con 562.39(±18.25)g/L con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para todos los tratamientos, seguido de los tratamientos TX3 y TX4 con 364.45(±12.37) y 378.60(±2.108) respectivamente sin diferencias significativas entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). El TX2 con valores de 267.53(±17.31) y el TX5 con 127.01(±8.541) fueron los valores más bajos en cuanto a este azúcar. La variedad RB Cañero según Montes *et al.*, (2010) fue creada para generar mayor rendimiento de sacarosa similar a la caña de azúcar, sin embargo al someter el jugo de RB Cañero a un proceso de clarificación con CA (TX2) también se pierde un porcentaje de sacarosa comparado con el jugo de su misma variedad que no fue clarificado (TX1). Sin embargo, Solís-Fuentes *et al.*, en el 2010 reportó un jarabe de caña de azúcar con 36.2% de sacarosa.

Tabla 3. Azúcares totales en el jarabe de sorgo.

Tratamientos	Sacarosa (g/L)	Glucosa (g/L)	Fructosa (g/L)
TX1	562.39(±18.25) <sup>a</sup>	119.00(±7.229) <sup>c</sup>	438.47(±30.51) <sup>b</sup>
TX2	267.53(±17.31) <sup>c</sup>	189.98(±1282) <sup>b</sup>	206.70(±1.110) <sup>c</sup>
TX3	364.45(±12.37) <sup>b</sup>	318.66(±16.20) <sup>a</sup>	522.01(±3.182) <sup>a</sup>
TX4	378.60(±2.108) <sup>b</sup>	318.99(±37.72) <sup>a</sup>	536.73(±6.025) <sup>a</sup>
TX5	127.01(±8.541) <sup>d</sup>	180.15(±5.529) <sup>b</sup>	38.07(±1.497) <sup>d</sup>

Promedios con letras similares en las columnas son estadísticamente iguales; prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a la glucosa los tratamientos TX3 y TX4 fueron los que mayor concentración de glucosa reportaron ambos de la variedad experimental con valores de gramos por litro de

318.66±16.270 y 318.99±37.792 respectivamente los cuales no presentan diferencias significativas entre sí ( $p \leq 0.05$ ), seguidos del TX2 y TX5 que son estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ) con una concentración de g/L para TX2 de 189.98±12.852 y TX5 180.15±5.529 g/L, el TX1 es el valor más bajo con una concentración de 119.00±7.229 y es estadísticamente diferente a todos los tratamientos. En el 2009, Vargas elaboró un jarabe de agave con una concentración de 19.20% de glucosa, mientras que Solís-Fuentes et al., en el 2010 reportó un jarabe de caña de azúcar con una concentración de glucosa de 30.2%, por su parte Quesada-Salazar y Hernández-Peñaranda (2012) elaboraron un jarabe de tiquisque con 48% de glucosa, por lo tanto el jarabe de sorgo se sitúa dentro de los rangos reportados por estos autores.

En cuanto a la concentración de fructosa al igual que en la glucosa la variedad RB Candy reporta la mayor concentración con 522.01±3.182 g/L en el TX3 y 536.73±6.025 g/L en el TX4 siendo estadísticamente iguales ( $p \leq 0.05$ ), le sigue el TX1 con valores de 438.47±30.521 g/L que presenta diferencias estadísticas con los demás tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), los de menor concentración son los TX2 con 206.70±1.110 g/L y el TX5 con 38.07±1.497. El TX5 de marca comercial lo venden como alto en fructosa y al analizarlo es el de menor concentración comparado con los jarabes de sorgo, de esta manera el jarabe de sorgo supera al jarabe comercial con mayor concentración de todos los azúcares analizados. Vargas (2009) en su jarabe reporta 80% de fructosa, Solís-Fuentes y colaboradores., en el 2010 elaboró su jarabe de caña con la misma concentración de glucosa y fructosa con 30.2% y Quesada-Salazar y Hernández-Peñaranda (2012) con 47.13% de fructosa en su jarabe de tiquisque, donde el jarabe de sorgo representa una buena fuente de fructosa y con métodos de elaboración más sencillos que los jarabes comparados.

## CONCLUSIONES

El jarabe de sorgo dulce puede sustituir la forma convencional de hacer jarabes de alta fructosa, debido a que su costo de producción es más económico, y rápido porque no requiere el uso de enzimas para su elaboración. Presenta buena fuente de azúcares en el caso de la variedad RB Cañero que representa la mayor cantidad de sacarosa y la variedad experimental proporciona cantidades importantes de azúcares reductores como lo son glucosa y fructosa, para obtener buen rendimiento de jarabes que pueden ser utilizados como edulcorantes y saborizantes, al incorporarlos a los procesos productivos en la industria alimentaria.

## BIBLIOGRAFÍA

Chuck-Hernández C., Pérez C.E., Heredia O.E & Serna S.O. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: Tecnologías y avances de oportunidad. Revista mexicana de ingeniería química, 2011.  
García, C.M. La alimentación del futuro: Nuevas Tecnologías y su importancia en la nutrición de la población. Manuales venezolanos de nutrición, 2007.

- Grajales, S.M., Zamarripa C.A., Alonso, B.M. & Montes, G.N. Guía tecnológica del cultivo de sorgo dulce con potencial para producir etanol en Chiapas. INIFAP Chiapas, 2011.
- Hernández-Uribe, J., Rodríguez-Ambriz, S. & Bello-Pérez, L. Obtención de jarabe fructosado a partir de almidón de plátano (*Musa Paradisiaca* L.). Caracterización parcial. Revista Scielo. Volúmen 33, Numero 5, 2008.
- James, C.P. Manual de la caña de azúcar México, limosa, 2004.
- Montes, G. N., Pecina, Q.V., Cisneros L.M. & García, G.M. RB Cañero: sorgo dulce para producción de etanol. Ciencia y Tecnología para el campo Mexicano, 2010.(a)
- Montes., N.G., Salinas, G.J., González, J.A., Loredó, P.R. y Díaz P.G., Guía Técnica de producción de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* (L) Moench) en Tamaulipas. Ciencia y Tecnología para el campo Mexicano, 2010.
- Ochoa E.X., Guía Técnica para la producción de sorgo dulce en el sur de sonora. INIFAP Sonora. Volúmen 84, 2011.
- Padilla, A.J., Hernández, V.B., Morales, M.A., Ávila, C.E, Payan, O.S. & Camarillo, P.M. Genotipos de sorgo dulce potenciales para producción de etanol en el valle de Mexicali. Aguascalientes: Investigación y Ciencia, volumen 52, 2011.
- Quezada, S.M. & Hernández-Peñaranda, A. Producción de jarabe de fructuosa con enzimas inmovilizadas en un proceso continuo a partir de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). Costa Rica: Ciencia y tecnología, volumen 28, 2012.
- Solís-Fuentes J., Calleja, Z.K. & Duran, B.M. Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, volumen 25, 2010.
- Valenzuela, R.M. Desarrollo y evaluación física, química y sensorial de un jarabe de sacarosa con pulpa e café saborizado. Tesis Ingeniero químico. Zamorano, Honduras: Escuela agrícola panamericana, 2010.
- Vargas, V.C. Tesis Maestro en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable. Obtención de insumos de interés industrial a partir de fructanas del agave mezcalero potosino (*Agave salmiana*). Instituto Politécnico Nacional. Michoacán, 2009.
- NMX-F-169-1984. Alimentos para humanos. Jarabes. Foods for humans. Syrups. Normas mexicanas. Dirección general de normas. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-169-1984.PDF>. Consultado el 08-mayo-2015
- SAGARAPA, 2012. <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/bioetanol/produccion-a-partir-de-sorgo-dulce.html>, Fecha de consulta: 20 abril, 2015.