

PRODUCCIÓN DE AZÚCARES FERMENTABLES A PARTIR DEL AGAVE *Tequilana weber* VARIEDAD AZUL

Martínez Reséndiz Lisseth Ileana^{a*}, Téllez Luis Simón Josías^B, Rodríguez Castillejos Guadalupe Concepción ^a, Palos Pizarro Isidro ^b, Efrén Nieto Mario^b, Cuarenta Obrajero Josefina^b.

a UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán. Departamento de Biotecnología, Calle 16 y Lago de Chapala, Colonia Aztlán, C.P. 88740, Reynosa, Tamaulipas, México.

b UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe. Departamento de Biotecnología. Carr. Reynosa- San Fernando, cruce con Canal Rodhe, Col. Arcoiris, C.P. 88779, Reynosa, Tamaulipas, México. * lisi_111091@hotmail.com

RESUMEN:

El Agave tequilana weber variedad Azul es una planta originaria de México. Contiene una alta cantidad de azúcares fermentables provenientes de la inulina. Este trabajo tuvo como objetivo la determinación del efecto de la temperatura, tiempo de reacción y la concentración de ácido (H_2SO_4 y H_3PO_4) en la hidrólisis de la piña de agave para la obtención de azúcares fermentables. Se utilizaron concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5% en ambos ácidos. Las temperaturas y tiempos utilizados fueron $100^\circ C$ por 60 minutos para el H_2SO_4 y $80^\circ C$ durante 123 minutos para el H_3FO_4 . Se mantuvo una relación sólido/líquido 1/5. De manera global la mayor concentración de azúcares reductores totales que se obtuvo fue de 135.81 g/L.

ABSTRACT:

The tequilana Weber Blue variety Agave is a plant native to Mexico. It contains a high amount of fermentable sugars from inulin. This study aimed to determine the effect of temperature, reaction time and concentration of acid (H_2SO_4 and H_3PO_4) on hydrolysis agave pineapple for obtaining fermentable sugars. Concentrations of 0.5, 1.0 and 1.5 % in both acids were used. The temperatures and times used were $100^\circ C$ for 60 minutes to $80^\circ C$ and H_2SO_4 for 123 minutes to H_3FO_4 . A solid / liquid ratio remained 1/5. Globally the highest concentration of total reducing sugars obtained was of 135.81 g / L.

Palabras clave:

Hidrólisis, ácidos, azúcares.

Keyword:

Hydrolysis, acids, sugars.

Area: Microbiología y biotecnología

INTRODUCCIÓN

El agave tequilana weber variedad azul es una planta cultivada en México, su principal uso es para la elaboración de tequila. Dicho país es considerado el centro de origen del género Agave por la biodiversidad taxonómica en el territorio. Existen 310 especies reportadas, de las cuales 210 se encuentran en México. Esta familia se adapta a regiones áridas y semiáridas (López *et al.*, 2003).

Se han realizado análisis a las piñas del Agave tequilana Weber y estos muestran que contienen aproximadamente un 75% de carbohidratos, dentro de estos se han identificado glucosa, dextrinas, almidón y en mayor cantidad la inulina (20-24%). Esta última es un polímero lineal que está compuesto por cadenas de 25 a 35 residuos de fructosa unidas por enlaces

glucosídicos β (2 \rightarrow 1) y termina con una molécula de sacarosa (Gypta *et al.*, 1990). La inulina es la molécula más pequeña del almidón y la más soluble en agua. Esta se encuentra más frecuentemente almacenada en las raíces, tubérculos, y en las piñas de agaves. Las inulinasas son β -fructosidasas no específicas que hidrolizan inulina en fructosa pura con algo de glucosa (Elyachioui *et al.*, 1992). La degradación de esta polifruktosa permite la obtención de azúcares reductores totales (ART) (Corona-González *et al.*, 2005). El contenido promedio de ART que están presentes en el agave varía entre 20 y 30%. Dentro de los azúcares reductores podemos mencionar la glucosa, sacarosa y la fructosa. Los cuales se obtienen mediante hidrólisis ácida y sus usos pueden ser para la producción de miel, así como mostos fermentables para la producción de bebidas alcohólicas, o para la obtención de aditivos alimentarios (Gómez-Ayala *et al.*, 2008).

Se han realizado muchas investigaciones con el fin de optimizar las condiciones para obtener la mayor concentración de ART transformando las cadenas de polisacáridos en sus monómeros elementales, utilizando catalizadores como el ácido fosfórico y sulfúrico (Galbe, 2002). Sus ventajas son que se encuentran en gran abundancia, amplia distribución geográfica, son renovables, de bajo costo, además de obtener una ganancia ecológica derivada de la eliminación del propio residuo procesado para reducir el impacto ambiental y la economía del proceso (García, 1984). Por lo cual, el objetivo de este trabajo es optimizar la concentración de ácido sulfúrico y fosfórico en la hidrólisis de la piña de agave para la obtención de azúcares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectó la piña de agave del Rancho el Cautín en Cd. Mante, Tamaulipas. Se realizó un estudio de optimización con ácido fosfórico estudiando como variables la concentración de ácido (0.5, 1 y 1.5%). La temperatura fue 80°C durante 123 minutos (Tabla I). Relación sólido/líquido de 1/5. La hidrólisis se realizó en autoclave Tuttnauer modelo 2340 M. Se analizó en HPLC HP 1100 series para conocer la concentración de azúcares.

Tabla I. Condiciones de los tratamientos con ácido fosfórico.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Concentración ácido (%)	Tiempo (min)	Relación sólido/líquido
Tx1	80	0.5	123	1/5
Tx2	80	1.0	123	1/5
Tx3	80	1.5	123	1/5

En el estudio con ácido sulfúrico, se analizó la concentración de azúcares en el agave teniendo como variable la concentración de ácido (0.5, 1 y 1.5% v/v), a una temperatura de 100°C por 60 minutos (Tabla II). Con relación sólido/líquido 1/5. Los hidrolizados se obtuvieron en baño de agua. Se analizó en HPLC HP 1100 series para azúcares.

Tabla II. Condiciones del tratamiento con ácido sulfúrico.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Concentración ácido (%)	Tiempo (min)	Relación sólido/líquido
Tx1	100	0.5	60	1/5
Tx2	100	1.0	60	1/5
Tx3	100	1.5	60	1/5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hidrólisis con ácido sulfúrico (H₂SO₄)

Los azúcares analizados fueron fructosa y glucosa. Como puede observarse en la figura 1, el tratamiento que muestra mayor concentración de fructosa (93.75 g/L) es la combinación de 1% de H₂SO₄ a 100°C por 60 minutos. Mientras que la concentración más baja de fructosa fue de 50.53 g/L al 0.5% de ácido sulfúrico con las mismas condiciones de tiempo y temperatura. En comparación con el estudio de Domínguez *et al.*, (2011), donde realizaron un estudio de hidrólisis con el mismo ácido y bagazo de caña de azúcar, lograron obtener la mayor concentración de azúcares (0.98252 g/L) con 2% del ácido durante 60 y 90 minutos, a 45 y 75°C. Siendo que Seucedo-Luna (2010), obtuvo una concentración de azúcares reductores totales (ART) de 25 g/L con las condiciones óptimas de 150°C, 10 minutos de reacción y 2% de ácido en su estudio con bagazo de agave tequilana weber. Con dicho estudio se resume que las altas temperaturas aceleran la hidrólisis. Por lo cual, la hidrólisis de la piña del agave permite obtener mayor cantidad de ART.

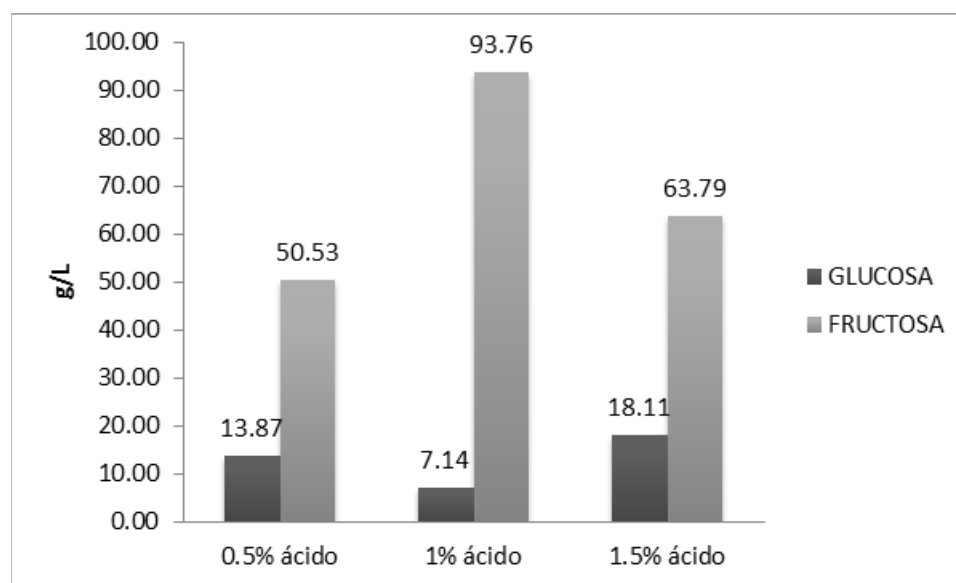


Figura 1. Resultados de la hidrólisis con ácido sulfúrico al 0.5, 1 y 1.5%, a una temperatura de 100°C por 60 minutos.

Hidrólisis con ácido fosfórico (H₂PO₄)

Se analizó en HPLC HP 1100 series los azúcares (fructosa y glucosa) obtenidos del hidrolizado. Los resultados se muestran en la figura 2, obteniendo el valor más alto de fructosa (134.44 g/L) con el 1.5% de ácido a 80°C por 123 minutos, mientras que el valor más bajo fue de 123.66 g/L

con el 0.5% de ácido. Gómez *et al.*, (2007), en muestras de agave obtuvieron la concentración más alta en fructosa (11,22 g/L) a 80°C, 1% ácido fosfórico y 90 minutos de hidrólisis. Oliva *et al.*, (2007), realizaron el estudio con ácido fosfórico en paja de sorgo, la concentración máxima de azúcares fue 15.7 g/L utilizando 6% de ácido, 126 minutos durante 3 horas. Comparando con estudios anteriores se comprueba que la temperatura, el tiempo y la concentración del ácido tienen relación en la hidrólisis de los MLC. A mayor concentración de ácido, temperatura y tiempo se obtienen mejores resultados. En este estudio observa que tiene mejor efecto el H₂PO₄ sobre la hidrólisis de la inulina.

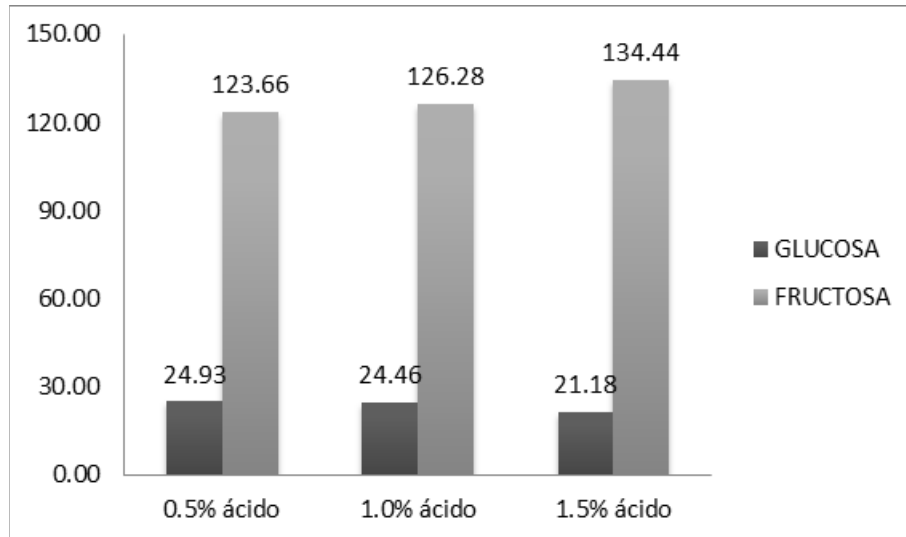


Figura 2. Resultados de hidrólisis ácida de la piña de agave a 80°C, por 123 minutos y diferentes concentraciones de ácido fosfórico.

CONCLUSIONES

La obtención de azúcares es posible por tratamientos con ácidos, influyendo la concentración, el tiempo y las temperaturas utilizadas. Optimizar estas condiciones para aumentar la concentración de azúcares obtenidos de MLC tendrá un beneficio económico ya que se pueden utilizar materiales considerados como desecho en la agronomía o como fuentes de contaminación como el bagazo, además de dar un valor agregado a cultivos que se consideren perdidas, como es en el caso del agave tamaulipeco que cuenta con madurez extrema. Además sería importante realizar un estudio de detoxificación para la eliminación de materiales de desecho como el furfural, el cual se forma debido al tiempo de reacción con ácido y a las temperaturas moderadas.

BIBLIOGRAFÍA

Domínguez MM, Álvarez-Castillo A, Castrejón Rosales T, Granados Baeza MJ, Hernández Campos FJ, Alcalá Octavio VH, Tapia Picazo JC. 2011. Estudio de la Cinética de la Hidrólisis Ácida del Bagazo de Caña de Azúcar sin pretratamiento para la Obtención de azúcares reductores. Revista Iberoamericana de Polímeros 12(3):153-159.

- Elyachioui M, Hornez JP, Tailliez R. 1992. General properties of extracellular bacterial inulinase. *Journal of Applied Bacteriology* 73: 514-519.
- Galbe M, Zacchi G. 2002. A review of the production of ethanol from softwood. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 59:618-628.
- García F, Martín F, Rodríguez J. 1984. Posibilidades de aprovechamiento de la lignina en la industria química. *Ing. Quím.* 10, 249-254
- Gómez-Ayala RC, Téllez-Luis SJ, Ramírez de León JA, Jacques Hernández C, Vázquez Vázquez M. 2008. Aprovechamiento integral del Agave americana L. *Revista UAT (On-line)*. Disponible en:
http://www.academia.edu/1323231/Aprovechamiento_integral_del_Agave_americana_L
- Gómez RC, Ramírez JA, Jacques C, Vázquez M. 2007. Hidrólisis ácida de la inulina del Agave americana para la obtención de mostos fermentables ricos en fructosa. In the book of *Aprovechamiento Biotecnológico de Productos Agropecuarios I*. Plaza y Valdez: México, pp. 81-92.
- Gupta AK, Rathore P, Kaur N, Singh R, 1990. Production, thermal stability and immobilization of inulinase from *Fusarium oxysporum*. *J. Chem. Tech. Biotechnol* 47:245 - 257.
- López MG, Mancilla-Margalli A, Mendoza-Díaz G. 2003. Molecular Structures of Fructans from *Agave tequilana* Weber var. azul. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:7835-7840.
- Corona-González RL, Pelayo-Ortiz C, González-Álvarez V, Zuñiga-Partida V. 2005. OPTIMIZING INULINASES PRODUCTION VIA *SACCHAROMYCES* SP. FROM AGAVE TEQUILANA WEBER, BLUE TYPE. *Revista Digital Científica y Tecnológica (e-Gnosis)* 3(8):1-10.
- Óliva Álvares MA, Téllez-Luis SJ, Ramírez de León JA, Vázquez Vázquez M. 2007. Study of Sorghum Straw Hydrolysis Using Phosphoric Acid. In the book of *Aprovechamiento Biotecnológico de Productos Agropecuarios I*. PLAZA Y VALDES EDITORES: México, pp. 275-283.
- Saucedo-Luna J, Castro-Montoya AJ, Rico JL, Campos-García J. 2010. OPTIMIZATION OF ACID HYDROLYSIS OF BAGASSE FROM *Agave tequilana* Weber. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 9(1):91-97.