

AZÚCARES EN AGAVES (*Agave tequilana* Weber) CULTIVADOS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Bautista-Justo M.*, L. García-Oropeza*, R. Salcedo-Hernández* y L. A. Parra-Negrete*.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si la calidad de los agaves guanajuatenses es igual a la de los cultivados en Jalisco. Se realizó un estudio comparativo del contenido de azúcares de los agaves (*A. tequilana* Weber) cultivados en ambos estados. Se emplearon datos de azúcares reductores totales (%ART) agrupados en dos períodos y grados Brix (°Bx) de muestras de jugo crudo, proporcionados por una tequilera de la región: agosto a diciembre de 1998 y de enero a mayo del 2000. Los datos se procesaron estadísticamente aplicando un análisis de varianza y prueba de Tukey para comparación de medias. Se determinó la correlación entre los °Bx y el %ART. En el primer período, la media del %ART para el proveedor de Manuel Doblado, Gto. fue de 24.43 ± 2.29 y no presentó diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) con los proveedores de los Altos, Jal. En el segundo período la media para el proveedor de Pénjamo, Gto. fue de 26.78 ± 5.96 y fue estadísticamente igual a los proveedores 4, 5, 6, 7 y 9 de los Altos, Jal. La correlación entre %ART y °Bx fue de 0.9621 significativa a un nivel del 1%. Se concluye que según el contenido de azúcares, los agaves guanajuatenses son de buena calidad y no presentaron diferencia estadística significativa con respecto a los cultivados por 7 proveedores del estado de Jalisco.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine if the quality of Guanajuato agaves is equal to the agaves cultivated in Jalisco. A comparative study was made of the sugar content of the agave (*A. tequilana* Weber) cultivated in both states. Used were data of total reducing sugars (%TRS) and Brix degrees (°Bx) of raw juice samples provided by a *tequilera* of the region between August and December, 1998 and January and May, 2000. The data were statistically processed, applying an ANOVA analysis and a Tukey test to compare the media and the correlation between °Bx and %TRS was made. In the first period, the media %TRS from the supplier of Manuel Doblado, Gto. was 24.43 ± 2.29 and did not show a significant statistical difference ($p < 0.05$) with the suppliers of Los Altos, Jal. In the second period, the media of the suppliers of Pénjamo, Gto. was 26.78 ± 5.96 and was equal statistically to suppliers 4, 5, 6, 7 y 9 of Los Altos, Jal. The correlation between %TRS and °Bx of 0.9621 was significant to a level of 1%. One concludes that, according to sugar count, the agaves from Guanajuato are of good quality and do not present a significant statistical difference with respect to those cultivated by seven suppliers from the state of Jalisco.

Palabras clave: Inulina, azúcares reductores, *Agave tequilana* Weber y °Bx.

Key words: Inulin, reducing sugars, *Agave tequilana* Weber and °Bx.

INTRODUCCIÓN

El *Agave tequilana* Weber es la planta utilizada en la elaboración del tequila, actualmente una de las bebidas más famosas a nivel nacional e internacional. La cabe-

za o piña de agave se corta, se cuece en hornos utilizando vapor, se muele para extraer el jugo, el cual es fermentado por la acción de una levadura y finalmente se destila, con lo que se obtiene el tequila. La cantidad y el tipo de azúcares que contienen las piñas de agave son

* Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, Km. 9 Carretera Irapuato-Silao, A. P. 311 C. P. 36500 Irapuato, Gto.

Recibido: 18 de Enero de 2001

Aceptado: 26 de Febrero de 2001

muy importantes debido a que estos son utilizados por las levaduras para la obtención del etanol y de los compuestos que proveen las características sensoriales del producto.

Wesche (2000), reporta que algunas especies de plantas, entre ellos el agave, tienen como reserva de carbohidratos polímeros de fructosa (fructosanos), en lugar de glucosa, tales como la inulina (figura 1), que son más pequeños que las moléculas de almidón y más solubles en agua. La inulina es un polímero lineal y está compuesta de cadenas de 25 a 35 residuos de fructosa unidas por enlaces glucosídicos $\beta(2 \rightarrow 1)$ y termina con una molécula de sacarosa. Algunos fructosanos son ramificados. Las inulinas se encuentran más frecuentemente almacenadas en raíces y tubérculos en lugar de secciones aéreas de las plantas. Los tubérculos de la alcachofa de Jerusalén (*Helianthus tuberosus* L.) y dalia (*Dahlia pinnata* Cav.); los bulbos de iris (*Iris* sp.) y las raíces del diente de león (*Taraxacum officinales* Weker) y la achicoria (*Chicorium intyvus* L.) son ricos en inulina, así como también las piñas de los agaves.

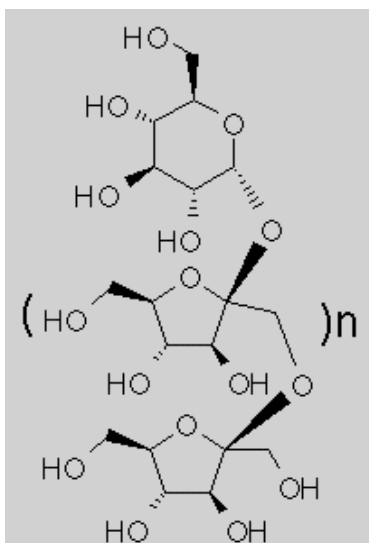


Figura 1. Molécula de inulina

Se han realizado análisis a las piñas del *Agave tequilana* Weber y estos muestran que contienen aproximadamente un 75% de carbohidratos, de los cuales se han identificado

glucosa, dextrinas, almidón y principalmente inulina (Arrazola, 1969). El Agave azul es la variedad que contiene la mayor cantidad de inulina (20-24%), comparándola con otras variedades como Carpintero, Pata de mula, Bermejo, Zopilochino, Sihuin y Chato (14.3 a 19.8%) (Novoa, 1952, citado por Arrazola, 1969).

La síntesis de inulina “comienza con la adición de fructosa a una molécula de sacarosa, formando un trisacárido. La síntesis completa del polímero requiere de varias enzimas:

- Sacarosa-sacarosa 1-fructosiltransferasa (SST) que cataliza la formación del trisacárido a partir de dos moléculas de Sacarosa: $\text{Glc-Fru} + \text{Glc-Fru} \rightarrow \text{Glu-Fru-Fru} + \text{Glu}$.
- La glucosa es subsecuentemente convertida después de varios pasos en sacarosa.
- $\beta(2 \rightarrow 1)$ fructan 1-fructosiltransferasa (FFT) que cataliza la transferencia de un residuo de fructosa de un donador a un aceptor, ambos siendo trisacáridos o mayores:

$\text{Glu-Fru-Fru}(n) + \text{Glu-Fru-Fru}(m) \rightarrow \text{Glu-Fru-Fru}(n-1) + \text{Glu-Fru-Fru}(m+1)$. Esta reacción es reversible y también funciona durante la despolimerización.

La degradación o despolimerización de la inulina puede seguir una de dos rutas. Durante el almacenamiento frío, la inulina es degradada a oligómeros de cadena más corta. Esta degradación involucra la acción de hidrolasas, la FFT y enzimas involucradas en la síntesis de sacarosa. Durante el proceso de germinación, la inulina es degradada completamente a fructosa por hidrolasas y luego convertida en sacarosa para su exportación a los ápices en crecimiento. Se han aislado varias levaduras que poseen enzimas requeridas para la hidrólisis de la inulina y subsecuentemente convierten a los residuos en alcohol, de esta manera aumentan el atractivo de utilizar inulina como sustrato de carbono para la producción de alcohol” (Wesche, 2000).

La inulina presente en el agave, se degrada durante el cocimiento dando principalmente va-

rias moléculas de fructosa, alrededor del 20% de sacarosa y el trisacárido 1,β-fructosil inulobiosa (Feingold, 1956 y Takashi, 1955, citados por Arrazola, 1969). La fructosa y la glucosa presentes en el agave son dos azúcares reductores que pueden ser utilizados para obtener alcohol con un proceso de fermentación, además de que pueden interactuar con las proteínas dando como resultado la caramelización o reacción de Maillard (Téllez, 1998).

El contenido promedio de azúcares reductores totales (ART) que están presentes en el agave, varía entre 20 y 30 % en peso. Cuando un agave tiene un contenido de azúcares reductores del 20%, es considerado de baja calidad y si presenta entre el 25 y 30 % es de buena calidad (Granados, 1993 y Téllez, 1998).

El análisis de azúcares en las piñas de agave es importante porque el alcohol obtenido en la fermentación depende de la cantidad de azúcares reductores.

En las tequileras se practican dos tipos de análisis:

- Medición de grados Brix (°Bx).
- Determinación de Azúcares Reductores empleando el reactivo de Fehling.

Los grados Brix representan una escala arbitraria para medir densidades de soluciones de azúcares y equivalen al porcentaje en peso de sólidos solubles de una muestra, que principalmente son azúcares. Su determinación se realiza con un refractómetro o con un hidrómetro (Considine, 1982, Potter, 1995 y Badu, 1988).

Con el refractómetro se determina el índice de refracción de un haz de luz que atraviesa el medio en el cual se encuentran los azúcares. El hidrómetro usado para determinar los °Bx se llama sacarímetro y su uso, según Pomeranz (1982), “está basado en el principio de que un

cuerpo desplaza el líquido igual a su peso en el cual éste flota. El peso del líquido desplazado es igual al producto de su volumen y densidad. Si V_1 y V_2 son los volúmenes de dos líquidos desplazados por el mismo peso y D_1 y D_2 sus respectivas densidades

$$V_1 D_1 = V_2 D_2$$

y

$$D_1/D_2 = V_2/V_1$$

Así los volúmenes de diferentes líquidos desplazados por el mismo cuerpo flotante son inversamente proporcionales a las densidades de los líquidos. Si el cuerpo flotante es un cilindro vertical de diámetro uniforme, el volumen desplazado es proporcional a la profundidad con la que el cuerpo se hunde

$$D_1/D_2 = H_2/H_1$$

Físicamente el hidrómetro es un flotador de vidrio que tiene un fondo ancho y pesado y un cuello delgado en la parte superior, llamado vástago. Además, en la parte inferior tiene un inserto metálico de peso apropiado, que hace que el hidrómetro se hunda en la solución de prueba hasta una profundidad que origina que el vástago calibrado sobresalga por encima del líquido” (p. 379). “Los hidrómetros son muy usados para determinar la gravedad específica de los líquidos donde la rapidez es más importante que la exactitud” (Joslyn, 1970 p. 216). La determinación debe realizarse a 20 °C o de lo contrario se deben emplear tablas de corrección para temperatura (Pomeranz, 1982).

AZÚCARES REDUCTORES

En el apéndice A de la Norma Oficial Mexicana (NOM) para tequila, aparecen dos métodos para la determinación de azúcares invertidos y azúcares reductores que puede ser utilizado en la determinación de ART en el jugo del agave (<http://www.crt.org.mx>).

EL AGAVE Y LA PRODUCCIÓN DE TEQUILA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

En el artículo 3° de la Declaración General de Protección a la Denominación de origen del "Tequila" se encuentran los territorios de origen que comprenden los estados de Jalisco, Nayarit, Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas (este último actualmente ya no se considera). En el estado de Guanajuato, los municipios que están dentro de esta denominación son:

- Abasolo
- Ciudad Manuel Doblado
- Cuerámara
- Huanímaro
- Pénjamo
- Purísima del Rincón

Existen dos tequileras que son conocidas en el estado de Guanajuato: la Tequileras Real de Pénjamo y la Tequileras Corralejo.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) ha reportado que el estado de Guanajuato cuenta con 89 ha. de agave, pero se tiene conocimiento de que se han identificado más de 1000 ha. plantadas, principalmente de *A. tequilana* Weber y otras especies.

Actualmente se tiene un grave problema con la producción de Agave, ya que existe una enfermedad que es causada por un complejo de hongos y bacterias que no han sido bien identificados, pero que ataca a la planta y la pudre. La enfermedad es conocida como Tristeza y Muerte del Agave (TMA). Se piensa que para los próximos años se tendrá un desabasto de agave y en la actualidad esto ya se ve reflejado en sus precios. Una posible causa de esta enfermedad puede ser la falta de diversidad genética, ya que durante los últimos 130 años no se ha dejado florecer al agave en el estado de Jalisco y los 203 millones de plantas que hay en 60 000 ha.,

podrían ser "clones", en donde el 56.1% presenta diversos grados de la enfermedad (Parra *et. al.*, 1999).

El Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato (ICA), junto con el Gobierno del Estado está trabajando actualmente en la detección de otros municipios del estado que puedan ser adecuados para la siembra del Agave y con esto poder remediar un poco el desabasto que puede existir en un futuro. Los lotes experimentales han sido establecidos en los municipios de Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, León, Silao, Romita, Guanajuato, Irapuato y Salamanca (Parra *et. al.*, 1999).



MÉTODOS

Con la finalidad de comparar la calidad de los agaves (*A. tequilana* Weber) que son cultivados en los estados de Guanajuato y Jalisco, se realizó un estudio en el cual se obtuvieron datos del contenido de Azúcares Reductores Totales (ART) y los Grados Brix (°Bx) de las muestras del jugo crudo de los agaves de una tequileras de la región.

Se analizaron datos del estado de Guanajuato, pertenecientes a dos proveedores de los municipios de Manuel Doblado y Pénjamo, así como también datos de 12 proveedores de Los Altos, Jal.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a una comparación de medias empleando la prueba de Tukey. También se deter-

minó la correlación existente entre los °Brix y los ART (% en peso) de las muestras. Para tal fin se empleó el Paquete de Diseños Experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León Versión 2.5. de Olivares (1994).

Los datos analizados correspondieron a dos períodos, que abarcaron de agosto a diciembre de 1998 y de enero a mayo del 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las medias de los azúcares reductores totales oscilaron de 23.68 a 30.8 % en el período de agosto a diciembre de 1998 y de 27.08 a 32.69 % en el período de enero a mayo del 2000 (Tablas 1 y 2). Con estos resultados se verificó que las piñas del agave tienen un mayor contenido de ART en época seca, debido a que el jugo contiene menos agua por lo que los azúcares se concentran y en época de lluvias presenta un menor contenido porque la cantidad de agua que tiene el jugo es mayor. En la tabla 1 se observa que durante el período de agosto a diciembre de 1998 el contenido de ART en las muestras provenientes de Manuel Doblado, Gto. fue de 24.43 ± 2.29 . No se observó diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre este valor y los correspondientes a las muestras de los proveedores 1 y 2 de Los Altos, Jal.

Tabla 1. Contenido de azúcares en el jugo crudo de *Agave tequilana* Weber durante el período de agosto a diciembre de 1998.

Origen	°Bx Media ± D. E.	% ART Media ± D. E.
Los Altos, Jal. Proveedor 1	22.16 ± 2.66	23.68 ± 3.72^c
Manuel Doblado, Gto.	24.10 ± 2.36	24.43 ± 2.29^{bc}
Los Altos, Jal. Proveedor 2	24.32 ± 2.02	27.09 ± 2.13^{ab}
Los Altos, Jal. Proveedor 3	27.00 ± 3.32	30.80 ± 6.48^a

D. E. = Desviación estándar

Nota: Superíndices distintos indican diferencia significativa a un nivel de significancia del 5 %

En lo que respecta al contenido de ART en las muestras de jugo de agave provenientes de Pénjamo, Gto. (período de enero a mayo del 2000), se puede ver en la Tabla 2 que se obtuvo un valor de 26.78 ± 5.96 y que fue estadísticamente igual ($p < 0.05$) al de los agaves provenientes de Los Altos, Jal.: proveedores 4, 5, 6, 7 y 9.

Tabla 2. Contenido de azúcares en el jugo crudo de *Agave tequilana* Weber durante el período de enero a mayo del 2000.

Origen	°Bx Media ± D. E.	% ART Media ± D. E.
Los Altos, Jal. Proveedor 4	26.86 ± 2.77	28.80 ± 2.64^{bcd}
Pénjamo, Gto.	25.36 ± 5.34	26.78 ± 5.96^d
Los Altos, Jal. Proveedor 5	26.69 ± 5.90	28.37 ± 5.95^{bcd}
Los Altos, Jal. Proveedor 6	26.05 ± 4.16	27.65 ± 4.12^{cd}
Los Altos, Jal. Proveedor 7	26.41 ± 3.61	27.91 ± 3.77^{bcd}
Los Altos, Jal. Proveedor 8	30.46 ± 3.30	32.14 ± 3.43^{ab}
Los Altos, Jal. Proveedor 9	26.58 ± 2.24	28.20 ± 2.03^{bcd}
Los Altos, Jal. Proveedor 10	29.36 ± 3.96	30.35 ± 4.94^{abc}
Los Altos, Jal. Proveedor 11	31.08 ± 4.17	32.69 ± 4.42^a
Los Altos, Jal. Proveedor 12	30.70 ± 3.99	31.92 ± 3.88^{ab}

D. E. = Desviación estándar

Nota: Superíndices distintos indican diferencia significativa a un nivel de significancia del 5 %

La correlación entre °Bx y el % ART fue de 0.9621 significativa a un nivel de 1%. La figura 2 muestra las variaciones entre °Bx y % ART de las muestras del jugo de agave. Estos datos indican que sí se puede confiar en la determinación de los °Brix como una medida rápida de los sólidos totales en el jugo de agave, que en su mayoría son azúcares reductores.

La determinación rápida de sólidos totales por medición de °Brix es confiable para poder recibir la materia prima. Sin embargo, no sustituye la determinación de azúcares reductores totales que es de primordial importancia para el proceso.

Es importante mencionar que debido a las enfermedades que han atacado al agave en los últimos años, se ha originado una gran escasez.

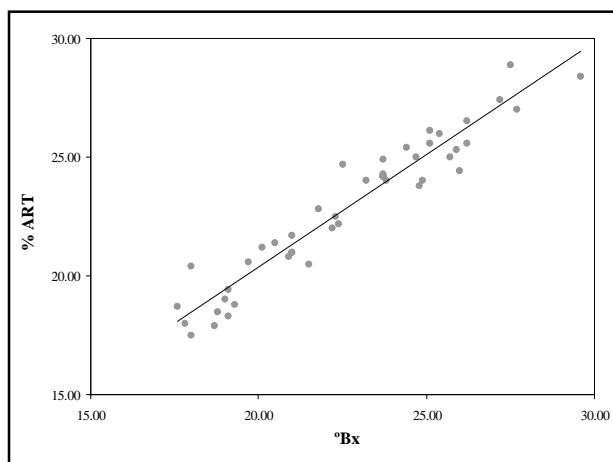


Figura 2. °Bx y % ART en el jugo crudo de Agave tequilana Weber.

Por tal razón las tequileras en varias ocasiones se ven en la necesidad de comprar las piñas aún cuando no cuentan con la madurez necesaria para ser cortadas. Debido a esto las piñas presentan un menor contenido de ART y otros nutrimentos, en comparación con las que son cortadas en su estado de madurez óptima.

La baja concentración de ART y de otros nutrimentos afecta principalmente desde el punto económico, porque se paga la misma cantidad por transporte de material de baja o alta calidad. Por otro lado, el rendimiento en la producción de tequila disminuye, debido a que se obtiene un menor volumen de substrato.

Se concluye de este trabajo que:

- El contenido de azúcares reductores en los agaves guanajuatenses (*A. tequilana* Weber) analizados se encuentra en el intervalo de 25 a 30% de ART y se clasifican como de buena calidad, según Granados (1993) y Téllez (1998).
- No se detectó diferencia estadística ($p < 0.05$) entre el contenido de ART de los agaves guanajuatenses (*A. tequilana* Weber) y los determinados en agaves provenientes de siete proveedores de Los Altos, Jal.
- Es importante promover la siembra del agave en Guanajuato como un cultivo alternativo, ya que

según el contenido de azúcares se considera de buena calidad.

REFERENCIAS

- Arrazola, D. F. de M. (1969). *Estudio del Contenido de Azúcares en la Piña del Agave tequilana*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Puebla, México pp. 4 y 5.
- Baduí, D. S. (1988). *Diccionario de Tecnología de los Alimentos*. Ed. Alhambra. México, D. F. pp. 65.
- Consejo Regulador del Tequila. Consultado en Internet: <http://www.crt.org.mx>
- Considine, M. D. y G. D. Considine. (1982). *Foods and Food Production Encyclopedia*. Ed. Van Nostrand Reinhold Company, Inc. New York, U. S. A. pp. 418.
- Granados, S. D. (1993). *Los Agaves en México*. Universidad Autónoma de Chapingo. México pp. 112 y 113.
- Joslyn, M. A. (1970). *Methods in Food Analysis*. Academic Press, INC. New York, U. S. A. pp. 216.
- Olivares, S. E. (1994). *Paquete de Diseños Experimentales FAUANL*. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.
- Parra, N. L. A., J. T. Frías H., M. D. Salas A., R. Ramírez M., J. L. Delgado H., M. Bautista J., L. F. Ramírez S., V. Olalde P. y J. Ireta M. (1999). *El Agave para Destilados en el Estado de Guanajuato*. Informe de Investigación presentado en la Reunión de Avances de los Proyectos del Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila. CONACYT-GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO-CRT. Guadalajara, Jal.
- Pomeranz, Y. and C. E. Meloan. (1982). *Food Analysis: Theory and Practice*. AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut, U. S. A. pp. 379 y 380.
- Potter, N. N. (1995). *La Ciencia de los Alimentos*. Ed. Harla. México, D. F. pp. 561.
- Téllez, M. P. (1998). "El Cocimiento, una Etapa Importante en la Producción del Tequila". *Bebidas Mexicanas* 7(1) 19-20.
- Wesche, E. P. (2000). *Química de Alimentos de Origen Vegetal*. Universidad de las Américas - Puebla consultado en Internet: <http://webserver.pue.udlap.mx/~pwesche/3.4.html>