

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE FRUCTANOS DE AGAVE (*Agave tequilana* Weber var. Azul)

Hugo Espinosa Andrews^{1*} Judith Esmeralda Urias-Silvas¹

^a *Departamento de Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, 44270, México.*

**e-mail: hespinosa@ciatej.net.mx*

Resumen

En este trabajo se compararon las propiedades térmicas de muestras de fructanos de agave (*Agave tequilana* Weber var. Azul) comercial y extraído en el laboratorio. El contenido de fructanos total de las muestras de agave calculado por método enzimático fue de alrededor del 72%. Los resultados de cromatografía de capa fina mostraron la presencia de diferentes proporciones relativas de mono- (principalmente fructosa), di-, oligo- y poli-sacáridos. Se determinó la temperatura de transición vítrea empleando calorimetría diferencial de barrido. Los resultados indican una fuerte relación entre la temperatura de transición vítrea y la composición química de las muestras de agave. A mayor contenido de fructosa aparente se observó una menor temperatura de transición vítrea.

Introducción

El uso de los fructanos como un ingrediente alimenticio saludable continúa en aumento en la industria de los alimentos, debido a sus beneficios tales como fibra dietética y prebiótico natural, así como por sus propiedades tecnofuncionales relacionadas con el incremento de la vida de anaquel de los alimentos [1, 2]. Los fructanos se encuentran naturalmente presentes en muchas plantas como carbohidratos de reserva y han sido correlacionados con la capacidad de la planta a resistir los ciclos climáticos de frío y sequía. Los fructanos tienen diferentes estructuras y longitudes de cadenas, en un intervalo arriba de tres hasta unos cientos de unidades de fructosa. En México, los fructanos pueden ser obtenidos de las plantas del género *Agave*, en particular, existe un gran interés en el *Agave tequilana* Weber var. Azul junto con otras especies del mismo género debido a que México es considerado su centro de origen y biodiversidad [3]. Los fructanos de este género consisten en una mezcla compleja de carbohidratos, que contiene principalmente graminanos y neo-fructanos ramificados [4, 5]

Debido a su configuración, todos los fructanos son resistentes a la hidrólisis enzimática en el tracto digestivo humano (α -glucosidasa, maltasa, isomaltasa y sucrasa) las cuales son específicas para enlaces α -glucosídicos, por lo que son clasificados como carbohidratos no digeribles [3]. Las aplicaciones de los fructanos del agave en la industria de los alimentos tiene un futuro prometedor, sin embargo, hasta hoy, existen pocos estudios entre su composición química y su interrelación con propiedades térmicas. Recientemente, Espinosa-Andrews y Urias-Silvas [6] reportaron las propiedades térmicas de fructanos de agave de dos regiones de Nayarit. Ellos encontraron una interrelación entre la estabilidad física de los fructanos de agave y la composición química de las muestras (humedad y contenido de fructosa libre). En los alimentos, la plastificación (decremento de la transición vítrea, T_g) es principalmente ocasionada por el agua, pero también pequeños solutos pueden actuar como plastificantes (azúcares de bajo peso molecular como la fructosa y la glucosa, así como algunos

polialcoholes) [7]. La presencia de estas moléculas en los alimentos altera su estabilidad física y entre los fenómenos que se pueden presentar se encuentra el de absorción de agua, llegando a plastificar a los alimentos. Las propiedades físicas de los fructanos de agave en polvo pueden ser estimadas a partir de la evaluación de la Tg. La transición vítrea es el nombre dado al fenómeno observado cuando un sólido vítreo es cambiado a un fundido superenfriado durante el calentamiento o la transformación inversa durante el enfriamiento [7]. Comúnmente, la Tg es calculada por calorimetría diferencia de barrido (DSC por sus siglas en inglés) y es caracterizada por un intervalo de temperaturas, el cual presenta un cambio de capacidad calorífica (Cp) de la muestra. El objetivo de este trabajo fue comparar las propiedades térmicas de diferentes muestras de fructanos de agave, comercial y extraído en el laboratorio.

Metodología.

Materiales. Los fructanos de agave fueron obtenidos en el laboratorio de acuerdo a la técnica de Espinosa-Andrews y Urias-Silvas [3], a partir de cabezas de *A. tequila* Weber var. Azul de 6 años de las regiones de Xalisco (XA) y Compostela (CO), Nayarit. Se adquirieron tres muestras comerciales de los fructanos de agave: AA (América alimentos, Guadalajara, Jalisco), PR y PRL (Agaviótica, Monterrey, Nuevo León). La fructosa, glucosa y sacarosa fueron adquiridos en Sigma-Aldrich (Xalostoc Edo. de México, México) y la inulina de achicoria fue adquirida en Orafiti (Raftilane, Bélgica).

Cromatografía de capa fina. Se empleó la cromatografía de capa fina (TLC) para la separación e identificación de los carbohidratos. Tres microlitros de soluciones al 2,0%(p/p) de fructanos fueron aplicadas a placas de TLC, y se desarrollaron. Los carbohidratos fueron visualizados utilizando el método propuesto por Mancilla-Margalli y López [5].

Cuantificación de fructanos: La cuantificación de fructanos se realizó siguiendo el procedimiento del Kit de Megazyme (K-FRUC; Megazyme Internacional Ireland Ltd), el cual se basa en los métodos AOAC 999.03 y AACC 32.32. Brevemente, el método emplea enzimas altamente purificadas y específicas para hidrolizar sacarosa, almidón y fructanos.

Calorimetría diferencial de barrido (DSC). La temperatura de transición vítrea (Tg) fue calculada empleando un DSC, Q2000 TA Instruments (New Castle, DE, EUA). Quince mg de muestra fueron pesados en una charola de aluminio y colocados dentro de la cámara del DSC. Se empleó una charola vacía de aluminio como referencia. El programa térmico consistió en: 1) rampa de 10°C/min hasta 110°C; 2) isoterma por 5 min; 3) rampa de 10°C/min hasta 20°C; 4) isoterma por 2 min; 5) rampa de 10°C/min hasta 190°C. Se emplearon 50 mL de N₂ como gas acarreador. Las muestras fueron corridas por triplicado. Para cuantificar la Tg en las muestras de glucosa, fructosa y sacarosa se aplicó el siguiente ciclo térmico: 1) calentamiento de 40°C hasta 10°C por encima de su temperatura de fusión, 2) enfriamiento de 10°C/min hasta -20°C, y 3) calentamiento de 10°C/min hasta 120°C. La Tg fue calculada empleando el software Universal analysis 2000 V4.5A (TA-Instrument, New Castle, DE, EUA).

Resultados

El contenido total de fructanos de las muestras de agave fue determinado por el método enzimático. El contenido total de fructanos fue de 63.2 ± 1.3 , 70.8 ± 1.1 , 72.5 ± 1.2 , 72.1 ± 1.5 y 73.8 ± 1.3 para las muestras CO, XA, AA, PR y PRL, respectivamente. La Figura 1 muestra los resultados de TLC de los carbohidratos estándares (fructosa y glucosa) y las muestras de fructanos. El análisis de las muestras de carbohidratos reveló la presencia de mono-, di-, oligo- y poli-sacáridos de fructosa. La muestra de glucosa presentó una coloración azulada, mientras que la muestra de fructosa presentó una coloración rojiza. Las muestras de fructanos presentaron una coloración principalmente rojiza, esto se debe a que los fructanos (achicoria y agave) presentan principalmente moléculas de fructosa. La muestra de inulina de achicoria mostró la presencia de fructosa, sacarosa, oligo- y poli-sacáridos. Las muestras XA y PRL exhibieron una mayor densidad de carbohidratos en la zona correspondiente a la fructosa, en comparación con las muestras CO, AA y PR.

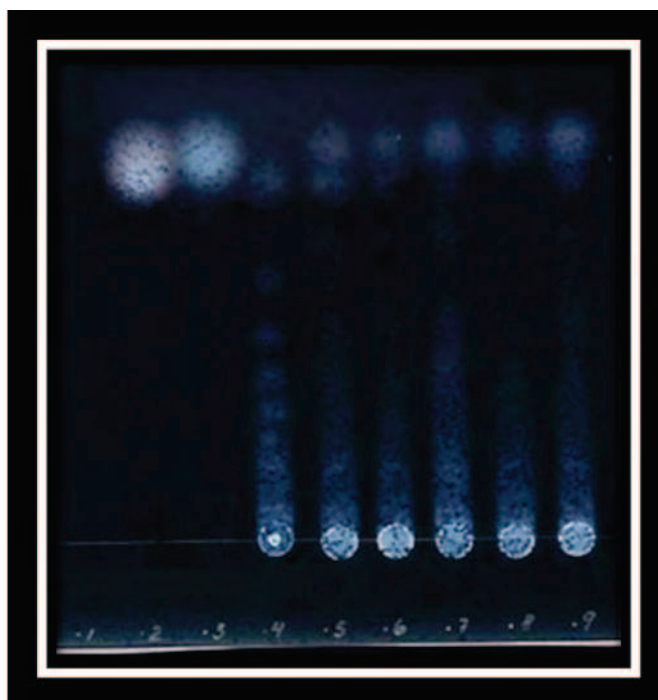


Figura 1. Cromatografía de capa fina de muestras de carbohidratos:
1) blanco; 2) glucosa;
3) fructosa; 4) inulina de achicoria; 5) CO; 6) AA; 7) XA; 8) PR y 9)
PRL.

En las muestras CO, AA y PRL se observó una ligera presencia de sacarosa. Estas diferencias pueden originarse debido a una hidrólisis parcial de las moléculas de fructanos durante la maduración, almacenamiento o procesamiento de las cabezas de agave.

La Figura (2) muestra un perfil térmico representativo de las muestras fructanos de agave, en el primer calentamiento se observa la evaporación del agua libre contenida en polvo (6-8% p/p), mientras que en el segundo calentamiento se observa la temperatura de transición vítrea de la muestra de agave anhidra.

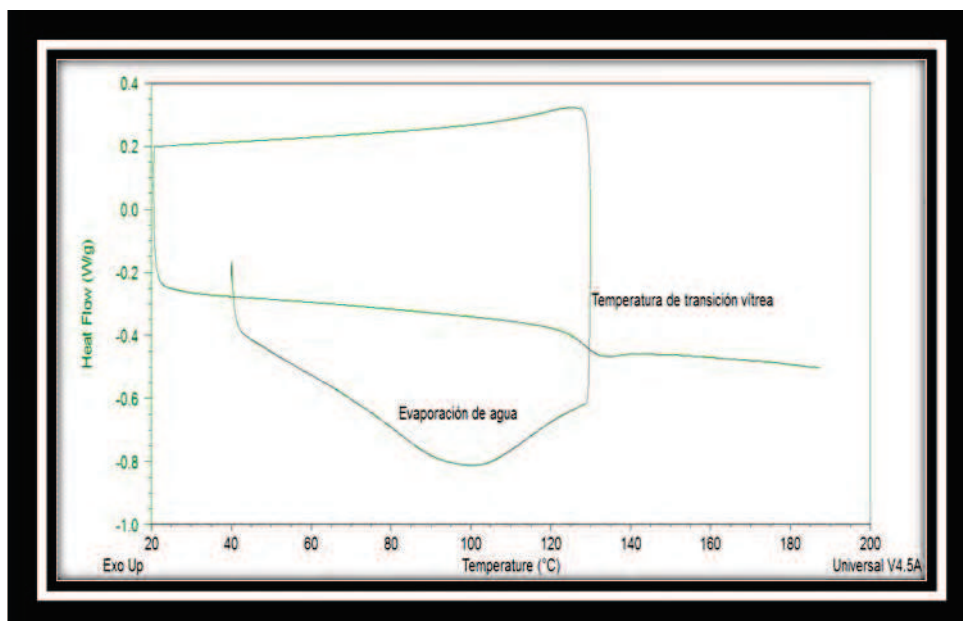


Figura 2. Perfil térmico representativo de la temperatura de transición vítrea de fructanos de agave.

La tabla 1 presenta los intervalos de Tg de las muestras de fructosa, glucosa, sacarosa, inulina de achicoria y agaves. Las muestras de fructosa, glucosa y sacarosa exhibieron una Tg promedio de 13.2, 40.3 y 70.6°C, respectivamente. Estos resultados muestran un mayor efecto plastificante de la molécula de fructosa en comparación con la glucosa y sacarosa. Los fructanos de agave son carbohidratos principalmente constituidos por moléculas de fructosa [3]. En general, los resultados indican que el contenido de fructosa libre presenta un carácter antagonístico de la temperatura de transición vítrea en muestras de fructanos anhidras.

Tabla 1. Temperatura de transición vítrea de carbohidratos.

Muestra	To	Tg(I)	Te
Fructosa	9.6	13.2	16.6
Glucosa	36.8±1.8	40.3±1.7	42.2±4.0
Sacarosa	65.9±0.2	70.6±0.0	72.3±1.1
Inulina	123.0±2.3	131.0±1.1	133.2±1.9
CO	120.3±0.8	125.9±0.4	130.3±1.3
AA	93.9±1.9	108.7±0.4	115.0±0.4
XA	97.5±2.3	107.4±1.1	115.8±1.9
PR	91.9±0.9	117.0±0.5	128.3±1.1
PRL	96.5±1.1	106.0±0.7	124.3±2.3

Los fructanos de agave presentan una Tg menor a la observada para la muestra de inulina de achicoria (lineal), debido a que las ramificaciones (enlaces $\beta(2-6)$) de los fructanos de agave pueden actuar como un plastificante interno induciendo pequeños decrementos en la Tg [8, 9]. Las muestras XA y PRL presentaron la menor Tg, probablemente debido a que estas muestras presentaron el mayor contenido de fructosa libre aparente. Particularmente, la muestra AA presentó un bajo valor de Tg, ya que los resultados de TLC (Fig. 1) no muestran una presencia importante de

fructosa libre aparente, estos resultados sugieren la presencia de estructuras con mayor grado de ramificaciones o menor grado de polimerización en comparación con las otras muestras de fructanos de agave, sin embargo estos resultados requieren de un mayor estudio para su correcta interpretación. La temperatura de transición vítrea es un parámetro importante que puede ayudar a predecir la estabilidad física de las muestra de agave tales como el colapso de la estructura, pegajosidad y apelmazamiento de las muestras.

Conclusiones.

La Tg es un parámetro que ayuda a predecir la estabilidad física de los alimentos. Los resultados de TLC mostraron ligeras diferencias en los perfiles de carbohidratos de las muestras. La Tg disminuye con el contenido de fructosa libre en las muestras, lo que puede repercutir en una mayor capacidad de hidratación de los fructanos.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo de Ciencia Básica SEP-CONACyT por el financiamiento de este trabajo a través del convenio CB-2008-01/104109.

Referencias

1. Kawai, K., Fukami, K., Thanatuksorn, P., Viriyarattanasak, C. y Kajiwara, K. 2011. *Carbohydrate Polymers*, 83, 934–939.
2. Franck, A. 2002. *British Journal of Nutrition*, 87, 2, S287–S291.
3. Lopez, M G. y Urias-Silvas, J. E. 2007. In: *Recent advances in fructooligosaccharides research*, Editores Norio, S. Noureddine, B. y Shuichi, O. Research Signpost, Kerala, India, pp1-14
4. Waleckx, E. Gschaedler, A. Colonna-Ceccaldi, B. y Monsan, P. 2008 *Food Chemistry* 108, 40–48
5. Mancilla-Margalli A., y López M.G. 2006. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54(20), 7832.
6. Espinosa-Andrews, H. y Urias-Silvas J. E. 2012. *Carbohydrate Polymers*. 87: 2671-2676.
7. Le Meste, M., Champion, D., Roudaut, G., Blond, G., y Simatos, D. 2002. *Journal of Food Science*, 67(7), 2444-2458
8. Liu, Y., Bhandari, B., y Zhou, W. 2006. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 5701-5717.
9. Espinosa-Andrews, H. y Resendiz-Vazquez, J. A. 2011. XXXII Encuentro Nacional y 1^{er} Congreso Internacional AMIDIQ.