



Análisis térmico de los carbohidratos

De Ita de la Torre Antonio*, Flores Días Georgina, Flores Sánchez Daniel

Área de Ciencia de Materiales, UAM-A. Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas, Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02200, México.

*Autor para correspondencia: add@correo.azc.uam.mx

Recibido:

23/mayo/2016

Aceptado:

16/agosto/2016

Palabras clave

Análisis térmico, azúcar, frutas

Keywords

Thermal analysis, sugar, fruits

RESUMEN

Los carbohidratos o hidratos de carbono se conocen también como azúcares o sacarosas. Así, la sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructuosa. En este trabajo se investigó por medio de TGA el comportamiento térmico del azúcar de caña y de la remolacha o betabel, así como también del azúcar de caña del tipo de mascabado y la estevia. Además se analizaron varias mezclas de agua y azúcar hasta 300 °C, para verificar si de esta forma pueden encontrarse en las frutas y verduras. También se verificó el comportamiento térmico de la miel de abeja.

ABSTRACT

Carbohydrates are also known as sugar or sucrose. Thus, sucrose is a disaccharide consisting of one glucose and fructose. In this paper, we investigated by TGA and DTA the behavior of sugar cane and beet or sugar beets, and the sugar of the type of mascabado and stevia. In addition, various mixtures of water and sugar were analyzed up to 300 °C to elucidate if in this type of structure can be found in fruits and vegetables. In addition, the thermal behavior of honey was measured.

Introducción

La palabra carbohidratos se utiliza de un modo muy general para designar al azúcar. En su concepto más amplio se refiere al azúcar común o sacarosa.

Los carbohidratos se pueden dividir en simples y complejos por su capacidad de ser absorbidos o no por el organismo. Aunque esta división los separa también por la cantidad de moléculas que los forman. Así los *simples* son: monosacáridos: como la glucosa o fructosa; disacáridos: formados por la unión de dos monosacáridos iguales o distintos como la lactosa, maltosa, sacarosa, etc. y finalmente los oligosacáridos que se forman de hasta 20 unidades de monosacáridos. Mientras que los *complejos* son polisacáridos que están formados por la unión de más de 20 monosacáridos simples. Funcionan como una reserva como el almidón, glucógeno y dextranos. Finalmente se pueden clasificar como carbohidratos con una función estructural como es el caso de la celulosa y los xilanos (Weiner y Cavero, 2005).

Los disacáridos más importantes son la sacarosa que es la unión de una glucosa y una fructosa, y la lactosa que resulta de una glucosa y una galactosa.

La fructosa, o levulosa, es una forma que se encuentra en los vegetales, las frutas y la miel. Tiene la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura, es decir, es un isómero de ésta. Es también una hexosa (6 átomos de carbono), pero cicla al contrario que la glucosa. Su poder energético es de 4 kilocalorías por cada gramo y se pensó que sería adecuada para los diabéticos, pero debe ser descompuesta por el hígado, a diferencia de la glucosa que puede ser aprovechada por cualquier célula directamente. Así que por esa razón se perdió el interés en la fructuosa. La fórmula química de las dos es $C_6H_{12}O_6$ (Weiner y Cavero, 2005).

La sacarosa se obtiene principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha o betabel. El 27% de la producción total mundial se realiza a partir de la remolacha y el 73% a partir de la caña de azúcar. Funde a los 160 °C y su estructura cristalina es monoclínica (Weiner y Cavero, 2005).

El problema que se quiere resolver en este trabajo es saber la influencia del contenido de azúcar en las frutas y verduras en la pérdida de agua. Está claro que los carbohidratos son el segundo componente de las frutas y verduras. Como se sabe (De Ita et al., 2015 a, b) las frutas en general están formadas por un promedio de 90% de

agua, con un 8% de glúcidos o azúcares, un 1.5% de fibra y el resto en proteínas, vitaminas, sales minerales, aromas y pigmentos. Mientras que las verduras contienen en promedio un poco menos de agua, un 75% y además un 10% de carbohidratos, un poco más de fibra que las frutas, un 4%, también un poco más de proteínas un 3%, conteniendo además lípidos, calcio, carotenos, vitaminas, aromas y pigmentos.

Así que en resumen el problema se plantea así: De ese posible 8% de azúcar en las frutas o 10% en las verduras ¿Cómo se comportan los carbohidratos térmicamente y cuánto pueden influenciar en la pérdida de agua o en general a la pérdida de peso? Por eso se decidió estudiar el azúcar y algunos de sus variantes en este contexto.

Metodología

Se utilizó un equipo de análisis térmico Shimadzu DTG-60. Se obtuvieron las curvas por medio del Análisis Termogravimétrico, por sus siglas en inglés, TGA. El calentamiento fue programado de la temperatura ambiente hasta 300 °C, a una rapidez de calentamiento de 10 °C por minuto. Porque en ese intervalo de temperaturas se han estudiado las frutas y verduras en los trabajos previos. Se utilizó un flujo de gas de protección de nitrógeno con un gasto de 10 cm³ por minuto. Las muestras tenían una masa en promedio de unos 15 miligramos. Se utilizó agua pura, azúcar de caña y de remolacha común, sin ninguna preparación especial. La estevia se tomó de un sobre comercial y la miel es de abeja 100% pura. Se fabricaron 40 cm³ para cada por ciento de solución de agua con azúcar y se agitó hasta tener una solución homogénea.

Resultados y discusión

Al analizar los azúcares se ve una pequeña diferencia entre azúcar de caña y azúcar de remolacha o betabel, pero solo para temperaturas cercanas a los 300 °C. Estos resultados se muestran en la figura 1, donde están el azúcar de caña en color naranja, la de betabel en color azul y el azúcar de caña en tipo mascabado, en color amarillo.

Prácticamente los tres azúcares mantienen constante su masa hasta los 215 °C donde se inicia una pérdida que no termina dentro de los parámetros del experimento. A los 300 °C se tiene una pérdida de masa del 41% para el azúcar de caña. Le sigue el azúcar de betabel con 53% y finalmente el azúcar de caña tipo mascabado con un 55%.

A este grupo se añadió: la miel y la estevia, los resultados se muestran en la figura 2. Aquí se encuentra que sus pérdidas de masa se producen a menores temperaturas y en varias etapas.

La miel según algunos autores está formada en promedio por: agua 18%, fructosa 38%, glucosa 31%, sacarosa 1%, maltosa 7% y otros azúcares 5%. Aunque existen muchas variedades de miel dependiendo de las flores de las que las abejas se alimentan (Mendes et al., 1996).

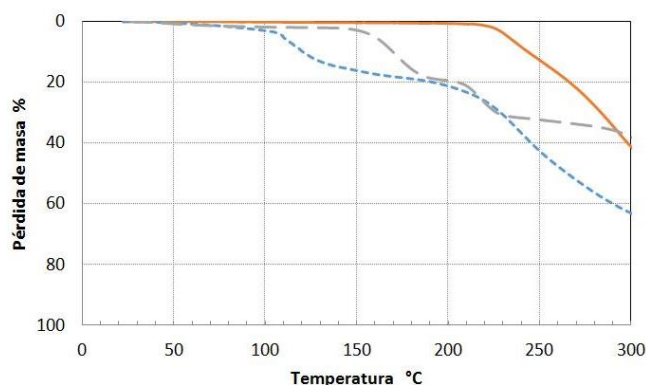


Figura 1. Pérdida de masa contra la temperatura de las muestras de azúcar: de color naranja azúcar de caña, de color azul azúcar de betabel y de color amarillo azúcar de cama tipo mascabado.

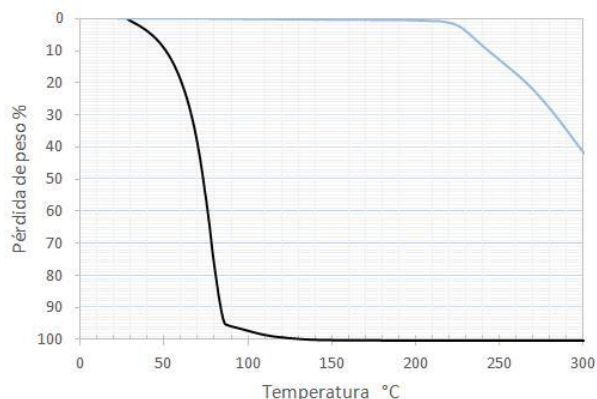


Figura 2. Pérdida de masa contra la temperatura de las muestras de miel (línea en trazos cortos) y estevia (línea en trazos largos) y en comparación del azúcar de caña (línea continua).

Las dos curvas, de la miel y la estevia se separan de la horizontal a los 60 °C donde inician su pérdida de masa. La miel a 104 °C inicia la primera etapa de pérdida que termina a los 190 °C con una pérdida del 20%. La segunda etapa no termina aún a los 300 °C pero ya tiene una pérdida acumulada de un 62%. Mientras que la estevia se mantiene casi estable hasta los 150 °C y termina la primera caída cerca de los 200 °C con una pérdida también del 20%. Una segunda etapa termina a los 240

°C y con un acumulado de 32% en pérdida de masa. Se ve otra etapa que tampoco termina en el intervalo del experimento con una pérdida acumulada del 38% a los 300 °C. Como las curvas se van a comparar con los trabajos realizados en las frutas y verduras, el intervalo de temperaturas se restringió a esos valores porque corresponden a los valores ya reportados en los trabajos anteriores (De Ita et al., 2015 a, b).

También se prepararon soluciones de agua con azúcar de caña. Iniciando con agua sola y luego variando el contenido de azúcar de 10% en 10% hasta llegar a 90%. En la figura 3 aparece, el agua sola (en color negro) y el azúcar de caña (en color azul).

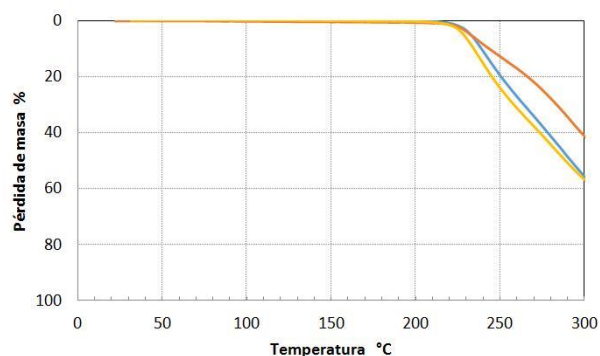


Figura 3. Pérdida de masa contra la temperatura de las muestras de agua (color negro) y azúcar de caña (color azul).

La descripción del comportamiento de la curva del agua es: una gran pérdida continua desde la temperatura de inicio del experimento con una notable inflexión a los 85 °C y una de pérdida de 95% y luego muy lentamente el resto de los 5% hasta los 120 °C. La curva del azúcar de caña ya se describió arriba pero nuevamente la descripción es: se mantienen constante la masa hasta los 215 °C donde se inicia una pérdida que no termina dentro de los parámetros del experimento. A los 300 °C se tiene una pérdida de masa del 41%.

En la figura 4 se muestran las curvas de las soluciones de agua y azúcar.

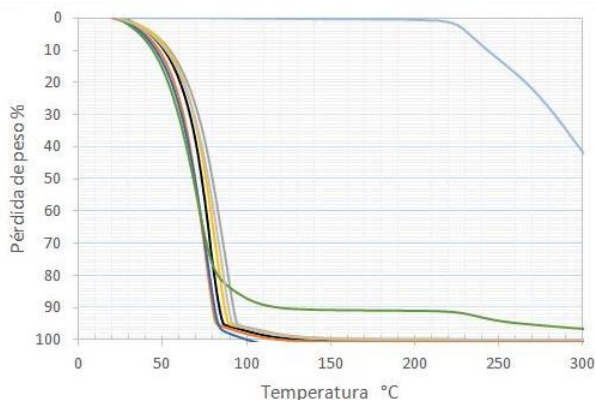


Figura 4. Pérdida de masa contra la temperatura de las muestras de las soluciones de agua y azúcar.

Todas las proporciones preparadas hasta el 90% caen al lado de la curva del agua. La mayoría cae del lado derecho de la del agua y es un poco extraño que un par de ellas se presenten del lado izquierdo y hasta con una pérdida ligeramente mayor de masa.

Por esta razón se preparó una muestra con 99% de azúcar y 1% de agua, de color verde en la gráfica 4, que es la única que presenta un pérdida menor de masa, el 90% y se estabiliza hasta cerca de los 215 °C, recordando a esa temperatura la caída que presenta el azúcar. La pérdida es muy pequeña un 6%. A los 300 °C mantiene sólo un 4% de su masa inicial

Al revisar la literatura en un estudio del tratamiento del bagazo de caña de azúcar se encontró que ellos obtuvieron unas curvas muy similares a las determinadas aquí, pero que ocurren a temperaturas más altas (Torres y Miranda, 2007).

Discusión

En principio no hay grandes diferencias entre las azúcares de caña, de betabel y la tipo mascabada. Si las frutas y verduras tuvieran esta azúcar como componente principal su contribución se notaría a partir de los 215 °C, y de ahí a los 300 °C contribuiría con un 40% o 50% del total de la parte que tiene la azúcar en las frutas o sea 10%. Esto es en total podría contribuir solo con un 4% o 5% como máximo a la pérdida de masa a los 300 °C. Si se observa una inflexión en las curvas de las frutas y verduras a 215 °C. En algunos casos el porcentaje de esa caída podría explicar muy bien esa contribución. Como se puede observar en la figura 5 de los trabajos anteriores (De Ita et al. 2015 a, b). Un excelente ejemplo es el higo en la curva de color café, donde los porcentajes concuerdan.

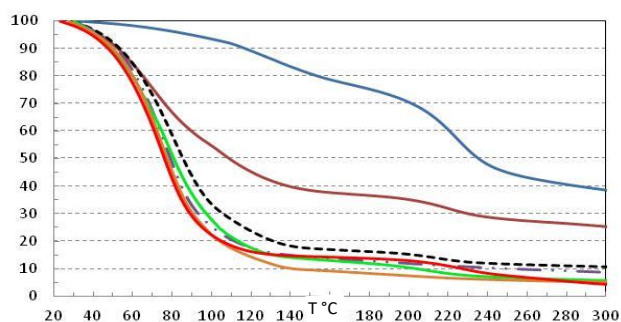


Figura 5. Pérdida de agua en algunas frutas y verduras. Las curvas son uva pasa de color azul, higo color café, papaya en negro, fresa en morado, toronja en verde, frambuesa en rojo y pera en café.

Una información que se encontró al final del trabajo, al investigar a fondo el tipo de azúcar tienen las frutas, resulta que muchas de ellas tienen muchos tipos y en diferentes proporciones como se muestra en la tabla 1, a continuación. Algunas de estas frutas y verduras aún no se han probado en nuestros experimentos previos.

Tabla 1. Contenido de azúcar total y al menos cinco tipos de ellas en algunas frutas y verduras en porcentaje, según la National Nutrient Database (2016).

%	Humedad	Glucosa	Fructuosa	Sacarosa	Maltosa	Otras	Total
naranjas	86.8	2.2	2.5	4.2	0.3	-	8.9
guayaba	86.1	1.2	1.9	1.0	-	-	6.0
ciruela	32.4	28.7	14.8	0.5	-	-	44.0
sandía	91.5	1.6	3.3	3.6	0.5	-	9.0
zanahoria	87.8	1.0	1.0	3.6	-	0.5	6.6
jitomate	94.0	1.1	1.4	0.0	-	0.5	2.5
espárrago	92.3	0.9	1.3	0.2	-	-	2.1
brócoli	90.7	0.6	0.7	0.3	-	0.4	2.0

Se puede observar entonces que no hay alguna regla que permita predecir del total de la masa azúcar que se podría perder, debido a los diferentes de carbohidratos existentes, que seguramente tienen diferentes comportamientos térmicos y no están en las proporciones del azúcar común.

Por otro lado, una suposición simple es que el azúcar en las frutas está en solución, y de los resultados de la figura 4 se concluye que no importa el porcentaje de azúcar, ya que prácticamente la curva no es afectada por el contenido de azúcar y el comportamiento cambia solo si el valor es cercano al 100%.

Conclusiones

El estudio de las azúcares y endulzantes resulta muy interesante por las implicaciones biológicas pero como un complemento extra. Para encontrar su influencia en la



pérdida de peso exacto, por análisis térmico especialmente por medio del TGA, aun no es completa. Sin embargo se caracterizaron los azúcares, de caña, de betabel o remolacha y la de tipo mascabado, además de la miel y la estevia.

Por otro lado se verificó que los azúcares no están en solución acuosa simple como la que producimos en el trabajo, ni en las frutas ni en las verduras. Aunque se ve muy clara la influencia del azúcar en el pico a 215 °C que presentan muchas frutas y verduras.

Referencias

De Ita A., Flores G., Franco F., (2015a). Fruits and vegetables dehydration. VII International Congress of Engineering Physics, *IOP Publishing, Journal of Physics: Conference Series*, 582, 1-5 012065, doi:10.1088/1742-6596/582/1/012065.

De Ita A., Flores G., Franco F., (2015 b), Determinación de la Pérdida de Agua de Frutas y Verduras por medio de Termogravimetría, *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*.

Fisberg, M., (2015). Metabolism of the Zero-Calorie Sweetener Stevia, Global Stevia Institute.

Mendes E., Proença E.B., Ferreira M.A, (1998). Quality evaluation of Portuguese honey, *Carbohydr. Polym.* 37: 219-223.

Torres M.M., Miranda G.R. del C. (2007). Estudio Cinético por Termo gravimetría del Bagazo de Caña de Azúcar, IX Congreso Regional, QFB, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ingeniería Química, UANL, 2-4 de mayo.

USDA, National Nutrient Database for Standard Reference, (2016). Release 28, released September 2015, slightly revised May 2016.

Weiner E.M., Cavero J. P., (2005). Nueva Enciclopedia Universal. Volumen 3. Azúcar. Durvan. pp. 1114-1116.