

Temas de Física y Química

Conociendo los aditivos alimentarios: el azúcar · José María Hernández

Se designa como azúcar a la sacarosa ($\Delta H_f = -2221,2 \text{ kJ/mol}$), también denominada azúcar común o azúcar de mesa. Se trata de una sustancia sólida, cristalina, perteneciente al grupo químico de los glúcidos, también calificados, impropriadamente, carbohidratos o hidratos de carbono, puesto que estas moléculas no son átomos de carbono hidratados. Este nombre proviene de la nomenclatura del siglo XIX, ya que las primeras sustancias aisladas de esta especie molecular, respondían a la fórmula elemental $C_n(H_2O)_n$, siendo n (n° entero) ≥ 3 . Posteriormente, se demostró que no lo eran, error en el que se sigue incurriendo y que se admite por tradición. La palabra glúcido proviene del griego, *glykys*, que significa «dulce», y el sufijo *ido*, «derivado de». Dentro de los glúcidos, la sacarosa es un disacárido, porque su estructura está compuesta por dos moléculas de monosacáridos: glucosa (también dextrosa, $\Delta H_f = -1271 \text{ kJ/mol}$) y fructosa (además, conocida como azúcar de frutas o levulosa, $\Delta H_f = -1266,0 \text{ kJ/mol}$). Es un compuesto de color blanco en estado puro, densidad $1,583 \text{ g/cm}^3$, soluble en agua y en alcohol etílico y de sabor muy dulce. Por esta característica se la califica como edulcorante, es decir, una sustancia que endulza cualquier producto. La sacarosa está presente en la mayoría de los vegetales pero se extrae, esencialmente, de la caña de azúcar y de la remolacha, aunque también es biosintetizada en cierta cantidad, por el sorgo y el arroz azucarero. El azúcar es el producto orgánico natural más abundante en la naturaleza. Según su estado de pureza y refinación, se distinguen diversas clases: azúcar blanco, amarillo, moreno, flor de azúcar, azúcar mascabado, azúcar glas, azúcar de lustre, etc. Hay que señalar que el color «moreno» que presenta cierto azúcar, se corresponde con una película de impurezas inofensivas para la salud, que contiene minerales y vitaminas, el cual le otorga el color y sabor característicos. La caña de azúcar suele tener un 10-20% en peso de sacarosa y entre un 75-90% del jugo extraído. En ámbitos industriales se utiliza la palabra azúcar o azúcares para designar los diferentes monosacáridos y disacáridos que tienen sabor dulce, aunque por extensión se refiere a todos los glúcidos. El sabor dulce es la causa de su extenso consumo pero, su abuso, perjudica a la salud, como se verá posteriormente.

Sacarosa, una molécula fundamental en nuestro día a día

La sacarosa tiene de fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$. Cristaliza en prismas hemihédricos del sistema monoclinico. Funde sobre 160°C y, por encima de esta temperatura se carameliza, lo que se utiliza en repostería. Es un proceso de oxidación en el que se liberan compuestos volátiles de olor agradable y el sabor dulce inicial se acentúa. A la vez, cambia a color amarillo y, posteriormente, a marrón oscuro, donde coexisten más de un centenar de productos distintos. Si se continúa la calefacción, se carboniza, pasando a color negro. El poder rotatorio o rotación óptica es $[\alpha]_D^{20} = +66,5^\circ$. Se dice que es dextrógira, porque desvía el plano de la luz polarizada, en el polarímetro, hacia la derecha, y se le concede el signo positivo. Si lo hiciera hacia la izquierda, sería levógira y el signo sería negativo. El subíndice D se refiere a la frecuencia de dicha raya del espectro luminoso del Na, con que se realiza la medición. Una propiedad singular de la sacarosa es que se comporta como triboluminiscente (del griego *trevein*, frotar y del latín *lumen*, luz) es decir, produce luminiscencia mediante una acción mecánica.

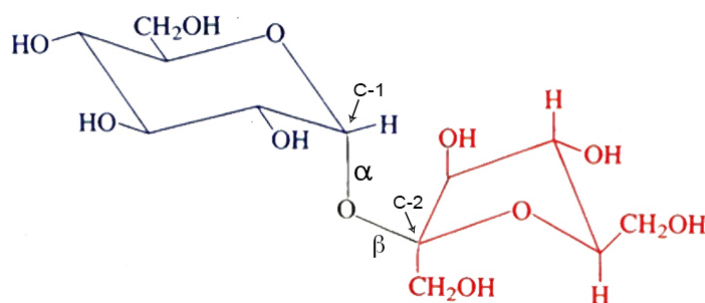


Figura 1. α -D-(+)-Glucopiranosil-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-(-)-Fructofuranósido.

Fuente: Modificada Vollhardt, K. P. C. Química Orgánica (Editorial Omega, 1990).

Las células de nuestro organismo necesitan glucosa que, mediante determinadas reacciones químicas, consiguen la energía necesaria para ciertos procesos inherentes. Además es necesaria para la nutrición celular, sobre todo en aquellas células más vulnerables, como las cerebrales que, en déficit de glucosa, pueden sufrir daños irreversibles. Sin embargo, hay que tener en consideración que la sacarosa en los fluidos corporales, se hidroliza rápidamente y libera glucosa. Si la cantidad es excesiva en la sangre, se rompe el equilibrio y en aquellos organismos donde la insulina no se genere normalmente puede producirse hiperglucemia y, extremadamente, coma glucémico. Así mismo la ingesta excesiva de azúcar, tiende a disminuir el pH sanguíneo, ligeramente alcalino. El organismo tiende a equilibrarlo y recurre a reservas naturales del cuerpo humano que poseen cierto carácter básico, como el hierro de la sangre, el magnesio y zinc de las células cerebrales, etc. Este proceso puede incidir en la aparición de un incierto número de patologías. Por otra parte, se debe advertir que nuestro organismo puede subsistir,

perfectamente, sin la ingestión de azúcar. Así pues, no se encuentra argumento alimenticio alguno que respalde la presencia de azúcar en nuestra dieta. Sin embargo, hay que reconocer que degustarla en productos culinarios, es un placer.

Una historia azucarada

Etimológicamente, la palabra azúcar (sacarosa) viene del sanscrito *sharkara*, de *çarkara*, que significa arenilla, ya que llamaban así al polvo blanquecino de la caña de azúcar. Los persas la transformaron en *sakar*; los griegos tomaron el término persa y lo variaron a *sakjar*. A su vez, los árabes al vocablo griego lo llamaron *al-sukkar*; y posteriormente el árabe-hispano, *assükar*; de donde deriva la denominación actual. Perteneció al género *Saccharum*, nombre latino propuesto por Linneo, que significa azúcar. El cultivo de la caña de azúcar se ha producido en el subcontinente indio desde la antigüedad, se estima que, aproximadamente, desde los años 5000 - 4500 a . C. No era abundante ni barata y, por esta razón, se utilizaba la miel para endulzar los alimentos en casi todo el mundo conocido. La caña de azúcar es una especie vegetal nativa de los trópicos, en Asia meridional y el sudeste asiático. Las diferentes especies de caña de azúcar, *Saccharum barberi*, *S. officinarum* y *S. edule*, son provenientes de la India la primera y de Nueva Guinea, las últimas. Una de las referencias históricas más antiguas de la caña de azúcar, se encuentra en manuscritos chinos del siglo VIII a.C., que afirman que su origen está en la India. La caña de azúcar no cobró importancia hasta que en India descubrieron métodos que convirtieron el jugo de la caña en cristales granulados, que eran más fáciles de almacenar, conservar y transportar. Al respecto, se han descubierto cristales de azúcar de la época de la Gupta Imperial, alrededor del siglo V d.C. El formato de azúcar en terrones se inventó en Moravia, en 1843. Consiste en introducir en moldes el azúcar granulado y someterlo a la acción del vapor de agua bajo presión. Posteriormente en Alemania, se perfeccionó el método y la patente fue adquirida por Reino Unido en 1872.

Los marineros indios, que llevaban mantequilla y azúcar como alimentos, difundieron el conocimiento del uso de esta sustancia por las diversas rutas comerciales que transitaban y explotaban. Los monjes budistas en sus viajes, transfirieron los métodos de cristalización del azúcar a China. A raíz de entonces, se cultivó dicho vegetal y se explotó con la tecnología exportada de India. De estas latitudes pasó a oriente medio. Cuando las tropas de Alejandro Magno llegaron al valle del Indo, observaron a los indígenas cultivar la caña y elaborar un dulce granulado (*sharkara*). En su viaje de regreso, el ejército macedonio se llevó «cañas de miel». Existen referencias que postulan la expansión del azúcar, también, siguiendo las rutas de la seda y del papel (inventado en China). Su cultivo en Europa se mantuvo poco conocido durante más de un milenio. Era un bien escaso y los comerciantes se enriquecían a su costa. Los cruzados, de sus campañas en Tierra Santa, trajeron el azúcar a Europa, la «sal dulce», que encontraron en las caravanas. A principios del siglo XII, Venecia adquirió algunas aldeas próximas a Tiro, y estableció fincas para cultivar caña de azúcar y exportar el producto a Europa, donde se complementaba con la miel que, hasta entonces, había sido el único endulzante disponible. Se describió como un «producto muy necesario para el uso y salud de la humanidad».

En 1492, en su viaje hacia las Indias occidentales, Colón se detuvo en la isla de la Gomera para cargar provisiones, pero, además, tomó cañas de azúcar que fueron las primeras en llegar a América. Los portugueses la plantaron en Brasil. Entre 1500 y 1540 el cultivo de esta planta se había extendido por Brasil, Cuba, Jamaica, La Española, etc. y en consecuencia surgió la industria azucarera, que demandaba mucha mano de obra e influyó poderosamente en el mercado de trabajadores esclavos en diversas partes del mundo, especialmente en África, pero también en Asia. Hay que reconocer que el cultivo de la caña de azúcar ha aportado desarrollo a muchos países de los trópicos. Son sus luces, pero también tiene sombras. Una de ellas ya se ha apuntado, la contribución a la esclavitud. La otra es el descontrol de los cultivos, debido a la agricultura intensiva, también de otras especies vegetales, como la palma (*Elaeis guineensis*) para la extracción de aceite o del género *Hevea* (de donde se extrae el látex que origina el caucho) y la participación en la desaparición de enormes extensiones selváticas y, con ello, de biodiversidad. Como dato inquietante, es necesario destacar que la mano del hombre es la responsable de la reducción selvática a un 20-30% de la superficie primitiva. En la isla de Borneo, en concreto, ha disminuido al 6% de la original. Se estima que, a este ritmo, en 2050 habrá desaparecido la selva.

El azúcar fue un lujo en Europa hasta el siglo XVIII. Se popularizó en el XIX, llegándose a considerar una necesidad. A comienzos del siglo XVII, concretamente en 1605, Olivier de Serres (1539 -1619) químico francés descubrió, y pasó casi desapercibido, un «jugo almibarado», principio azucarado, en la remolacha (del latín, *amoracia*, rábano silvestre), cuyo nombre científico es *Beta vulgaris* L. Hacia 1747, Andreas Sigismund Margraff (1709 -1782) químico alemán, publicó varios trabajos sobre la extracción del azúcar de la remolacha, que constituía, aproximadamente, el 6% en peso del vegetal tratado. En 1802, se construyó la primera industria azucarera en Silesia (Alemania). En 1812, se hizo lo propio en Francia. En España, no fue hasta 1877 cuando se levantó la primera azucarera en Alcolea (Córdoba). A partir de entonces, es decir, al final del siglo XIX, Europa comienza a tener como fuente de azúcar la remolacha, aunque Reino Unido siguió importando la mayor parte de su azúcar de las colonias (Caña de azúcar). En la actualidad, el 27% de la producción mundial de azúcar se obtiene de la remolacha y el 73% de la caña de azúcar. En España, el 99% de la sacarosa, se obtiene de la remolacha

Un final agrídulce

El consumo excesivo de azúcar afecta al hígado en forma de glucógeno. Cuando este órgano está saturado por el polímero glucídico, el exceso retorna a la sangre en forma de ácidos grasos que se difunden por todo el cuerpo, abdomen, nalgas, etc., afectando también a órganos vitales como el corazón y riñones. Al final, se convierte en grasa que aqueja a todo el organismo en general. Otra consecuencia de ello es la posibilidad de generar lo que se conoce como Síndrome Metabólico. Es un grupo de alteraciones fisiológicas que se presentan simultáneamente y aumentan el riesgo de enfermedad cardíaca, accidente cerebrovascular y diabetes

tipo 2. Estas afecciones incluyen el aumento de la presión arterial, niveles altos de azúcar en sangre, exceso de grasa corporal alrededor de la cintura y valores anormales de colesterol y triglicéridos. Fue descrito por vez primera por el Dr Gerald Reaven (1928-2018), en la Conferencia Banting (1988). En España, parece ser que el Ministerio de Sanidad y el Sector en cuestión, han firmado un acuerdo para reducir sal, azúcar y grasas en más de 3500 productos, pero de manera voluntaria, nada obligatorio, advirtiendo que es el consumidor el que compra y el que decide la dieta a seguir. Por otra parte, el exceso de consumo de carbohidratos refinados, triplica el riesgo de fracturas óseas. Así lo han demostrado científicos españoles del CIBER de la Obesidad y Nutrición: La ingestión de carbohidratos de alto índice glucémico es antagonista del calcio y se llega a los efectos antes mencionados.

La industria azucarera se ha esforzado e invertido muchos medios en señalar a las grasas como principales responsables de las enfermedades cardiovasculares. Una buena parte del debate científico sobre nutrición y enfermedades cardiovasculares estuvo financiado por el sector azucarero. En los años 50 y 60 del siglo pasado la industria azucarera sobornó a investigadores de alguna prestigiosa universidad e instituto de investigación de Estados Unidos, con el fin de culpar a las grasas de las enfermedades cardiovasculares, como precursoras del colesterol, sin hacer mención alguna sobre la incidencia negativa del azúcar en dichas patologías, salvo la caries. Apoyado en estos estudios H. Hass (1902-1987), presidente de la Sugar Research Fundation, intuyó un asombroso negocio. Efectivamente, el consumo de azúcar acabó disparándose en todo occidente. Sin embargo, a la vez, otros científicos, como el británico J. Yudkin (1910-1995), no compartían estas teorías y descartaban que la grasa fuera la única responsable de las enfermedades coronarias, considerando que otros factores, como la sacarosa, tenían al menos la misma importancia. Esta opinión podía suponer serios problemas económicos para la industria azucarera y J. Hickson (1921 -) propuso establecer un programa que se opusiera a las opiniones de Yudkin. Los resultados de los estudios en cuestión, sufragados por la industria azucarera, criticaron los trabajos que relacionaban al azúcar con las enfermedades cardiovasculares y resaltaban la importancia de las grasas. Fueron publicados en la prestigiosa revista *New England Journal of Medicine*. Se recomendaba, pues, una alimentación baja en grasas y el mercado se inundó de productos “light”, de baja concentración en grasas, las cuales, eran sustituidas por azúcar. M. Hegsted (1914 - 2009), uno de los investigadores, fue recompensado políticamente, llegando a ocupar el cargo de director de nutrición en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. En los últimos tiempos, tanto la Asociación Americana del Corazón como la OMS, citan al azúcar como un factor de riesgo para contraer las mencionadas enfermedades. *The New York Times* publicó en su momento un artículo en el que señalaba a una poderosa multinacional de bebidas, por las grandes inversiones realizadas en estudios donde se minimizaban la relación entre bebidas azucaradas, la obesidad y otros problemas de salud. La Agencia *Associated Press* señaló, en su día, que la industria de la repostería había financiado trabajos científicos que asegurasen que, los niños que comiesen productos azucarados (golosinas, chocolatinas, etc.) pesaban menos que los que no lo hacían. En consecuencia, parece obligado que desde el sistema educativo se informe sobre los alimentos que son saludables, en cuanto a su composición, tanto en nutrientes como en aditivos, tanto al alumnado como a sus familias.

Bibliografía

- Barker, B. (1975) *Química Orgánica de los compuestos biológicos*. Editorial Alhambra.
 Cabezas Fernández del Campo, J. A (1998). *Glicobiología. Antecedentes y evolución de su contenido*. Acto Académico de apertura del Curso 1993-94. Salamanca: Universidad de Salamanca.
 Carey, F.A. (1999). *Química Orgánica*. Editorial McGraw-Hill.
 Finar, I.L. (1966). *Química Orgánica*. (Vol. I), Editorial Alhambra.
 Finar, I.L. (1970) *Química Orgánica*. (Vol. II.). Editorial Alhambra.
 Hart, H.; Craine, L.; Hart, D.; Hadad, C. *Química Orgánica* (2007). Editorial McGraw-Hill.
 Klages, F. (1968). *Tratado de Química Orgánica*. (Vol. III). Editorial Reverté.
 Lain Entralgo, P. (2006). *Historia de la Medicina*. Editorial Elsevier-Masson.
 Macarulla, J. M.; Goñi, F. M. (2002). *Biomoléculas: Bioquímica estructural*. Editorial Reverté.
 Petrucci, R.H.; Harwood, W.S.; Herring, F.G (2003). *Química General*. Editorial Pearson Prentice Hall.
 Stryer, L.; Bert, J. M.; Tymoczko, J. L. (2003). *Bioquímica*. Editorial Reverté.
 Vollhardt, K. P. C. (1990) *Química Orgánica*. Editorial Omega.

Nota del editor

Este artículo constituye una versión reducida con fines divulgativos y didácticos del artículo: Hernández Hernández, J. M. (2020) Aditivos alimentarios(II): azúcar. *Industria química*, 79, 112-123.

José María Hernández Hernández
 Universidad de Salamanca
 GEDH, RSEF-RSEQ
chemher@usal.es