

EDULCORANTES

María Victoria Benjumea R.†
Ismenia Correa G.**

Resumen

El ser humano se ha ingeniado siempre la forma de satisfacer su gusto gastronómico por el sabor dulce, tanto natural como artificialmente. El avance de la tecnología agro-alimentaria y el conocimiento científico sobre la asociación entre el consumo excesivo de los azúcares simples y la presencia de algunas enfermedades crónicas no transmisibles, llevaron al hombre a diseñar, de manera artificial, y de diversas fuentes, edulcorantes de estructuras químicas variadas de bajo o ningún aporte calórico. Los edulcorantes se clasifican como 'naturales' y 'artificiales'; entre los naturales, el más común, es el azúcar de mesa o la sacarosa; entre los artificiales se describen los no nutritivos o de sabor intenso, los de sustitución o de sabor dulce moderado, y otros de naturaleza química diversa como glucídica y peptídica. Todas estas sustancias cumplen funciones diversas en el organismo humano y en la industria alimentaria; además, los edulcorantes naturales se relacionan epidemiológicamente con enfermedades crónicas tales como la diabetes tipo 1, la enfermedad cardiovascular, la obesidad, la caries dental, y el cáncer; también aparecen vinculados con el botulismo como la miel de abejas, con la diarrea osmótica como los polioles, y con la fenilcetonuria en el caso del aspartame.

Palabras claves:

Edulcorantes, promoción de la salud, poder cariogénico, sucroquímica.

* N.D., E.E.C. Docente de Nutrición Humana. Departamento de Salud Pública.

** N.D., E.N.C. Docente de Nutrición Humana. Departamento Materno Infantil. Grupo de Nutrición Humana - Universidad de Caldas.

E-mail: ybr59@hotmail.com

Reseña histórica

Los edulcorantes se emplean en los alimentos por varias razones: para dar sabor dulce, para dar cuerpo al alimento, para proporcionar un importante aporte calórico, y para actuar como conservante.¹ Antiguamente, los exudados de ciertos árboles como el maná, fueron utilizados en el Mediterráneo como edulcorantes en las preparaciones de repostería porque eran ricos en manitol; la utilización del maná fue sustituida por el azúcar¹, edulcorante natural por excelencia, con el cual satisfacía el ser humano su ansia por el sabor dulce; posteriormente, el dulzor proveniente del azúcar de la caña y de la remolacha fue suplido, entre otros, por el de la miel de abejas, por el del sorgo y por el del maíz, que contienen carbohidratos naturales como el almidón, la glucosa y la fructosa; esta última a pesar de ser la más dulce ha sido desplazada por la sacarosa debido a su alto costo comercial. Hasta el final del siglo XIX el hombre sólo disponía de edulcorantes naturales como azúcar, miel, glucosa, derivados del almidón y lactosa; actualmente se han abierto nuevas vías en la producción de moléculas orgánicas y biológicas en el sector de la sucroquímica y se cuenta con una variedad de edulcorantes artificiales o de sustitución.² La necesidad de ayudar en el tratamiento de la diabetes mellitus y en el de la obesidad, en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, y en la promoción de la salud, motivó a la industria alimentaria en la investigación de sustitutos del azúcar.¹ En el mundo occidental el consumo de la sacarosa ha aumentado considerablemente en el último siglo a expensas de los polisacáridos, lo que se debe principalmente a los avances en la agricultura y a la promoción de los azúcares naturales; la tendencia en las décadas de los años 20, 40, 60 y 80 con relación al año 1.910, en los Estados Unidos, fue a la disminución en

el consumo de carbohidratos complejos y totales y al incremento en los simples;³ se han preparado productos comerciales por reducción del almidón (polisacárido derivado de la maltosa); y además, hidrolizados que se aconsejaron como edulcorantes en la alimentación del diabético: sorbitol, polialcohol derivado de la glucosa e isómero del manitol. Siguiendo los propósitos de promoción de la salud, se buscaron varios productos con mejor tolerancia o índice glicémico para los diabéticos y se desarrolló así una gama de elaborados alimenticios en los cuales el azúcar era sustituido cuantitativamente por el sorbitol, que aportaba al mismo tiempo una base para darle textura a los productos finales, función que no podían desempeñar los edulcorantes intensos. El sorbitol ha sido usado desde hace aproximadamente 50 años en algunos países de Europa; se encuentra regularmente en frutas de consumo habitual para el humano; a nivel intestinal, una parte de este compuesto se reabsorbe y se metaboliza, en su mayoría, en el hígado para convertirse en fructosa; el componente no absorbido a nivel intestinal se fermenta.¹ A pesar de poseer un poder edulcorante mayor al del sorbitol, el xilitol, polioli obtenido a partir de una pentosa (xilosa o azúcar de madera), tiene un uso muy limitado por su alto precio, lo mismo que el manitol.¹ El consumo de edulcorantes artificiales se ha estudiado con énfasis por su relación con el cáncer vesical. Desde 1.970 está prohibido en los Estados Unidos el uso del ciclamato como aditivo de los alimentos, con base en los resultados de un estudio que demostró un incremento significativo en la frecuencia de tumores vesicales en ratas que recibieron una mezcla de ciclamato y sacarina en dosis de hasta 2.500 mg./kg./día.⁴ Los productos para la sustitución del azúcar han experimentado un considerable desarrollo investigativo, puesto que se han producido

otros polialcoholes con propiedades tecnológicas complementarias o más apropiadas dado su menor aporte calórico.

Clasificación

Azúcares Naturales o Endulzantes Nutritivos.

Sacarosa, jarabe de glucosa, lactosa, glucosa/dextrosa, levulosa/fructosa, todos ellos se han llamado también '**Azúcares simples o concentrados**¹ y constituyen un conjunto heterogéneo de compuestos químicos; cumplen diversas funciones: nutricionales, organolépticas y de conservación, e incluyen los monosacáridos (glucosa y fructosa) y los disacáridos (sacarosa: azúcar de caña o remolacha, la lactosa: azúcar de la leche y la maltosa: azúcar de malta) que son los más abundantes en la naturaleza. Los monosacáridos y los disacáridos poseen características comunes, entre las que se destacan: absorción rápida y fácil; sabor dulce; solubilidad en agua y facilidad para formar jarabes; capacidad de cristalización y de caramelización; carácter de glúcidos fermentables; y capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos cuando se encuentran en concentraciones elevadas.^{2,4,10} **El azúcar de mesa o común** prácticamente es 100% sacarosa; se hidroliza en glucosa y fructosa. Se ha utilizado desde 400 a.C. como conservante y edulcorante; actualmente es el azúcar más usado en la alimentación humana.¹⁻⁴ El azúcar de caña tuvo su origen en Papua, Nueva Guinea, y de allí se extendió a los distintos continentes.³ **La miel de abejas** surge del néctar de la flor, el cual es recolectado por la abeja y llevado a la colmena; el dulce que atrae a la abeja es principalmente de sacarosa. Durante el trayecto hacia la colmena y mientras es depositada allí, la abeja invierte el néctar con la enzima invertasa, la cual hidroliza la mayor parte de la sacarosa en glucosa y fructosa; la miel inmadura es depositada en la

colmena, de tal manera que permite el máximo de evaporación; después de varias horas de maduración, el producto concentrado es almacenado en celdas selladas. La composición final de la miel de abejas (madura) varía, pero su contenido típico es: glucosa 34%, fructosa 41%, sacarosa 2.4% y agua 18.3%.⁴ **La malta** se obtiene por calentamiento y secado de la cebada germinada.⁴ **Los Jarabes de almidón** son obtenidos a nivel de la industria por hidrólisis del almidón de maíz mediante tres métodos: conversión ácida, conversión ácido-enzimática, y conversión enzimática-enzimática, con los que se obtienen varios jarabes de almidón con una composición y poder edulcorante variables; contienen mezcla de glucosa, fructosa y oligosacáridos en diferentes proporciones; la mayor aplicación de los jarabes de almidón de maíz se encuentra en la industria de la confitería, de los alimentos para regímenes especiales y de las bebidas refrescantes.² **La lactosa** es el azúcar de la leche, está presente en proporción elevada en alimentos a los que se les añade leche en polvo; se obtiene tras coagulación a partir del suero de la leche como subproducto de la elaboración del queso.^{2,4-9,10}

Según su estructura química los edulcorantes naturales se agrupan como: **monosacáridos que son** moléculas de bajo peso molecular entre las que se destacan la *glucosa* (dextrosa) y la *fructosa* (levulosa); **oligosacáridos** que poseen en su molécula de dos a diez unidades de monosacáridos y son muy abundantes en la naturaleza; ellos son los **disacáridos**, como la sacarosa (azúcar de caña y remolacha), la maltosa (jarabe de almidón) y la lactosa (azúcar de la leche); los **Trisacáridos** como la maltotriosa, la manotriosa y la rafinosa; y los **Oligosacáridos mayores** como los oligómeros (cuatro a diez unidades) de maltosa presentes en los jarabes de almidón, y los oligómeros cíclicos

(seis a diez unidades) denominados dextrinas de Schardinger o ciclodextrinas, los cuales se obtienen del almidón por acción de la amilasa de *Bacillus macerans*.

Edulcorantes Artificiales. Sacarina, sacarina sódica, sacarina calcica, aspartame, acesulfame K y las mezclas sinérgicas, son sustancias que producen sabor dulce o mejoran la percepción del sabor azucarado (grupos hidroxilo, algunos aminoácidos y algunas sales metálicas); se denominan también '**edulcorantes no nutritivos**' o '**de sabor intenso**'* a concentraciones muy bajas. El grupo de los edulcorantes artificiales contiene productos de origen natural y sintético y aporta menos del 2% del valor calórico de la sacarosa; ninguna de estas sustancias proporciona energía para el crecimiento de las bacterias presentes en la placa dental, por ello se consideran no cariogénicas. El origen de este tipo de edulcorantes se remonta al descubrimiento casual de la sacarina en 1.879; en 1.902 en Francia y en 1.912 en Estados Unidos se prohibió oficialmente el empleo de la sacarina por su falta de valor nutricional; sin embargo, en Europa, durante el racionamiento de azúcar ocurrido en las dos guerras mundiales, las autoridades permitieron el empleo de la sacarina como sustituto del azúcar. Su uso se potenció en la industria alimentaria a partir de 1.950, en especial, para productos bajos en calorías aptos para diabéticos, como lo son las bebidas refrescantes.^{1,11} La 'dosis diaria admisible (DDA)' para la sacarina se estableció en 2,5 mg/kg. de peso, después de numerosos estudios para descartar la producción de cálculos de vejiga o cáncer en los humanos. La 'dosis sin efecto tóxico' sirve a su vez para fijar la DDA en el hombre. En los mencionados edulcorantes intensos la 'dosis tecnológicamente útil' es baja, debido a que su poder edulcorante es alto.' Cabe advertir

que, dado que la sacarina cruza la placenta, no se la recomienda durante el embarazo.⁴

Edulcorantes de Sustitución: Polioles o Alcoholes Polihídricos de sabor dulce moderado.

Ellos son derivados de las hexosas por reducción, es decir, por fijación de hidrógeno sobre el grupo reductor o hidrogenación catalítica de los azúcares reductores; entre ellos se destacan: sorbitol, manitol, maltitol, xilitol, lactitol, eritritol, isomalta (glucosa-sorbitol +glucosa-manitol), fructo-oligosacáridos y polidextrosa, los cuales están presentes de forma natural, en muy bajas cantidades, en frutas y verduras, pero, con fines industriales, se pueden incorporar como aditivos a diversos alimentos; ellos tienden a ser más higroscópicos y a menudo más difíciles de cristalizar que los azúcares que los preceden. Los edulcorantes de sustitución tienen una densidad calórica que oscila entre 2.5 y 4 Kcal/g. y se digieren parcialmente en el intestino, recordemos que Bornet resumió los datos que demostraban que los alcoholes de azúcares proporcionan más calorías cuando se ingieren en las comidas o en el período postprandial que cuando se toman en ayunas.^{1-4,7,8,11} En comparación con la biodisponibilidad de los azúcares, la de los edulcorantes de sustitución se reduce de manera importante en la parte alta del intestino; por ello llega una alta cantidad al colon, la cual es fermentada por la microflora con menor generación de energía; los subproductos de esta fermentación anaerobia reducen el pH del material colónico y son: metano, hidrógeno y ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico). El sorbitol, el manitol y el xilitol son insolubles en agua, por ello, a menudo se les combina con grasas, razón por la cual los alimentos endulzados con ellos tienen casi el mismo valor calórico que se busca

reemplazar.⁴¹¹

Otros Edulcorantes. Son sustancias cuyo uso está prohibido aú

n, o reglamentado de manera estricta. Ellas son, de un lado, las de **naturaleza proteica o peptídica**, y se cuentan en su haber: taumatina, monelina, miraculina y alitame; de otro, las de **naturaleza glucídica**, y se destacan: esteviósido, sucralosa y dihidrocalconas como la prunina, la naringina y la neohesperidina; y por último, las de **diversa naturaleza**, como: ciclamato, ciclamato sódico, ciclamato calcico, glicirricina y filodulcina.²

Funciones y Características

Puesto que la sacarosa está presente sólo en pequeñísimas cantidades en la mayor parte de los alimentos vegetales, cuando se consumen éstos es mínima la ingestión de azúcar; la mayor parte de la sacarosa que consume el ser humano procede de alimentos industrializados después de haberla obtenido de la caña de azúcar o de la remolacha. La mayoría de las frutas y verduras contiene mucha más fructosa y glucosa que sacarosa. Los cereales contienen muy pequeñas cantidades de azúcares, debido a que la mayor parte del azúcar transportado a la semilla es convertido en almidón. Los procesos enzimáticos asociados a la maduración contribuyen al aumento del contenido de azúcar en los vegetales.^{2,78,12}

Hidrofilia. La atracción de agua por los carbohidratos es una de sus propiedades físicas básicas y más útiles. La hidrofilia se debe a la presencia de numerosos grupos hidroxilo que interactúan con las moléculas de agua mediante la formación de enlaces de hidrógeno, lo que conduce a la solubilización de los

azúcares y de varios de sus polímeros; la estructura del carbohidrato afecta su capacidad hidrofílica. Los azúcares impuros o los jarabes, generalmente, absorben más agua y a mayor velocidad que los azúcares puros.¹²

Fijación de Aromas. En aquellos alimentos que son sometidos a eliminación de agua por pulverización o liofilización, los carbohidratos, en especial, los disacáridos, pueden jugar un importante papel en la fijación de los colores y los componentes volátiles del aroma.¹²

Productos de Pardeamiento no Oxidativo o no Enzimático y Aromas. Los productos del pardeamiento que contribuyen al aroma pueden poseer aromas específicos por sí mismos y/o pueden simplemente potenciar otros aromas. El calentamiento directo de los carbohidratos, especialmente, de azúcares y jarabes, genera un conjunto de reacciones llamadas de 'caramelización'. La reacción de Millard se da cuando reaccionan proteínas o aminas con carbohidratos; esta reacción afecta de manera significativa el valor nutricional de los alimentos por la pérdida de algunos aminoácidos básicos y esenciales como la Usina; fenómeno que es de especial importancia en el caso de los cereales, dado que la lisina es un aminoácido limitante en ellos. El grado de pardeamiento depende de la estructura del azúcar y es como sigue: D-xilosa > L-arabinosa > hexosas (D-galactosa, D-manosa, D-glucosa, D-fructosa) > disacáridos (maltosa, lactosa, sacarosa).¹² La sacarosa es comúnmente usada para la elaboración de colores y aromas de caramelo; para ello es calentada en solución con ácidos o sales acidas de amonio con lo cual se obtiene una gran variedad de productos usados en la industria alimentaria, en confitería y bebidas, especialmente.¹²

Poder Edulcorante. El poder edulcorante es una de las propiedades más reconocidas y agradables de los carbohidratos de bajo peso molecular; el dulzor depende del contenido de sacarosa, de D-glucosa y de D-fructosa en los alimentos. El 'Poder edulcorante' se define como: *"el número de gramos de sacarosa que hay que disolver en agua para obtener el mismo sabor que un gramo de edulcorante artificial"*.¹ En el Cuadro 1 se presenta el poder edulcorante de algunos azúcares naturales y polialcoholes.

Poder Cariogénico. Los azúcares alcohólicos producen menos caries dental que los edulcorantes naturales como la glucosa y la sacarosa. El xilitol es más resistente a la fermentación por la microflora oral y produce menos placa bacteriana que la glucosa. Actinomyces, Lactobacillus y Streptococcus fermentan el maltitoíl y el sorbitol, entre otros. La glucosa y la sacarosa son los dos edulcorantes naturales relacionados con: el descenso del pH, la acidez titulable, la formación de polisacáridos, el crecimiento bacteriano, y la disolución del calcio y del fósforo; debidos a la fermentación en las pruebas odontológicas nonnalizadas después de 24 horas con diversos carbohidratos.^{7*8i10i13_17}

Características de los Edulcorantes Naturales y Artificiales. Se presentan en el cuadro 2 los edulcorantes disponibles, naturales o no, con su fuente alimentaria, sus características químicas, su valor calórico y la dosis permitida.^{1,1135,112,1719}

Usos de los Edulcorantes

Confitería - confiterería: en los orígenes de esta industria, la sacarosa y la miel eran las principales sustancias azucarantes que entraban en las formu-

laciones de los productos de confitería y confituras; se usaron la glucosa o la fructosa solas o en forma de azúcar invertido y después los jarabes de glucosa que han completado las materias primas de la industria de los productos azucarados. Luego se enriqueció la industria con edulcorantes de carga y con los de sabor intenso. Las principales operaciones tecnológicas de la confitería son: **vitrificación** (azúcares y caramelos cocidos); **crystalización** (fondants, fudges, peladillas); **osmosis** (frutas confitadas); **gelificación** (pastas de frutas, productos de confitería gelificados); y **esponjamiento** (gomas de mascar, turrón francés). La confitura es un medio tradicional de conservación de las frutas mediante la creación de un gel azucarado rico en materias secas solubles; la sacarosa se une a la pectina, a las gomitas y a la gelatina, principales gelificantes empleados en esta industria.²

Chocolatería: el chocolate es un producto obtenido a partir de pasta de cacao y de sacarosa con o sin adición de manteca de cacao; la sacarosa interviene no sólo como edulcorante sino que participa en la definición del aroma durante su preparación. La sustitución de la sacarosa por otros azúcares o por polialcoholes permite la reducción de su valor calórico, y según el tipo de sustituto, una metabolización más rápida o lenta.²

Otros usos: el campo de la utilización de los edulcorantes abarca una amplia gama de productos tales como: bebidas refrescantes; helados; productos de pastelería y repostería; productos lácteos (fórmulas lácteas infantiles a las cuales se les ha agregado lactosa, maltosa, sacarosa y maltodextrinas); y alimentos para regímenes especiales infantiles (polímeros de glucosa, sacarosa y maltodextrina), y para adultos (sacarosa, fructosa y polímeros de glucosa).²

Edulcorantes en la Promoción de la Salud y en la Dietoterapia

Promoción de la salud: en una gran serie de estudios, políticas e intervenciones se propone como una de las metas nutricionales para la población mundial el control del consumo excesivo de los edulcorantes naturales y el incremento del consumo de carbohidratos complejos y de fibra, con el fin de alcanzar y mantener una alimentación sana y saludable^{4,13,16,20,22}; dentro de dicha serie se destacan, por ejemplo: los **Estudios Nacionales de Evaluación de Salud y Nutrición - NHANES-**, orientados por el Departamento de Salud, Educación y Bienestar de Estados Unidos, es decir, los *NHANES I* (1.971 - 1974), *NHANES II* (1.91'6 - 1.980) y *NHANES III* (19SS - 1994) y el *HANES hispano* (1982 - 1984), realizados en población estadounidense; **La Meta Salud para Todos en el Año 2000; la Carta de Otawa; y las Guías Alimentarias para la Población Colombiana Menor y Mayor de Dos Años**, elaboradas y publicadas en el año 2000, por la Fundación Nutrir, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar y el Ministerio de Salud.

Dietoterapia de la obesidad, de la diabetes y de las dislipidemias: la tolerancia a la glucosa, la sensibilidad a los carbohidratos y el índice glicémico son conceptos diferentes. **La prueba de tolerancia a la glucosa** indica la concentración de glucosa en sangre; **la sensibilidad a los carbohidratos** se refiere a la cantidad de insulina que se produce posterior a la ingestión del carbohidrato; y **el índice Glicémico** (Jenkins) es la medida de la capacidad de un carbohidrato para elevar la glucosa sanguínea. Los estudios que relatan la

existencia de la relación entre el consumo de sacarosa y la diabetes datan de 1968 (Yudkin) y 1974 (Cohén);⁷⁻⁸ sus resultados fueron refutados posteriormente por los estudios de Reiser y col. en 1982,1983. Reiser identificó la existencia de individuos con una sensibilidad al azúcar mayor a la habitual y con mayor propensión a enfermedades cardíacas y a diabetes. Un informe de la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA) publicado en 1986 y avalado tres años después por el Consejo Nacional de Investigaciones del mismo país, concluyó que la sacarosa no es un factor de riesgo independiente ni para la diabetes ni para las cardiopatías;¹¹ los mencionados resultados fueron respaldados por estudios posteriores, en los cuales no hubo diferencia en la respuesta de la glicemia postprandial ni de los lípidos sanguíneos con dietas altas y bajas en sacarosa. Contrario a estas aseveraciones, el consumo excesivo de fructosa (el doble de la ingesta habitual) sí eleva el colesterol total y las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en mayor proporción que la sacarosa; produce también aumento del ácido úrico, de la insulina y de la glicemia; y altera la tolerancia a la glucosa ya disminuida en circunstancias de riesgo de obesidad o sobrepeso. La fructosa no requiere de la insulina para ingresar a la célula; sin embargo, a pesar de que puede aparecer como ventajoso su consumo en individuos diabéticos insulino-dependientes no es tan significativo sobre otros edulcorantes por el efecto adverso sobre los lípidos sanguíneos.²³ Todos los edulcorantes nutritivos aportan calorías, por ello deben ser tenidos en cuenta cuando se planea la dieta de un individuo. El exceso de carbohidratos se convierte en glucógeno o ácidos grasos que se almacena en forma de triglicéridos en el tejido adiposo,^{34,7-91315} por tal razón, y como medida preventiva se debe controlar su consumo diario en la

dieta. Los alimentos con un alto o único contenido de azúcares simples (miel, jaleas, melaza, panela, azúcar refinado y moreno, bebidas industrializadas, dulces, confites, entre otros) son ejemplo de fuentes de '**calorías vacías**', debido a que contienen poco o ningún otro nutriente diferente a los carbohidratos; un exceso de su consumo puede conducir, por un lado, a exceso de calorías, y por otro, al desplazamiento de otros alimentos que aportan proteínas, vitaminas y minerales. Esta situación explica el hecho de que se restrinja o elimine su consumo en las dietas hipocalóricas para el tratamiento de la obesidad, en las dietas controladas en carbohidratos para los diabéticos, y en las dietas para el manejo de algunas dislipidemias. Adelgazar mejora la tolerancia a la glucosa, disminuye la secreción de insulina y la resistencia a la insulina, porque mejora sustancialmente la captación de la insulina por los receptores en las células.⁴⁷⁻⁹¹⁶

Fenilcetonuria: es una deficiencia de la fenil-ala-nina hidroxilasa, o más rara vez se debe a una deficiencia de las enzimas que sintetizan o reciclan el cofactor tetrahidrobiopterina reducida, esencial para la función de aquella enzima. El consumo de fenilalanina presente en el aspartame agrava el cuadro clínico de los pacientes fenilcetonúricos por el incremento del aminoácido circulante.⁷⁸ Las consecuencias de la fenilcetonuria son retardo mental, trombosis arterial y venosa, luxación del cristalino y anomalías óseas.⁴

Diarrea: el consumo excesivo de los polioles en cantidades mayores de 1 oz. puede producir heces blandas y diarrea. Debido a su lenta absorción la FDA recomendó incluir en la etiqueta nutricional una advertencia sobre su efecto laxante.⁴⁻²³

Cáncer: un panel de expertos en cáncer de diversos países, presentó y publicó, en 1997, los resultados sobre la relación entre el consumo de carbohidratos y cáncer; las conclusiones fueron: las dietas altas en fibra disminuyen posiblemente el riesgo de cáncer pancreático, de recto, de colon y de mama; las dietas altas en almidón disminuyen también posiblemente el riesgo de cáncer de colon y de recto; las dietas altas en carbohidratos refinados aumentan posiblemente el riesgo de cáncer de estómago; y las dietas altas en azúcar refinado también aumentan el riesgo de cáncer de colon y de recto.²⁴

Botulismo infantil: la miel de abejas representa un riesgo potencial para los bebés menores de 12 meses debido a la naturaleza ubicua del *C. Botulinum* en la producción de la miel natural cuando las abejas introducen esporas de éste, durante la recolección del néctar; muchos padres la consideran como un 'alimento natural' o 'edulcorante natural' y por ello la utilizan para endulzar los chupones, los pezones o el biberón con el fin de estimular la succión. Las esporas del *Botulinum* colonizan el tracto intestinal e infestan el colon; una vez allí, germinan y liberan la neurotoxina botulina, la cual es absorbida por el torrente sanguíneo y se une a las terminaciones nerviosas periféricas de tipo colinérgico, que en los casos severos, causa una parálisis flácida.²⁵

Referencias

1. Escriche RI, Serra B JA. Toxicología Industrial de Alimentos. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia;1996 p. 242-248.
2. Linden G, Lorient D. Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Zaragoza : Editorial Acribia; 1996. p. 247-281.
3. Gracey M, Kretchmer N, Rossi E. Sugars in Nutrition Nestlé Nutrition Workshop Series. New York : Raven Press; 1991. Vol. 25.
4. Mahan L K, Arlin M T. Krause's Food, Nutrition & Diet Therapy. Philadelphia: W.B. Saunders Company;1992. p. 31-35,199,711-712.
5. Scheider W. L. Nutrición. Conceptos básicos y aplicaciones. México : Me Graw-Hill; 1985. p.58.
6. Izquierdo P M, Veciana N MT, Vidal C MC. Las sustancias nutritivas: grupos y funciones. Clasificación de los alimentos. En: Tratado de nutrición. Madrid : Díaz de Santos; 1999: 327-329.
7. Szepesi B. Carbohidratos. En: Ziegler E E, Filer L J, Editores. Conocimientos actuales sobre nutrición. Washington (DC) : ILSI/OPS/OMS; 1997. p. 37-48 (Publicación científica No. 565).
8. Szepesi B. Carbohidratos. En: Conocimientos actuales sobre nutrición. Washington (DC) : OPS/OMS; 1991. p. 56-65 (Publicación científica No. 532).
9. Anderson L, Dibble MV, Turkki PR, Mitchell HS, Rynbergen HJ. Nutrición y dieta de Cooper. Méjico (DF): Interamericana; 1988. p. 19-35,548. .
10. Vives C J. Mitos y realidades del azúcar. II Simposio Nacional de Nutrición Humana. Una Visión al futuro. Medellín:CEAN;1996.
11. Finley J W, Leveille G A. Sustitutos de los macronutrientes. En: Ziegler E E, Filer L J, Editores. Conocimientos actuales sobre nutrición. Washington (DC) : ILSI/OPS/ OMS; 1997. p. 44,620-635 (Publicación científica No. 565).
12. Fennema OR. Química de los alimentos. Zaragoza : Editorial Acribia; 1993. p. 82-125, 737-742.
13. Taylor KB, Anthony LE. Nutrición Clínica. Méjico : Me Graw - Hill; 1985. p. 170-2,362,440-1.
14. Gómez LF. Alimentación complementaria del lactante. En: Correa JA, Gómez JF, Posada R., Editores. Fundamentos de Pediatría. Generalidades y Neonatología. Tomo I. Medellín : CIB; 1994. p. 161.

15. Fomon S J. Hidratos de carbono. En: Nutrición del lactante. Tomo I. Madrid : Mosby / Doyma Libros; 1995. p. 174-175.
16. Carmuega E, Lara-Pantin E. Prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. En: O'Donnell A, Bengoa JM, Torún B, Caballero B, Lara-Pantin E, Peña M, Editores. Nutrición y alimentación del niño en los primeros años de vida. Washington (DC): OPS. OMS; 1997. p. 255-308.
17. FAO/WHO. Class names and the international numbering system for food additives. Section 1. Codex Alimentarius. Volume one. General requirements. Rome; 1992. p. 50-82.
18. Centro de Atención Nutricional. Tabla de composición de Alimentos. Medellín : L. Vieco e Hijos Ltda; 1990. p.85-9.
19. FAO/OMS. Evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva; 1995. P.23-6 (WHO Technical Report Series 859).
20. Charter for Health Promotion. Ottawa : Canadian Public Health Association. Ottawa; 1986.
21. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Ministerio de Salud. Guías alimentarias para los niños y niñas colombianos menores de dos años. Santa fé de Bogotá; 2000.
22. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Ministerio de Salud. Guías alimentarias para población colombiana mayor de dos años. Santa fé de Bogotá; 2000.
23. Franz M J, Horton E S, Bantle J P, Beebe CH A, Brunzell J D, Coulston A M, et al. Nutrition principles for the management of diabetes and related complications. Diabetes Care 17(5); 1994: 490-6.
24. World Cancer Research Fund. American Institute for Cancer Research. Carbohydrate. In: Food, Nutrition and the Prevention of Cancer: A Global Perspective. Part III. Washington (DC);1997. p.376-7.
25. David J. La miel: un factor de riesgo evitable para el botulismo infantil. Pediatric basics. Michigan Gerber;1997. p.1,9

Cuadro No 1. Poder edulcorante de los azúcares.

Tipo de azúcar.	Poder edulcorante en solución	Poder edulcorante en forma cristalina
Sacarosa (azúcar de referencia)	100	100
-D-fructosa	100-175	180
-D-glucosa	40-79	74
-D-glucosa	< -anómero	82
-D-galactosa	27	32
-D-galactosa	-	21
-D-manosa	59	32
-D-manosa	Amargo	Amargo
-D-lactosa	16-38	16
-D-lactosa	48	32
-D-lactosa	46-32	-
-D-maltosa	23	1
Rafinosa	-	10
Estaquiosa		
		Poder edulcorante ¹⁵
Polialcohol		90
Xilitol		68
Maltitol		63
Sorbitol		58
Galactitol		
Lactitol		

A: en p/p% b: en agua corriente a 25 grados centígrados.

Modificado de: Fennema OR. Química de los alimentos. Zaragoza; Editorial Acribia; 1993. p 124 – 125.

Cuadro N° 2. Fuentes y características de los edulcorantes.

Monosacáridos rendimiento calórico: 4 Kcl/g.

Glucosa (dextrosa)

Características: *Azúcar de uva.* Abundante en la naturaleza como unidad constitutiva del almidón y de la Celulosa. *Dulzor:* 74. Es el azúcar circulante en la sangre; es la principal forma como los glúcidos son utilizados por la células; principal combustible para el cerebro. Valor calórico de la dextrosa monohidratada: 3.4Kcal / g

Fuentes: Frutas, maíz dulce, leguminosas, maní, almendras, coco crudo, verduras, azúcar morena, sirope de maíz, brandy, colas, ginger ale, vino y creveza, miel.

Fructosa (levulosa azúcar de la fruta)

Características: Es el azúcar más dulce. *Dulzor:* 173. Se absorbe menos rápido y produce más baja elevación de la glucosa plasmática que cantidades isocalóricas de sucrosa y almidón. La fructosa circulante en la sangre es convertida en glucógeno en el hígado, proceso que no requiere insulina. Efectos potenciales adversos de grandes cantidades de fructosa sobre el colesterol y LDL-C

Fuentes: Frutas, miel, leguminosas, coco crudo, verduras, azúcar morena, brandy, colas, vermouth seco, vino. Fructosa (Ales®), Fructosweet® (Dietsyn).

Disacáridos rendimiento calórico: 4 Kcl/g.

Sacarosa (sucrosa). Azúcar de mesa

Características: *Azúcar de mesa.* Aunque la fructosa es más dulce, la sacarosa es el azúcar utilizado como patrón de dulzor; el resultado de su hidrólisis (enzimática o química) es el llamado *azúcar invertido*, utilizado por la industria en la elaboración de confites, bombones. *Dulzor:* 100 (sacarosa) 130 (azúcar invertido).

Fuentes: Azúcar de caña granulada y morena, remolacha, melazas, sirope y azúcar de arce, frutas, verduras, miel, leguminosas, nueces y semillas, verduras, frutas, salvado de trigo, dulces y postres, bebidas industrializadas.

Lactosa (azúcar de la leche)

Características: Azúcar de la leche. *Dulzor:* 16

Fuentes: Leches, suero lácteo, yogurt, dulces y postres con leche

Maltosa (azúcar de la malta)

Características: *Azúcar de malta.* *Dulzor:* 32. No se encuentra libre en la naturaleza. Es obtenido durante el proceso de digestión por acción enzimática sobre las moléculas de almidón y; en la naturaleza durante la germinación de los cereales, reacción que ocurre en la elaboración de la cerveza cuando el almidón de la cebada es hidrolizado por la diastasa, enzima obtenida de los granos en germinación. Fuentes: Cereales en germinación, uvas tipo americano, salvado de trigo y miel.

Alcoholes Polihídricos (alcoholes de azúcares) Valor calórico: 2 - 4 Kcal / g

Xilitol

Características: Alcohol de la xilosa. Sintetizado en 1891 por hidrogenación de la xilosa; se sintetiza a nivel de industria a partir de la hemicelulosa de madera. Más resistente a la fermentación por la microflora oral y produce menos placa dental que la glucosa; su efecto refrescante en la boca lo hace disponible para la producción de caramelos y gomas de mascar; igual poder edulcorante que la sacarosa. Consumo de 30 a 40 g/ día producen diarrea y flatulencia. Se absorbe en un 25% y se metaboliza en el 100%. Se fermenta a nivel del colon. Valor calórico: 2.4 Kcal / g Fuentes: Bajo contenido en frutas y verduras (ciruelas 0.9%) Gomas de mascar (chicles).

Sorbitol

Características: *Alcohol de la glucosa*. Aislado a partir de bayas en 1872. Producido industrialmente por hidrogenación catalítica de la D-glucosa y de la D-fructosa. Su dulzor es la mitad que el de la sacarosa. Su efecto refrescante en la boca lo hace disponible para la elaboración de caramelos y gomas de mascar. Consumos de 25 a 50 g/ día tienen efecto laxante. Se absorbe aproximadamente en el 50% y se metaboliza hasta el 85% de lo absorbido. Se fermenta a nivel del colon. Valor calórico: 2.6 Kcal / g Fuentes: Frutas: cereza (1.4%), pera (2.2%), ciruela (1.4%), manzana (0.5%), melocotón (0.9%); durazno (0.22%) y uvas tipo americano (0.10%). Confites dietéticos (Konfyt®)

Manitol

Características: Alcohol de la mañosa. Aislado en 1806 por Proust, se encuentra en altas concentraciones en las algas pardas en Asia. Extraído de fuentes naturales o sintetizado por hidrogenación de la fructosa; su poder edulcorante es la mitad que el de la sacarosa. Inyectado vía venosa induce diuresis osmótica. Se absorbe en un 25% aproximadamente y su metabolismo es despreciable. Se fermenta a nivel del colon. Valor calórico: 1.6-2 Kcal / g Fuentes: Apio crudo, cebolla cabezona cruda, pepino cohombro, rábano crudo y zanahoria cruda. Gomas de mascar (chicles).

Lactitol (galactosa+sorbitol)

Características: Alcohol de la lactosa. Efecto no cariogénico, poder endulzante menor que la sacarosa; a dosis moderada el lactitol se comporta como una fibra fermentable y en gran cantidad actúa como laxante. Tanto su absorción como metabolismo son despreciables. Se fermenta a nivel del colon. Valor calórico: 8.37 o menos Kj/g Fuentes: Derivado de la lactosa

Sustancias de sabor dulce intenso

Sacarina (ortobenzosulfimida sódica)

Características: es el más antiguo edulcorante, descubierto en 1879; obtenido por sulfonación a partir del tolueno, se comercializa como una sal de sodio, de potasio o de calcio. Soluble en agua y estable al calor; no calórico, sabor residual metálico. 180-650 veces más dulce que la sacarosa. Los estudios en ratas indican que una ingesta de 150 mg/día por un período muy largo podría incrementar el riesgo de cáncer; esta cantidad por Kg de peso corporal es igual a cerca de 50 g / día para un adulto (humano) equivalente a 15 Kg de sacarosa /día, 200 veces más alto que el consumo promedio de sacrosa. IDR: 2.5 mg / Kg / día (Comité sobre Aditivos FAO/OMS). Fuentes: Sucaryl® Hermesetas®original

continúa...

Ciclamato (ciclohexilsulfamato de sodio o de calcio)

Características: sal sódica o calcica del ácido N-ciclohexilsulfónico muy solubles en agua y muy estables; prohibido en 1971. El dulzor del ciclamato de sodio o de calcio es 30 a 35 veces más alto que la sacarosa; los estudios han mostrado que la ciclohexilamina, un metabolito del ciclamato, es mutagénico y carcinogénico, su incorporación en los productos alimentarios está prohibida en numerosos países. IDR: 2.5 mg/ Kg/día (OMS). **Fuentes:** bebidas, galletas, productos de pastelería, natas heladas y en medicamentos para enmascarar el sabor amargo.

Aspartame

Características: dipéptido: Fenilalanina + ác. Aspártico, descubierto en 1965 y aprobado por la FDA en 1981. No resiste temperaturas elevadas. 180 - 220 veces más dulce que la sacarosa. Han sido reportados unos pocos casos de intolerancia al aspartame, principalmente dolor de cabeza, lo cual sugiere una sensibilidad individual; se restringe su uso en pacientes con fenilcetonuria. Valor calórico: 4 Kcal / g IDR: 50 mg/Kg/día (EU); 40 mg/Kg/día (Canadá). **Fuentes:** Sabro®, NutraSweet®, Aldy®, Menocal®, Dulcet®, Sucar Sweet® (Quimicol)

Acesulfame K

Características: sal de potasio, descubierta en 1967, aprobada por la FDA en 1988. No calórico; soluble en agua, resistente a altas temperaturas y estable en soluciones con un pH >3. IDR: 0-9 mg/ Kg /día. **Fuentes:** Sunett®, Sweet'n Low Pancakes y Waffles (Diety®) Salsa de tomate (Diety®)

Alitame

Características: dipéptido: L-aspártico + D-alanina. Mejor estabilidad que el aspartame con bebidas a altas temperaturas y pH elevados; incompatible con bebidas y alimentos que contienen vitamina C. 2000 veces más dulce que la sacarosa.

Sucralosa ,

Características: derivado de la sacarosa (3 H⁺ son reemplazados por 3 Cl). 600 veces más dulce que la sacarosa. Estable dentro de un amplio rango de pH, especialmente en solución acida; estable a altas temperaturas. Valor calórico: 2 Kcal / g Fuentes: Splenda®

Otros edulcorantes de estructuras diversas

Esteviósido Rebaudiosido + esteviosido

Características: glicósido extraído de las hojas de *Stevia rebaudiana*, planta originaria del Paraguay, cultivado ahora en Corea y Japón donde es ampliamente usado. El producto comercialmente conocido es una mezcla 50/50 de Rebaudiosido + esteviosido, este producto es 150 veces más dulce que la sacarosa; no cariogénico, estable a pH bajo; utilizado en la confección de gomas de mascar, en la industria del tabaco; la cocina japonesa lo emplea para disminuir el sabor salado muy intenso de varios platos tradicionales; tiene propiedades anti-androgénicas por ello está prohibido en varios países (Comunidad Europea, EU).

continúa...

Taumatina ftaumatina O, I y II)

Características: proteína extraída de la fruta de la planta *Thaumatococcus daniellii*, muy común en el África occidental; 1500-2500 veces más dulce que la sacarosa; poder azucarante muy intenso acompañado de una persistencia bastante larga del sabor azucarado (10-20 minutos), por esto es utilizado como potenciador del sabor y muy poco como edulcorante; en Japón el Talín es muy empleado en asociación con otras sustancias (aminoácidos, lactosa, ácido cítrico entre otros). Fuentes: Talin (mezcla de las taumatinas I y II)

Glicirricina

Características: se extrae del rizoma de *Glycyrrhiza glabra*; es una saponina resultante de la asociación del ácido glicirrético y del ácido glucurónico. Poder endulzante es 50 veces el de la sacarosa. Buen potenciador del gusto y de reforzar el sabor azucarado. Dado el parecido del ácido glicirrético con la deoxicorticosterona puede provocar hipopotasemia, hipernatremia y alcalosis metabólica.

Dihidrocalconas

Características: la neohesperidina es la más usada y se comercializa solo en Bélgica. Se usa en la industria de la cerveza, bebidas y ciertos productos de confitería. Son edulcorantes semisintéticos obtenidos de ciertas flavonas naturales: prunina extraída de la leña del ciruelo; la naringina extraída del pomelo; y la neohesperidina extraída de la naranja. Son estables a un pH neutro; el efecto combinado del calor y de un bajo pH las degrada.

Otros como: D-tagotosa Derivado de la fructosa; Monelina; Miraculina; Filodulcina

Fuente: - Escriche RI, Serra B JA. Toxicología Industrial de Alimentos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 1996
p.242-248

- FAO/WHO. Class names and the international numbering system for food additives. Section 1. Codex Alimentarius. Volume one. General requirements. Rome; 1992. P.50-82
 - FAO/OMS. Evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva;1995. P.23-6 (WHO Technical Report Series 859)
 - Fennema OR. Química de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acribia;1993. p.82-125, 737-742
 - Finley J W, Leveille G A. Sustitutos de los macronutrientes. En: Ziegler E E, Filer L J, Editores. Conocimientos actuales sobre nutrición. Washington (DC): ILSI/OPS/OMS; 1997. p.620-635 (Publicación científica No 565)
 - Linden G, Lorient D. Bioquímica agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Zaragoza: Editorial Acribia;1996. p.247-281
 - Vives C J. Mitos y realidades del azúcar. II Simposio Nacional de Nutrición Humana. Una Visión al futuro. Medellín: CEAN; 1996
-