

MOLECULAS QUE ENDULZAN

Isabel Cabello Liu, Olga Lock de Ugaz*

Dentro de las diversas sensaciones gustativas que a diario se perciben, el sabor dulce es fundamental, porque imparte a los alimentos características específicas y significativas. Las células nerviosas responsables de esta percepción se agrupan formando micropilosidades que sirven para establecer el contacto con la solución que contiene las moléculas dulces. Por un proceso de trasducción, las moléculas dulces actúan sobre las membranas de las micropilosidades cambiando su permeabilidad y produciendo unos impulsos proporcionales a esta permeabilidad que excitan el sistema nervioso.

Las moléculas dulces tienen unos puntos específicos en su estructura molecular, que establecen enlaces débiles con los centros activos de las células nerviosas gustativas, activando la posibilidad de cambio de permeabilidad de la membrana y con ello comenzar el proceso de percepción del sabor dulce. El grado de dulzor depende de la intensidad del enlace entre los receptores y la molécula dulce y está dado por los gramos de edulcorante que pueden disolverse en agua para obtener un líquido de igual sabor que la solución de 1 g de sacarosa (como patrón) en el mismo volumen.

Las moléculas que causan un proceso de percepción del sabor dulce pueden ser orgánicas como la glicerina, el cloroformo, ciertos alcoholes y cetonas, algunas estructuras asociadas a grupos amino y sulfo, o inorgánicas como algunas sales de berilio y plomo; sin embargo, no todas son factibles

* PUCP, Departamento de Ciencias, Sección Química.

de usarse por lo que la industria alimentaria agrupa a un número extenso de sustancias de diversas estructuras químicas denominadas “edulcorantes”.

Los edulcorantes pueden ser clasificados en tres grupos importantes, el primero agrupa a todas las aldosas y hexosas, es decir, hidratos de carbono de bajo peso molecular. El alto contenido energético es su principal característica, suministrando así energía a los tejidos, actuando en caso de escasez de proteínas. Por su capacidad de inmovilizar parte del agua del alimento éstos presentan propiedades conservantes. Una desventaja es el hecho de que son fermentados al pH de la placa dental, produciendo ácidos que desmineralizan el esmalte y, como consecuencia, la carie dental.

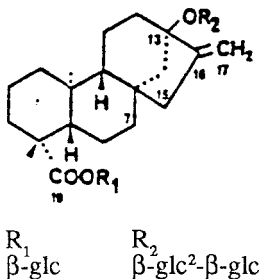
Se les conoce como edulcorantes naturales o energéticos, el principal edulcorante de este grupo es la sacarosa, conocido como azúcar, está formado por una molécula de d-glucosa y otra de d-fructosa; se obtiene de la caña de azúcar y como no presenta carbono anomérico libre en su estructura, no posee propiedades reductoras. Por hidrólisis de la sacarosa se obtiene otro azúcar que pertenece a este grupo, el azúcar invertido, el cual se obtiene en forma líquida o jarabe, variando de aspecto y propiedades de acuerdo al grado de hidrólisis que modifican el porcentaje de sacarosa en el producto final. A partir de la hidrólisis de almidones comestibles se obtiene la glucosa líquida, que es una solución concentrada de una mezcla de diferentes azúcares, en donde a mayor contenido de d-fructosa mayor dulzor tiene el jarabe. Finalmente en este grupo tenemos a la dextrosa, conocida como azúcar de uva y de los fluidos corporales, es la d-glucosa cristalizada; la maltosa, un disacárido compuesto por dos moléculas de d-glucosa, con propiedades similares a la sacarosa pero es reductora; y la fructosa, principal componente de la miel, es el más soluble de todos los azúcares descritos y de difícil cristalización por existir una mezcla de tautómeros en equilibrio.

Considerando el poder edulcorante de la sacarosa como 1, el poder endulzante relativo de los demás azúcares de este grupo sería:

Azúcar o sacarosa	1
Azúcar invertido	1 – 1.25
Glucosa líquida	0.25 – 1
Dextrosa	7
Fructosa	15
Maltosa	4
Lactosa	0.25
Miel	1 – 1.25

El segundo grupo, reúne a moléculas orgánicas que imprimen un dulzor muy intenso respecto del primero y sin ninguna propiedad energética y está formado por una serie de moléculas dulces producidas por síntesis en el laboratorio o productos aislados de organismos vegetales, algunas no aceptadas plenamente por los organismos internacionales y sin embargo muy estudiadas, que han pasado del campo farmacéutico al alimentario. La característica principal de este grupo de sustancias es que no intervienen en el ciclo metabólico del cuerpo humano y aún en una gran dilución tienen un intenso sabor dulce. Recientemente existe un interés en la búsqueda de edulcorantes intensos provenientes de plantas de uso popular, aislándose compuestos que tienen un valor comercial, como el steviósido cuyo costo es de 113 dólares el gramo, o la taumatina, 193.15 dólares el gramo.

El **Steviósido** se aísla de las hojas de la *Stevia rebaudiana*, planta originaria del Paraguay, en donde desde hace mucho tiempo se le utiliza para endulzar mates. El poder endulzante del steviósido es de 210, la estructura química es la de un éster del steviol con grupos beta-d-glucosil y beta-d-soforosil.



STEVIOSIDO

El Steviósido es considerado muy apropiado para endulzar cualquier tipo de alimentos ya que es estable al calor y en soluciones ácidas. Por otro lado, también tiene acción farmacológica, pues es usada en el tratamiento de la hiperglicemia. El Japón es quizás el más importante consumidor de la *Stevia*, llegando a consumir 1000 toneladas durante 1979, comercializándose productos elaborados en cuya formulación se considera un porcentaje de steviósido, por ejemplo:

Un helado en cuya formulación se incluye steviósido,

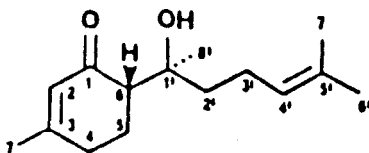
Ingrediente	%
Mantequilla	6.5
Leche entera	8.0
Leche en polvo (sin grasa)	6.4
Dextrosa	6.34
Azúcar granulada	6.66
Licostevia s-1*	0.05
Emulsificante	0.3
Estabilizador	0.2
Agua	65.55

* Licostevia s-1, contiene 10% de steviósido y 6% de glycyrrhizin. % total de steviósido = 0.005%

En Brasil también ha surgido el interés en el uso de la Stevia como agente edulcorante y desde 1980 se comercializan dos productos, el té de la *Stevia rebaudiana* y las cápsulas de la misma.

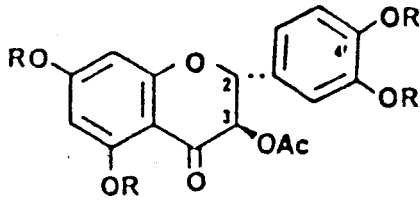
Existen otras plantas de uso popular que también tienen propiedades edulcorantes:

— *Lippia dulcis* Trev. (Verbenacea): planta originaria de América Tropical, el principio endulzante aislado del aceite esencial se conoce como **Hernandulcin**, que es un sesquiterpeno.



HERNANDULCIN

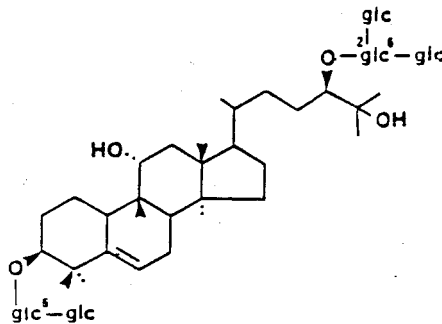
— *Tessaria dodoneifolia* (Compositae): se comercializa en Paraguay, y en la medicina popular se usa como emenagogo, el principio dulce es la **dihidroquercetin-3-acetato** y es el primer ejemplo del grupo de edulcorantes del tipo dihidroflavonol.



R = H

DIHIDRO QUERCETIN-3-ACETATO

- *Boscia salicifolia* Oliv. (Capparidaceae): en Nigeria se usa para endulzar sopas. Contiene sacarosa.
- *Thladiantha grosvenorii* (Cucurbitaceae): en China Popular es usado por centurias para el tratamiento de males estomacales; el principio endulzante se conoce como **mogrosido**, un glicósido triterpeno.



MOGROSIDE

- *Diospreophyllum cumunsi*: árbol del oeste de Africa, de las bayas se extrae el **monelín**, una proteína con cerca de 90 aminoácidos. No existen datos toxicológicos fiables. La comisión de las comunidades europeas lo considera inaceptable toxicológicamente. Sin embargo se comercializa como reactivo a 124.6 dólares (25mg).
- *Synsepalum dulciphycum*: conocido como árbol del milagro al oeste de Africa, de los frutos se extrae el **miraculín**, que es una glicoproteína. Es un modificador de sabor que convierte los alimentos ácidos en dulces; si previamente se ha mascado su fruto antes de comer el sabor dulce dura dos horas después de la ingestión. Aún es inaceptable toxicológicamente.

- *Thaumatococcus danielli*: del fruto se extrae la **taumatina**, que se trata de una mezcla de proteínas que no contienen histidina. Es una de las sustancias más dulces que se conocen y su sabor se desarrolla lentamente, pero dura largo tiempo. La comunidad europea acepta su uso pero no ha recomendado dosis.

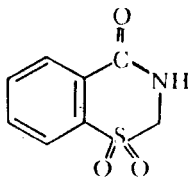
La siguiente tabla muestra los poderes endulzantes* de estas sustancias extraídas de planta:

Steviosido	210 - 300
Hemandulcin	1500
Mogroside	256
Monelín	2000 - 3000
Miraculín	1600
Taumatina	2000 - 3000

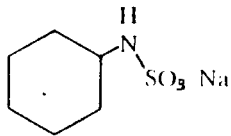
* Considerando a la sacarosa con poder endulzante 1

También pertenecen a este grupo de edulcorantes aquéllos obtenidos por síntesis como:

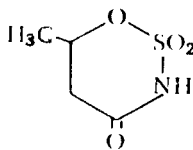
- **Sacarina**: que es la orto-sulfimida benzoica (y su sal sódica); es 500 – 550 veces más dulce que la sacarosa. En su mayor parte se elimina por la orina; no es genotóxica, pero bioensayos en ratas produjeron tumores en la vejiga. Debe usarse muy pura sin o-toluensulfonamida y en dosis de hasta 2.5mg/Kg de peso corporal.
- **Ciclamato**: es el ciclohexilsulfamato de Na o Ca. El grado de absorción es inferior al 35%. La flora microbiana del intestino convierte una parte del edulcorante en ciclohexilamina, que en ratas produce efectos sobre la reproducción, así como daña la vejiga e hígado. Es 30 a 35 veces más dulce que la sacarosa. La dosis permitida es de hasta 11mg/kg.
- **Acesulfame**: sal de potasio de un derivado metálico del oxatiazinodióxido. Parece que no reacciona con los componentes normales de los alimentos. En soluciones ácidas se descompone en acetoacetamida y su ácido N-sulfónico. Con un dulzor entre sacarina y ciclamato y semejante al del Aspartame. La dosis permitida es de hasta 9.0 mg/kg.



SACARINA



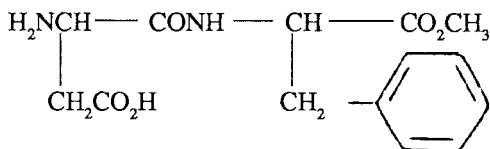
CICLAMATO



ACESULFAME

- **Aspartame:** dipéptido de ácido aspártico y fenilalanina, 200 veces más dulce que la sacarosa y no cariogénico. Siendo un éster metílico de ambos aminoácidos, es metabolizado como proteína. Es sinergista con sacarina y sorbitol, pero fuera del pH 3-5 es inestable por experimentar hidrólisis o ciclación.

Dosis permitida diario es de hasta 40 mg/kg.



ASPARTAME

O por semisíntesis (por reacción sobre un compuesto natural), como:

- **Palatinita:** mezcla equimolecular de 2 isómeros: alfa-d-glucopiranosido de 1,6-glucopiranosido y alfa-d-glucopiranosido de 1,6-manitol. Se obtiene por hidrogenación de isomaltulosa, disacárido-alcohol que a su vez se prepara por vía enzimática, a partir de la sacarosa. No es higroscópica.
- **Neosugar:** compuesto de sacarosa unida mediante un enlace beta a un número variables de unidades de fructosa, es decir producido por biosíntesis, por una enzima de origen fúngico: la fructosil-transferasa sobre sacarosa. Es no nutritivo, ni digerible.
- **Neohesperidina:** derivado de la chalcona o difenil-propen-ona, obtenida por hidrogenación de compuestos amargos de frutos cítricos.

Un tercer y último grupo lo conforman sustancias con estructura de polialcohol y que en general se obtienen por un proceso de hidrogenación catalítica realizado sobre edulcorantes del primer grupo. Tienen grado de dulzor relativamente bajo y las propiedades físicas son comparables a los de los azúcares originales. Fisiológicamente, su velocidad de absorción es inferior al de los azúcares y no son hidrolizados en el intestino, sino se usan como sustratos fermentables por la flora intestinal. Ya que su absorción intestinal es baja y por tener propiedades humectantes, una ingesta diaria elevada produce diarreas osmóticas.

Su mayor ventaja es que son no cariogénicos ya que no varían el pH de la saliva, a pesar de la flora microbiana bucal sobre estos productos.

Algunos de estos edulcorantes son:

Edulcorante	Poder endulzante *
Manitol	0.40
Sorbitol	0.50
Maltitol y homólogos	0.50 – 0.90
Isomaltol	0.40 – 0.60
Lactitol	0.30 – 0.40
Xilitol	0.85 – 1.25

* Considerando a la Sacarosa con poder endulzante 1

BIBLIOGRAFIA

1. A.D. Kinghorn, D.D. Soejarto (1985) Current Status of Stevioside as a Sweetening Agent for Human Use. En: **Economic and Medicinal Plant Research** , H. Wagner, N. Hikino y N.R. Farnsworth, ed., vol. 1, Academic Press.
2. A.D. Kinghorn (1987) *Journal of Natural Products*, **50**, 1009.
3. A. Sánchez Soriano (1986) *Química 2000*, **11**, 61.
4. H. Schmidt–Hebbel (1990) **Avances en Aditivos Alimentarios y la Reglamentación de los Alimentos**, Editado por Fundación Chile, pp. 64-67.
5. **SIGMA, Chemical Company** (1991) Biochemical Organic Compound for Research and Diagnostic Reagents, p. 945.