



AZÚCARES y MIELES

Uno de los sabores elementales, que distingue perfectamente el hombre, es el dulce. Se trata de un sabor agradable que ha sido apreciado por casi todas las civilizaciones. Existen tres fuentes principales para conseguir productos con sabor dulce: vegetales, animales y síntesis química.

Entre las fuentes vegetales cabe destacar el jugo de algunos árboles (arce), las plantas sacaríferas (caña de azúcar, remolacha azucarera) y las plantas que acumulan en sus órganos almidones y féculas (cereales, patatas).

Entre las fuentes animales destacan las mieles obtenidas por la actividad de las abejas sobre flores de árboles y arbustos.

La síntesis química ha permitido obtener diversas sustancias edulcorantes sin valor calórico alguno (al contrario de lo que ocurre con los hidratos de carbono vegetales y animales), que son utilizados masivamente por la industria agroalimentaria; en parte debido a su baratura y en parte debido a que no aumentan la glucemia (contenido de azúcares) en el hombre.

AZÚCARES

UN POCO DE HISTORIA

Los soldados de Darío, rey de los persas, en su avance hacia el río Indo, 510 años antes de Cristo, descubrieron unas cañas que producían “miel sin abejas”, pero aparte de que les sirvió para saciar momentáneamente el hambre no les dieron demasiada importancia. Estas cañas dulces al parecer habían pasado desde las islas del Pacífico (¿Nueva Guinea?) hasta Asia y fueron ampliamente cultivadas en la India. Los soldados de Alejandro Magno se encontraron, unos 175 años después de Darío, con un producto cristalizado, obtenido en la India a partir de la cocción del jugo de la caña que recibía el nombre de “sakchar”.

Alejandro Magno difundió el cultivo de la caña de azúcar por Asia Menor y diversos países próximos a Palestina, como Egipto y la Península Arábiga. El proceso de extracción era muy laborioso y el azúcar era un producto muy apreciado, hasta el punto que tenía la consideración de una especia exótica, sólo al alcance de los más poderosos.

Hasta entonces el edulcorante más conocido y utilizado era la miel. Basta recordar que en la Europa medieval, a pesar de que el azúcar era ya conocido por los romanos, sólo se usaba la miel en la preparación de dulces y confites. Fueron los cruzados, en sus continuos viajes hasta los países de Oriente Próximo, los que trajeron muestras de azúcar a los países europeos. Asimismo las invasiones árabes, a través de la Península Ibérica, difundieron el cultivo de la caña de azúcar, que encontró un hábitat adecuado en las costas de Granada y Málaga.

En 1420 los españoles llevaron el cultivo de la caña a Canarias y los portugueses a Madeira.

En 1493 Colón, en su segundo viaje a América, introduce el cultivo de la caña en Santo Domingo. Desde aquí la caña de azúcar se expande por las islas del Caribe, Centroamérica, Brasil y México; posteriormente, ya en el siglo XVIII, las potencias coloniales implantan este cultivo en los países tropicales de África y sudeste de Asia. Incluso vuelve a las islas del Pacífico y se establece en Australia.

Una segunda e importante fuente de azúcar proviene de la remolacha. El químico francés Olivier de Serres, al analizar la remolacha, observó que contenía un notable porcentaje de sacarosa, allá



por 1705. Unos 40 años más tarde, el químico alemán Andreas Margraff, cociendo en alcohol pequeños trozos de algunas variedades de remolacha, observó que se formaban cristales puros de sacarosa en el líquido filtrado. Basándose en las ideas de Margraff, un industrial prusiano instala en Silesia la primera fábrica de azúcar de remolacha, con rendimientos bajos, que entusiasma a Federico de Prusia en 1802.

Las guerras napoleónicas y el bloqueo inglés al abastecimiento azucarero procedente de las colonias, hicieron reflexionar a los franceses sobre la posibilidad de llegar a obtener masivamente azúcar de remolacha. En 1812 Benjamín Delessert presentó a Napoleón el primer terrón de azúcar elaborado en la pequeña fábrica de Passy. Había comenzado la producción europea de azúcar, en climas fríos distintos al de la caña de azúcar.

En 1877 se montó la primera fábrica española de azúcar de remolacha en la localidad de Alcolea. La mejora del contenido sacárico de la remolacha ha servido para mejorar los rendimientos, que actualmente han multiplicado por diez los obtenidos a principios del siglo XIX.

Los excedentes norteamericanos de maíz han servido para desarrollar toda una industria de azúcares derivados del almidón de los cereales ("high fructose syrups", jarabes de alto contenido en fructosa). Más recientemente (1980), a partir de la achicoria se han desarrollado los jarabes de inulina que contienen también un elevado porcentaje de fructosa.

El azúcar de arce es un producto bien conocido por los indios norteamericanos y canadienses. Se sangra el árbol cuando a principios de primavera comienza a circular la savia. El método tradicional para obtener azúcar de arce se sigue utilizando actualmente, calentando la savia extraída hasta que cristalice el azúcar.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS AZÚCARES

El azúcar más elemental que puede concebirse es una molécula cíclica denominada "osa" o "monosacárido". Su fórmula general es $C_n (H_2 O)_p$ en la que "n" es el número de átomos de carbono y "p" es el número de moléculas teóricas de agua que contiene. Por eso se les llama hidratos de carbono. Generalmente "n" es superior o igual a "p". Existen dos variantes según tengan, además de (n-1) funciones alcohólicas, una función aldehído ("aldosas") o cetónica ("cetosas"). En atención al número de átomos de carbono se denominan triosas (3), tetrasas (4), pentosas (5), hexosas (6) y heptosas (7).

Glúcidos más complejos se obtienen cuando dos moléculas sencillas de "osas" se unen eliminando una molécula de agua. Se denominan oligósidos los sacáridos formados por un corto número de moléculas de "osas" (entre 2 y 10) y poliósidos los que tienen más de 10 moléculas. Entre estos últimos están las féculas y los almidones.



Los glúcidos diluidos gozan de la propiedad de desviar el plano de vibración de la luz polarizada, tanto más cuanto mayor concentradas sean sus disoluciones. Esta propiedad se utiliza en la industria azucarera para determinar la riqueza de los jugos de caña y de remolacha en sacarosa (azúcar común) mediante un aparato óptico llamado polarímetro.

Una misma "osa" puede tener dos estructuras distintas debido a la distribución espacial de sus átomos. Ello determina el que desvíen hacia la derecha (dextrógiro) o hacia la izquierda (levógiro) el plano de la luz polarizada. Estas estructuras se denominan isómeros D y L.

PRINCIPALES MONOSACÁRIDOS ("monosas")

La glucosa (azúcar de uvas) es el principal monosacárido. Tiene el fórmula:

$CH_2OH - (CHOH)_4 - CHO$, en total $C_6 H_{12} O_6$. Forma un anillo hexagonal.

El primer átomo de C se une con el último (el que lleva la función aldehído). La fructosa (azúcar de frutas) también es $C_6 H_{12} O_6$, pero con una fórmula distinta, formando un anillo pentagonal:

$CH_2OH-CO-(CHOH)_3-CH_2OH$. El último átomo de C se une con el segundo (el que lleva la función cetona). Existen isómeros D y L de la glucosa y también de la fructosa.

La galactosa (componente del azúcar de leche) es también $C_6 H_{12} O_6$, con una estructura parecida a la glucosa.

PRINCIPALES DISACÁRIDOS ("diosas")

Son elaborados por los seres vivos uniendo dos monosacáridos y eliminando una molécula de agua. Fórmula general a partir de dos hexosas: $C_6 H_{12} O_6 + C_6 H_{12} O_6 \rightarrow C_{12} H_{22} O_{11} + H_2 O$

La unión de glucosa y fructosa origina la sacarosa, que es el azúcar de remolacha o caña.

Cuando la sacarosa se desdobra (hidroliza) en sus componentes por acción de los ácidos o por medio de un enzima (invertasa) se produce un fenómeno óptico curioso. La sacarosa no descompuesta es dextrógiro, pero si se descompone se vuelve levógiro. Se dice entonces que la sacarosa se ha "invertido". Resulta que la fructosa liberada es más levógiro que la glucosa dextrógiro. La

mezcla equimolecular (1 mol de fructosa junto a 1 mol de glucosa) no solamente es levógira, sino que además presenta propiedades reductoras respecto a productos oxidados. La fructosa también se denomina levulosa.

La unión de glucosa y galactosa da origen al denominado azúcar de leche (lactosa) y la unión de glucosa con glucosa da origen al disacárido maltosa.

Si atribuimos arbitrariamente el valor unitario al poder edulcorante de la sacarosa, se obtendrían estos valores: Sacarosa = 1; Glucosa = 0,7; Fructosa = 1,3; Galactosa = 0,3; Lactosa = 0,25.

PRINCIPALES POLIOSAS (polisacáridos)

La más importante es el almidón, en que la polimerización de moléculas de glucosa suele resultar muy elevada. Dos variantes: amilosa (cadenas lineales de glucosa polimerizada; entre 250 y 1.000 moléculas) y la amilopectina (cadenas ramificadas, más de 1.000 moléculas). La hidrólisis, descomposición del almidón, bien por medio de los ácidos, bien por medio de enzimas (amilasas, amiloglicosidas), conduce en último término a la obtención de glucosa. Para diferenciarla de la glucosa procedente de las uvas, la glucosa obtenida a partir del almidón recibe el nombre de dextrosa.

El poder edulcorante de la dextrosa no coincide exactamente con el de la glucosa (0,7) porque puede llevar mezcla de maltosas y oligosacáridos, y porque parte de la glucosa puede transformarse en fructosa. Ello da origen a una nueva escala que se denomina de dextrosa equivalente (DE). Así tenemos: Almidón = 0; DE Dextrosa (glucosa) pura = 1 DE; Maltosa = 0,5 DE.

Como la fructosa tiene mayor poder edulcorante que la glucosa, interesa que ésta se forme lo más posible en la hidrólisis del almidón. En 1970 los EEUU desarrollaron un proceso enzimático por el que la dextrosa se transforma en fructosa. Se utiliza un enzima denominado glucosa-isomerasa que aplicado a los jarabes de glucosa (dextrosa) da origen a los jarabes de alto contenido en fructosa (High Fructose Content Syrup) (HFCS en la terminología de EEUU), cuyo crecimiento ha resultado espectacular en los últimos años. Tiene las características de una sacarosa desdoblada (invertida) y compite con el azúcar de remolacha y caña, así como con sus jarabes.

El HFCS clásico tiene 42% de fructosa, pero actualmente se obtienen jarabes con el 55% y graduaciones superiores.

La Unión Europea, donde preocupa mucho la competencia de los HFCS con el azúcar de remolacha, ha definido estos tres productos:

1. Isoglucosa: es una fructosa obtenida a partir del almidón mediante la acción de la glucosa-isomerasa sobre la dextrosa (bajo la forma de jarabes de alto contenido en DE glucosa). El proceso de isomerización puede ser utilizado para producir mezclas de



glucosa/fructosa que contienen más del 42% de fructosa (en este caso, del 42%, la isoglucosa equivale en dulzor a la sacarosa).

2. Jarabes de inulina obtenidos a partir de la achicoria. Contiene generalmente el 83% de fructosa.
3. Fructosa cristalizada de pureza 100% obtenida a partir de sacarosa o de jarabes de fructosa.

PRESENTACIONES COMERCIALES DEL AZÚCAR

El azúcar ordinario, sacarosa, puede presentar diversas formas sólidas (cristalizadas) y líquidas. Entre ellas:

- Azúcar moreno (pardo), que retiene parte de las melazas (fracción difícilmente cristalizable que se maneja en la obtención). Mientras más oscuro es este azúcar, es que mayor cantidad de melazas ha retenido. También se llama centrifugado de primera extracción y azúcar integral o bruto.
- Azúcar semiblanco o semirrefinado.
- Azúcar blanco o refinado por un procedimiento de disolución, filtrado y recristalización a partir del azúcar de primera extracción. Se le llama en el comercio azúcar blanquilla.
- Azúcar en terrones, los cuales se apilan mediante una pequeña cantidad de melazas y una presión adecuada. También se llaman cuadrillos. Pueden ser de azúcar moreno o de azúcar blanco.
- Azúcar granulado con distinto tamaño de cristales. (Grandes = azúcar candy. Medianos = azúcar grano de arena. Pequeños = muy molido se llama en España azúcar glacé).
- Azúcar coloreado = granulado con adición de colorantes.
- Azúcar caramelizado. Al calentar el azúcar pierde agua y se oscurece = caramelización.
- Azúcar líquido = disuelto en agua.
- Azúcar líquido invertido = se han hecho actuar ácidos o enzimas para desdoblar la sacarosa en fructosa y glucosa, lo que aumenta su poder edulcorante.
- Jarabes de azúcar concentrado que pueden cristalizar porque la disolución se encuentra saturada respecto al azúcar.
- Azúcar demerara = azúcar moreno de color amarillo brillante (en países anglosajones).



UTILIZACIONES DEL AZÚCAR

Aparte de como edulcorante doméstico, la industria alimentaria emplea el azúcar en muy distintas finalidades:

- Como conservante: el azúcar eleva la presión osmótica de los líquidos e impide el crecimiento de microorganismos. Este es el principio de las conservas en almíbar, de las mermeladas, confituras y jaleas, así como de la leche condensada (azucarada).
- Para impedir la formación de hielo en los helados (en todo caso para conseguir que el hielo no forme bloques). Esta propiedad está basada en que el azúcar baja el punto de congelación.
- Bebidas analcohólicas ("soft drink"), las cuales en algunos países es obligatorio que lleven sacarosa en vez de otros edulcorantes naturales o sintéticos.
- El azúcar (principalmente se aprovecha el azúcar no cristalizado de las melazas) también se emplea para fermentaciones industriales. No sólo para obtener productos alcohólicos, sino para alimentar levaduras y producir mediante ellas ácido cítrico, ácido málico, ácido pirúvico y en general una serie de productos orgánicos utilizados en la industria farmacéutica y en la industria alimentaria.
- Confeitería. El azúcar cristalizado compite con el azúcar líquido (invertido o no) y con la isoglucosa en la elaboración de dulces.
- Chocolates. Se obtienen mezclando el azúcar con el cacao y otros ingredientes.
- Turrones y mazapanes. Con almendras, frutos secos, frutas, etcétera.
- Frutas escarchadas (confitadas).
- Pastelería y bollería (artesanal e industrial).
- Galletas.
- Caramelos.
- Postres preparados (artesanal e industrialmente).
- Gomas de mascar.
- Azúcar caramelizado.
- Alimentos para niños.
- Pastas para untar (chocolate pastoso).

EDULCORANTES DISTINTOS DEL AZÚCAR

Por motivos dietéticos (los diabéticos y obesos tienen que reducir su ingesta de productos azucarados), en regímenes de adelgazamiento o simplemente por motivos económicos, se ha desarrollado una serie de edulcorantes naturales, por una parte, y de síntesis química, por otra.

El poder edulcorante de los naturales suele ser bajo, pero el de los edulcorantes químicamente sintetizados suele ser muy elevado. Algunos de los principales edulcorantes distintos del azúcar son:

- Xilitol polialcohol (5 átomos de C). Procedente de la xilosa (madera). Poder edulcorante 1.
- Sorbitol y manitol polialcoholes (6 átomos de C). Procedente de la glucosa, el primero, o de la fructosa, ambos. Poderes edulcorantes 0,5 y 0,6 respectivamente.
- Sacarina. Consta de un núcleo hexagonal y otro pentagonal adosado, con un átomo de azufre. Nombre técnico ortosulfo-benzamida. Poder edulcorante aproximado: 400.
- Aspartamo. Consta de un anillo hexagonal y de una cadena lateral con 6 átomos de C y 2 átomos de nitrógeno. Nombre técnico: ester metílico de la L aspartil L fenilalanina. Poder edulcorante aproximado 190.
- Ciclamato. Derivado del ciclohexano (6 átomos de C). Se utilizan sus sales sódicas y potásicas. Poder edulcorante 30.
- Alitamo. Poder edulcorante aproximado 2.000.
- Sucralosa. Poder edulcorante aproximado 600.
- Acesulfamo potásico. Poder edulcorante aproximado 200.
- Talín. Mezcla de proteínas (taumatinas). Poder edulcorante 1.500.
- Neohesperidina. Se encuentra en las naranjas. Poder edulcorante aproximado 500.
- Neohesperidina dihidrochalcona. Análoga al anterior. Poder edulcorante 1.600.
- Glicirrizina. Obtenido de la raíz del regaliz (raíz dulce). Técnicamente es una saponina similar a los terpenos con poder edulcorante variable, pero del orden de 50.

Es de tener en cuenta que algunos de los edulcorantes citados, debido a la dificultad de su eliminación por el sudor, la orina o los excrementos, pudieran tener propiedades cancerígenas para el hombre; por ello existen limitaciones respecto a las cantidades máximas (relacionadas con el peso de las personas) que pueden ser ingeridas diariamente.

OBTENCIÓN DEL AZÚCAR DE CAÑA

La caña de azúcar (seis especies y sus híbridos del género *Saccharum*, produce jugos con aproximadamente 12,5 grados polarimétricos que vienen a dar un 8% del peso de la caña en azúcar





cristalizable. Como se obtienen unas 60 toneladas de caña de azúcar por hectárea, el resultado es que a partir de una hectárea de caña se vienen a obtener 6 toneladas de azúcar bruto cristalizable.

Existen dos tipos de industrias: las que realizan el proceso completo hasta llegar a azúcar refinado y las que están menos tecnificadas e interrumpen el proceso en la obtención de azúcar bruto ("raw", en inglés).

El jugo de las cañas de azúcar se extrae de ellas cortándolas en pequeños trozos que se estrujan entre rodillos mientras se rocían con agua caliente para facilitar la extracción.

Después de la extracción del jugo (color verde oscuro) se procede a su clarificación con cal viva u óxido de calcio (obtenido a partir de carbonato cálcico mediante calor). La baja acidez del jugo se neutraliza, con lo que produce una especie de "barro" constituido por impurezas, las cuales se separan del jugo por medio de una sedimentación seguida de filtración al vacío. El jugo, ahora de color marrón oscuro, se bombea hasta unos evaporadores que, en varias etapas, eliminan el agua hasta que dicho jugo contiene el 65% aproximadamente de sólidos.

La solución concentrada pasa a unas bandejas cristalizadoras. El proceso se acelera operando al vacío. Los cristales y el jarabe concentrado que los acompaña reciben el nombre de "masa cocida" y para separarlos se utiliza una centrifuga. Por un lado se obtienen los cristales (azúcar bruto) y por otro las melazas (que contienen azúcar pero no cristalizado). Esta centrifugación determina que al azúcar moreno obtenido se le llama también comercialmente azúcar centrifugado. Durante la centrifugación los cristales quedan retenidos en un entramado de tela que las melazas sí traspasan fácilmente.

Posteriormente este azúcar, una vez desecado, se vende tal cual o pasa a las refinerías.

El bagazo (restos de caña) procedente de la extracción del jugo se seca aparte y puede servir como combustible para calentar el agua, para producir cal viva y para generar electricidad y mover las bombas de vacío.

El refinado del azúcar suele dividirse en tres etapas:

- Lavado de cristales (llamado afinamiento o clarificación).
- Decoloración del azúcar.
- Nueva cristalización y terminación del producto.

El proceso de clarificación se realiza con objeto de eliminar las melazas que forman una película sobre la superficie del azúcar cristalizado. Se consigue la clarificación mezclando el azúcar bruto con un jarabe azucarado de alta densidad, sin melazas. La mezcla se pasa por centrifugas que eliminan el jarabe (que ha servido para disolver las melazas). Los cristales de azúcar se lavan rápidamente con agua caliente para perfeccionar dicha purificación. A fin de finalizar el proceso se redisuelven los cristales en aproximadamente la mitad de su peso en agua, calentando la disolución. Se eliminan los productos insolubles formados durante los pasos anteriores. Se denomina esta parte del proceso defecación, la cual se puede ayudar con calor y con productos químicos (floculantes) que arrastran las impurezas al fondo, lo cual favorece la posterior decoloración.

La decoloración elimina pigmentos vegetales que han acompañado al azúcar bruto durante su proceso de obtención. Se utilizan como decolorantes productos tales como carbón animal (huesos) que se regeneran periódicamente para mantener su eficacia. También se utilizan resinas cambiadoras de iones.

La recrystalización y el acabado sirven para finalizar el proceso. El azúcar disuelto vuelve a cristalizarse a partir de una disolución que contiene alrededor del 65% en sacarosa. Se utilizan bandejas cristalizadoras que operan al vacío. La cristalización bien controlada produce varios tamaños de cristales. Estos se lavan y centrifugan para eliminar la poca agua (1%) que queda adherida a los cristales. Los cristales casi secos se pasan a unas bandejas vibratorias (granuladores) y su movimiento continuo impide el que se apelmacen las partículas.

Posteriormente, los cristales se clasifican por medio de tamices que eliminan los granos demasiado pequeños y demasiado grandes, los cuales se redisuelven y reciclan volviendo a cristalizar.

OBTENCIÓN DEL AZÚCAR DE REMOLACHA

La remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) (variedad saccharifera) es una planta bienal (dura dos años sobre el terreno), pero hay que cosecharla en el primer año, que es cuando acumula el azúcar, porque durante el segundo utiliza estas reservas azucaradas para florecer y completar su ciclo. Tiene raíz napiforme que contiene un 75% de agua y un 25% de materia seca. El contenido aproximado de sacarosa oscila entre el 16 y el 18%, según variedades, pero no toda ella es extraíble. Se vienen a obtener 130 Kg de azúcar blanco cristalizado por cada tonelada de remolacha, con lo cual si la producción de remolacha es de 75-80 toneladas por hectárea, el resultado es que actualmente se pueden llegar a obtener 10 toneladas de azúcar blanco por hectárea.

Las fábricas azucareras se limitan a extraer el azúcar contenido en la raíz mediante un proceso complejo, que se suele dividir en las siguientes fases:





- Almacenamiento, transporte, lavado y preparación de la remolacha.
- Extracción (difusión) de la sacarosa y de otras sustancias solubles.
- Separación del jugo y de la pulpa de remolacha.
- Prensado, secado y granulado de la pulpa separada, para su utilización por el ganado. Proceso colateral.
- Depuración del jugo obtenido (eliminación de las proteínas y otras sustancias no azucaradas).
- Evaporación del jugo para concentrarlo.
- Cristalización y separación del azúcar cristalizado del no cristalizable (contenido en las melazas).

1º) Preparación de la remolacha

Se hace una primera eliminación mecánica de la tierra. El transporte desde los silos de recepción hasta la fábrica se suele realizar en corriente de agua. La remolacha flota y va dejando en los canales de conducción piedras y arena. Al final de la corriente de agua existe un sistema de bombeo que eleva la remolacha ya limpia, al tiempo que mediante un sistema de lavado se eliminan las hierbas y el resto de la arena y piedras. Dicho lavado se realiza sobre tamices vibrantes sobre los que se proyecta agua a presión o mediante tambores giratorios en los que entra un chorro de agua a contracorriente. Este agua se recicla, previo desarenado y posterior decantación de otros sólidos que acompañan a la remolacha.

La remolacha lavada se conduce mediante cintas transportadoras a unas máquinas cortarraíces que trocean la remolacha en pequeñas tiras denominadas “cosetas”, lo que facilita la posterior extracción del azúcar. Las “cosetas” suelen medir 1 centímetro de ancho y de espesor por 6 centímetros de largo.

2º) Difusión

Consiste en la extracción de la sacarosa de las “cosetas” junto con otras materias solubles por medio de una corriente de agua caliente proyectada contra las pequeñas tiras de remolacha. Se denomina difusión porque el azúcar contenido en el interior de las células sale al exterior. La operación se realiza en los denomi-

nados difusores continuos en los que las cosetas avanzan empujadas por dos tornillos sin fin entre los cuales el agua caliente circula en contracorriente. Se forma así, por una parte, un jugo bruto (jugo de difusión) y, por otra, las cosetas ya agotadas, que constituyen la pulpa, la cual va saliendo por el extremo del difusor. El agua del difusor suele estar sulfitada con gas sulfuroso para obtener un pH bajo, lo que sirve para optimizar esta fase de extracción. La pulpa se prensa aparte, se seca (o no) y se granula (“pellets”) para su utilización en ganadería.

3º) Depuración del jugo

El jugo obtenido en la fase anterior se caracteriza:

- a) Por contener partículas en suspensión.
- b) Presentar una acidez baja, lo que puede dar origen a una inversión de la sacarosa.
- c) Contiene todavía azúcares no disueltos.
- d) Contiene sustancias coloidales procedentes de las células de la remolacha.

La depuración del jugo consiste en restablecer un pH neutro (para evitar el desdoblamiento de la sacarosa), separar los no azúcares (generalmente proteínas) y eliminar mucílago y coloides.

En primer lugar se realiza un preencalado mediante lechada de cal que eleva adecuadamente el pH. Si el proceso se realiza con cuidado, el pH va evolucionando desde los valores ácidos iniciales hasta la neutralidad, lo que permite una floculación completa de proteínas coloidales y de otros coloides presentes en el jugo. También se neutralizan con el preencalado los ácidos libres y las sales ácidas.

En segundo lugar se realiza el encalado, propiamente dicho, que completa el proceso porque origina sales cálcicas insolubles con los ácidos (orgánicos e inorgánicos) presentes en el jugo. También precipitan la pectinas, algunas materias leñosas, colorantes, gomas, mucílago y albuminoides. Al mismo tiempo arrastra bacterias y fermentos, que pueden alterar posteriormente la sacarosa, así como algunos coloides no floculados formados en el preencalado. En tercer lugar se neutraliza la cal viva añadida, utilizando para ello el anhídrido carbónico que se produce en un horno de cal que había sido el que nos había proporcionado, a partir del carbonato cálcico, dicha cal viva. Esta parte del proceso se llama primera carbonatación, mediante la cual se consigue:

- Precipitar el exceso de cal bajo la forma de carbonato cálcico.
- Arrastrar, con las partículas de carbonato cálcico formadas, las sustancias gelatinosas y los colorantes (adsorción).
- Liberar la sacarosa que haya reaccionado con la cal y formado sacarato cálcico.

En cuarto lugar se elimina el carbonato cálcico y las sustancias adheridas mediante decantadores y filtros. Se obtiene así un jugo clarificado y unos “barros” que se filtran, lavan y presan para recuperar parte del jugo que contienen. Los “barros”, ya tratados, se denominan “espumas de azucarería”.



En quinto lugar se realiza una segunda carbonatación para afinar la primera. El que se realice en dos etapas obedece a que si la primera carbonatación es excesiva, los carbonatos podrían pasar a bicarbonatos y redisolverse.

En sexto lugar se procede a una segunda filtración para eliminar los lodos formados, aunque ahora aparezcan en menor cantidad. En séptimo y último lugar se procede a una sulfitación con anhídrido sulfuroso (que tiene por objeto decolorar el jugo y reducir su viscosidad) seguida de una eliminación (desendurecimiento) de sales cálcicas y magnésicas existentes en el jugo, mediante el paso por resinas intercambiadoras de los iones calcio y magnesio por iones sodio. Las sales de calcio y magnesio del jugo podría originar posteriormente incrustaciones en los evaporadores.

4º) Evaporación del jugo

Tiene por objeto concentrar el azúcar del jugo. Se realiza en varias etapas escalonadas, en cada una de las cuales va disminuyendo la presión atmosférica. El jugo concentrado obtenido se denomina "jarabe", el cual una vez filtrado pasa a la fase de cristalización.

5º) Cristalización de la sacarosa

Se trata de obtener azúcar cristalizado apto para su comercialización. Se realiza en varias etapas (2 ó 3) a fin de agotar las soluciones de sacarosa (mieles) hasta que ya no cristalicen más, aunque todavía contengan algo de azúcar. Esta últimas mieles no cristalizables se denominan melazas.

Las cristalizaciones se realizan en unos evaporadores llamados "tachas" mediante un proceso de cocción. En la primera "tacha" se introduce una determinada cantidad de jarabe (pie de tacha), la cual se concentra hasta obtener una disolución sobresaturada a la que se añaden cristales de un tamaño aproximado de 150 micras, previamente obtenidos en el laboratorio. Estos cristales "siembran" los núcleos de la cristalización posterior que tiene lugar en el evaporador. Al final del proceso la "tacha" contiene una masa de cristales ("masa cocida") y una solución ("miel madre") con azúcares no cristalizados y con no azúcares. Las tachas trabajan a baja presión con objeto de que la evaporación se realice a baja temperatura y no caramelize el azúcar.

Posteriormente se centrifuga el contenido de la "tacha" para separar los cristales de la miel madre que rodea a los cristales. En las centrifugas la masa es proyectada contra un entramado de tela (actualmente se utilizan telas metálicas). Los cristales se someten posteriormente a un lavado rápido con agua caliente y vapor de agua a presión para eliminar la "miel" que lleven adherida. El líquido procedente de este lavado (miel rica) se reincorpora a la primera tacha para que vuelva a entrar en el proceso de cristalización. En cambio, la miel que ha traspasado la malla de la centrifuga (miel pobre) pasa a una segunda tacha para ser sometida a una segunda cristalización.

El azúcar retenido en la primera centrifugación, tras su lavado, se denomina "azúcar blanquilla" de primera centrifugación. Se somete a un proceso de secado, enfriamiento y posterior cribado. Luego se almacena en silos como azúcar blanquilla o granel.

El proceso de cristalización se repite en la segunda "tacha" con la miel pobre procedente de la primera cristalización. Se obtiene así una masa cocida 2ª, un azúcar 2ª y una miel 2ª. Eventualmente se somete a una tercera cristalización, de la que se obtiene masa cocida de 3ª, azúcar de 3ª y las últimas mieles, llamadas melazas.

6º Elaboración de terrones

El azúcar blanquilla granulado puede compactarse para obtener terrones o cuadradillos impregnándolo ligeramente con jarabe limpio (o con disolución pura de azúcar) y aplicándoles presión.

ECONOMÍA DEL AZÚCAR (Campaña 2003/2004) (M = millón, m = miles, t = toneladas azúcar blanco)

Producción mundial	132,5 Mt (76% caña, 24% remolacha)
Consumo mundial	131,8 Mt
Comercio internacional	45,0 Mt
Producción UE-15	15,1 Mt
Consumo UE-15	13,5 Mt
Comercio internacional UE-15	
Importación	2,0 M t
Exportación	5,0 Mt
Producción española	950 mt (remolacha principalmente)
Consumo español	1,25 Mt
Producción EE UU	7,5 M t (50% remolacha, 50% caña)
Consumo EEUU	8,4 Mt
Importación EEUU	1,5 Mt
Producción Brasil	22,2 Mt (caña)
Consumo Brasil	9,4 Mt
Exportación Brasil	13,0 Mt
Producción australiana	4,7 Mt (caña)
Consumo australiano	1,1 Mt
Exportación australiana	3,5 Mt
Producción tailandesa	6,9 Mt (caña)
Consumo tailandés	2,2 Mt
Producción china	9,5 M t (caña)
Consumo chino	11,0 Mt
Producción india	16,6 M t (caña)
Consumo indio	18,3 Mt
Producción cubana	2,1 M t (caña)
Consumo cubano	0,6 Mt
Producción mundial de HFS	11,5 Mt (maíz principalmente)
Producción EEUU de HFS	8,3 Mt (maíz)
Producción UE-15 de HFS	0,3 Mt (maíz y otros cereales)
Producción japonesa de HFS	0,8 Mt (maíz)



Miel

La miel es un edulcorante natural elaborado por las abejas (género *Apis*) a partir del néctar de las flores y de otros jugos vegetales. En principio las abejas elaboran la miel y la cera para sus propias necesidades, pero el hombre y los osos, desde muy antiguo, se han aprovechado del poder endulzante de la miel “robando” parte del trabajo de las abejas.

La miel es rica en hidratos de carbono, pobre en proteínas y no contiene grasas. Las proteínas que necesitan las abejas para su crecimiento y metabolismo las obtienen de los granos de polen que estos insectos llevan adheridos en sus patas, alas y cuerpo. Los hidratos de carbono provienen de néctares y jugos dulces, a partir de los cuales las abejas obtienen glucosa y fructosa, gracias a la invertasa de sus glándulas salivares y de sus esófagos. Las abejas regurgitan los líquidos absorbidos, ya a medio digerir, y se los traspasan -parcialmente- a otras abejas que habitan en la misma colmena.

Posteriormente esos jugos hidrolizados que tienen un porcentaje elevado de agua (80%) se concentran, una vez depositados en las celdillas de la colmena, mediante un procedimiento de aireación forzosa provocado por el batir de alas de las abejas y probablemente de los machos (zánganos).

BREVE HISTORIA DE LA APICULTURA

El aprovechamiento de la miel de abejas era ya conocido por los hombres prehistóricos. Existen referencias históricas sobre la

miel entre los chinos, los hititas y los egipcios. Posteriormente los griegos se aficionaron a la miel, luego pasó esta costumbre a los romanos y así todo el mundo mediterráneo llegó a conocer el producto natural y sus derivados (entre ellos la hidromiel o agua con miel, fermentada o no por levaduras).

Los egipcios creían que las abejas habían surgido de unas lágrimas del dios Ra, caídas sobre la tierra. Aparecen dibujadas abejas en algunos jeroglíficos. Parece históricamente cierto que los egipcios fueron los primeros que utilizaron la técnica de transportar las colmenas, a lo largo del Nilo, para aprovechar el escalonamiento de las floraciones.

Los griegos tenían dos curiosas leyendas. Una es la de que Zeus nació de un panal de abejas; otra de que Orfeo, para vengarse del cerco amoroso que ponía Aristeo a su esposa Eurídice, destruyó la mejor colmena de éste, la cual daba una miel digna de dioses. Orfeo fue condenado a los infiernos.

Los romanos, que utilizaban la miel como conservante de su famoso “garum”, se aficionaron a la hidromiel alcohólica que elaboraban los bárbaros del norte de Europa. Se dice que la famosa Vía Apia Antica estaba repleta de colmeneros, entre ellos Apio Claudio (quizás Claudio “el colmenero”) que le dio nombre a esta famosa calzada romana.

Los árabes también practicaron la apicultura (Abu Zacarias explica en sus libros cómo se manejan las colmenas). Alfonso X el Sabio, en la parte cristiana española, publica ordenanzas sobre la apicultura.

Los conquistadores españoles y portugueses llevaron colmenas a Centro y Sudamérica, así como los holandeses a Norteamérica y a sus colonias asiáticas y de Oceanía.





Aparte de la abeja común, había razas autóctonas en América, Asia y África.

ESPECIES APÍCOLAS

- Apis melífera (mediterránea es la más conocida). Existen varias razas o variedades, entre ellas:
 - Melífera melífera (norte de Europa, abeja alemana).
 - Ligustica (italiana).
 - Cárnica o carnoliana (Alpes Suizos).
 - Caucásica (Cáucaso) .

También existen otras especies de abejas, peores productoras de miel:

- Apis cerana (asiática, muy sensible a un ácaro parásito llamado verroa).
- Apis dorsata (asiática).
- Apis floreata (asiática).
- Apis scutellata (abeja africana, feroz enemiga de la Apis mellífera, porque produce rendimientos muy escasos y se come la miel de las abejas normales).

Las avispas son insectos similares a las abejas pero no producen miel.

PRODUCTOS DE LAS ABEJAS

1. Miel. Las abejas producen miel, lo que constituye el principal aprovechamiento de las colmenas. La composición química de la miel varía de unas especies de abejas a otras, pero sobre todo depende de las flores que éstas han libado.

La composición química media de la miel podría ser la siguiente:

Agua	21,0%
Hidratos de carbono	78% (fibra 0%)
Proteínas	0,5%
Potasio	10 mg/100 g
Sodio	5 mg/100 g
Calcio	5 mg/100 g
Hierro	0,7 mg/100 g
Fósforo	16 mg/100 g
Vitamina B ₂	0,04 mg/100 g

Además contiene:

- Enzima invertasa.
- Enzima amilasa.
- Enzima glucosa oxidasa.
- Sustancias bactericidas.

2. Polen. También se llama “pan de abejas”. Las larvas son alimentadas con miel que lleva incorporados granos de polen, lo que les proporciona proteínas. El apicultor se encuentra con que las abejas han realizado un penoso trabajo recolector del polen y así consiguen lo que para el hombre sería más complicado. Para recolectar el polen que transportan las abejas se coloca una tela metálica delante de la entrada de la colmena (“trampa de polen”) por cuyos orificios han de pasar necesariamente las obreras cuando retornan a su nido tras haber visitado las flores.

La composición del polen (media muy aproximada) es:

Agua	12%
Proteínas	22%
Hidratos de carbono	31%
Vitaminas	
Sales minerales	

En colmenas, el polen recogido en las trampas debe recolectarse a intervalos cortos de tiempo; luego se deseca para impedir su degradación y se prensa en tabletas.

3. Ceras. Lípidos con polialcoholes (elevado número de átomos de carbono). Las abejas utilizan las ceras para construir las paredes de las celdas de sus colmenas y para tapar los opérculos (agujero superior de dichas celdas). El hombre utiliza la cera para fabricar colmenas artificiales y para elaborar velas de cera.

4. Jalea real. Las glándulas de la faringe de algunas obreras segregan una saliva especial que actúan sobre la miel, el polen y los néctares absorbidos por otras obreras formando pequeñas can-

tidades de un alimento que se suministra a las larvas (machos y hembras) durante los primeros días de su desarrollo. Contiene abundantes vitaminas, especialmente vitamina E (la de la fertilidad). Las reinas son alimentadas toda su vida con jalea real, pero el resto de abejas (obreras y zánganos) solamente hasta los seis días.

El hombre recolecta la jalea real con dificultades, por lo que sólo tiene aplicación en medicina y alcanza un precio elevadísimo.

5. Propóleos. Son resinas de árboles que se pegan al cuerpo de las obreras. En combinación con la cera sirve para cerrar herméticamente los opérculos, a fin de resistir los fríos del invierno. Utilizada en productos farmacéuticos.

6. Apitoxina (veneno de abejas). Se obtiene en pequeñas cantidades colocando una trampa eléctrica que se carga y descarga periódicamente. Las abejas, irritadas, depositan su veneno sobre una esponja que se coloca debajo de los hilos eléctricos. Se utiliza en pequeñas cantidades como antiartrítico en farmacopea.

CASTAS DE ABEJAS

Existen tres castas principales de abejas:

1. Obreras. Trabajan para la colmena, unas fuera de ella buscando flores (pecoreadoras) y otras dentro como cuidadoras de larvas, limpiadoras, guardianas, constructoras de celdillas, etc.

El número de obreras oscila entre 2.000 y 50.000 por colmena. El número de pecoreadoras suele ser la mitad del de residentes permanentes. Los distintos tipos de obrera se pasan alimento de unas a otras.

2. Reina (suele existir una por colmena). Cuando se hacen viejas son sustituidas por otra. A veces cuando surgen varias reinas, el enjambre se subdivide. Las reinas son criadas durante toda su vida con jalea real. La reina realiza el "vuelo nupcial", durante el cual es fecundada por los zánganos, luego se dedica a poner huevos de donde nacerán obreras y eventualmente otras reinas.

3. Zánganos. Pueden existir hasta 500 por colmena. Nacen de huevos no fecundados. Su principal misión es fecundar a la reina.

PECULIARIDADES DE LAS ABEJAS

Parece ser que se orientan hacia la colmena por feromonas. Unas pecoreadoras orientan a otras mediante sus movimientos durante el vuelo de regreso.

Algunas abejas sobreviven durante el invierno gracias a sus reser-



vas de miel y en el caso de colmenas explotadas por el hombre, gracias a jarabes artificiales azucarados.

Hace falta libar 1 millón de flores para elaborar 100 gramos de miel.

TIPOS DE COLMENA

- Fijistas. Los panales están fabricados por las propias abejas.
- Movilistas. Cuadros móviles de madera sobre los que se sitúan los panales. Hay diversos tipos desde la invención de la primera, por Langroth, a finales del siglo XIX. Los principales tipos son:
 - Langroth.
 - Layens.
 - Dadant.

Son cambiadas de sitio para aprovechar floraciones sucesivas de árboles y arbustos.

TIPOS DE MIEL

Según la época del año en que es elaborada, se distingue:

- Miel primavera.



- Miel principal (verano).
- Miel tardía (otoño).

Según la especie vegetal que aporta los néctares:

- Brezo.
- Tilo.
- Acacia.
- Romero.
- Azahar (naranjos).
- Otros árboles frutales.
- Encina.
- Rocío (procede del abeto, es resinosa).
- Miel monofloral (un solo tipo de flor).
- Miel multifloral (varias especies florales, se llama miel multiflores).

Según la forma de recolectar la miel puede ser:

- Miel de panal (contiene ceras).
- Miel decantada (una vez abiertos los opérculos con la colmena invertida, la miel cae por su propio peso) (es la mejor).
- Miel prensada (se prensan directamente los panales; mala calidad).

Según el aspecto:

- Miel cremosa.
- Miel cristalizada (los azúcares naturales cristalizan; a veces se falsifica con azúcar, por lo que el consumidor tiene cierta prevención) (es la más apreciada por los expertos).
- Miel líquida. Se obtiene en la miel cristalizada calentándola para que se disuelvan los cristales.

PRINCIPALES ENFERMEDADES DE LAS ABEJAS

- Virosis de las larvas (desección de las larvas).
- Bacteriosis (Streptococcus, Bacillus).
- Micosis.
- Protozoos (Nosemiasis y Amebosis).
- Acariosis (Acaparis).
- Varroasis (Artrópodos). La varroa es la peor enfermedad que actualmente afecta a las colmenas provocando la muerte de las larvas y deformidades en los insectos adultos; se transmite a través de abejas infectadas procedentes de otros enjambres.
- Piojillo de las abejas.
- Polilla de las colmenas.



ECONOMÍA DE LA MIEL 2003

(M = millón; m = mil; t = toneladas)

Producción mundial	1,3 M t
Producción UE-15 (España = 36 m t; Alemania = 22 m t ; Italia = 10 m t).	123 mt
Producción europea (Rusia = 13 m t; Hungría = 15 m t; Ucrania = 52 m t).	306 mt
Producción china	273 mt
Producción india	52 mt
Producción iraní	29 mt
Producción turca	75 mt
Producción vietnamita	16 mt
Producción Argentina	85 mt
Producción EEUU	82 mt
Producción mexicana	56 mt
Producción brasileña	24 mt

Principales países exportadores (2002)

Argentina	80 mt
China	77 mt
Méjico	34 mt
Hungría	15 mt
Turquía	15 mt
Vietnam	14 mt
España	14 mt

Principales países importadores (2002)

Alemania	99 mt
EEUU	92 mt
España	11 mt

FUENTE: FAO.



PRINCIPALES DENOMINACIONES DE ORIGEN Y MARCOS DE CALIDAD EN ESPAÑA

- Miel de Granada (DO).
- Miel de la Alcarria (DO).
- Miel Villuercas-Ibores (DO Protegida).
- Miel de Galicia (DOP).
- Miel de Asturias (DOP).
- Miel de Cataluña (marca de calidad alimentaria).
- Miel de Aragón (marca de garantía de calidad).
- Miel del País Vasco (label de calidad alimentaria).
- Miel de la Sierra de Madrid (alimento de calidad).
- Miel de La Rioja (certificada).
- Miel Valenciana de Azahar (marca de calidad alimentaria).
- Miel Valenciana de Romero (marca de calidad alimentaria).

BIBLIOGRAFÍA

- "Le Sucre et les edulcorants". J.L. Multon. Tec-Doc. París 1992
- "Sugarcane Biotechnology". G.R. Naik. Science Publishers. Plymouth. UK 2001.
- "Sugar". G.C. Abbott. Ruthledge. Londres. 1990.
- "Handbook of Sugar". Pancoast and Junk. Avi Publishing. Connecticut 1990.
- "La extraction du sucre". Mathlouthi et Rogé. Reims 1996.
- "Proceso de fabricación del azúcar". ACOR. Valladolid 2000.
- "Historia del Azúcar". Mintz. La Maison Rustique. París 1980.
- "Miel". Armoned. La Maison Rustique. París 1985.
- "Virtudes de la miel". Productos apícolas. Ramiro Gómez de Santiago. Madrid 2000.
- "Cría de abejas". Harrison. Acribia. Zaragoza 1975.
- "La vida de las abejas". Maeterlinck. Editorial Losada. Buenos Aires 1958.
- "Anuario de Estadística Agroalimentaria". MAPA. Diversos años.
- "Alimentación en España". MERCASA. 2004 y anteriores.

Hermosas leyendas... y poco más

Viejos mitos, leyendas y creencias populares firmemente asentadas en nuestra cultura atribuyen a la miel y el azúcar propiedades nutricionales únicas, efectos afrodisiacos y virtudes como elixires de juventud y salud. Sin embargo, sus efectos reales van poco más allá de la aportación rápida de energía.

Miel mitológica y valioso recurso en los albores de la hominización

En la mitología griega se nos dice que el joven Zeus, tras ser rescatado de la ferocidad caníbal de su padre Cronos, fue criado con leche y miel por las ninfas Adrastea, Amaltea y Melisa. Para los primeros humanos, la miel que producían las abejas silvestres fue un recurso alimenticio de primera magnitud y su recolección sistemática ya se atestigua en las pinturas rupestres del levante español. Fue el gran edulcorante de la civilización humana hasta que en el siglo XVIII perdió el protagonismo en este punto dejando paso al azúcar, para convertirse en golosina.

Remedio casero medicinal y escaso valor nutricional

La miel sigue usándose como descongestionante en dolencias respiratorias (especialmente en caso de flemas), como sedante suave (un vaso de leche caliente con miel antes de ir a la cama sigue funcionando) y antiséptico (a una garganta irritada siempre le va bien un vaso de agua caliente con dos cucharadas de miel y el zumo de medio limón). A pesar de ello, su fama como nutriente está basada en bien poco, puesto que apenas contiene vitaminas ni minerales. Su único valor es energético, aunque en menor medida que el azúcar, por su mayor contenido en agua. No obstante, si la comparación se hace en volumen y no en peso, como en general ocurre (si sustituimos una cucharada sopera de azúcar por otra de miel), el poder energético caerá del lado de la miel.

Un sinfín de sabores y una contraindicación

La miel es un producto elaborado por las abejas a partir del néctar de las flores en las que liban y a lo específico de su variedad remitirá naturalmente el sabor final. Además de los incuestionables parámetros organolépticos, la sabiduría popular atribuye a cada una virtudes concretas. Así, la de azahar de limonero tendría propiedades sedantes; la de espliego resultaría ideal para combatir toses rebeldes; la de romero, estimulante; la de brezo, diurética; la de tomillo, antidepresiva; la de eucalipto, antitusiva; la de castaño, astringente... Frente a estas



pretendidas indicaciones, existe una concreta contraindicación (además de la genérica en diabéticos, de la que luego hablaremos) referida a bebés de menos de un año, ya que su consumo acarrea el riesgo de contraer botulismo. El hábito de mojarles el chupete en miel es una práctica de riesgo, ya que la flora intestinal aún inmadura del recién nacido quizá no pueda destruir las esporas que contiene el producto y éstas pueden germinar en el intestino o en el colon, liberando la toxina botulínica causante de la enfermedad.

La leyenda china del azúcar

Se dice que hacia el final del siglo VIII y desde algún remoto lugar, un bonzo llamado Tsen llegó a las montañas de Plan Schan y que un día su asno descendió solo desde las alturas y destrozó la plantación de caña de un campesino de nombre Noang Chi. Para reparar el daño, el bonzo le enseñó el arte de hacer azúcar. Cierta o no, la leyenda se refiere al azúcar de caña; el más común, pero no el único. Ordenados por grados de dulzura, los tipos de azúcar son: la fructosa (presente en las frutas y la miel), la sacarosa (típica de los azúcares de caña y de remolacha), la glucosa (también presente en la miel, frutas y verduras); la maltosa (de frutas y verduras), y la lactosa, de la leche.

Energética, pobre en nutrientes y problemática

Los azúcares simples son una importante fuente de energía, puesto que, una vez digeridos, se convierten en glucosa, que, a través del torrente sanguíneo, es transportada a músculos, órganos y células. Los niveles de glucosa en sangre se controlan mediante la insulina, pero si el organismo es deficitario en la producción de esta hormona (como ocurre en los casos de diabetes), puede producirse hiperglucemia (niveles demasiado elevados) o hipoglucemia (niveles demasiado bajos). Dejando a un lado su capacidad energética, su valor nutricional es escasísimo, ya que no contiene ni vitaminas, ni minerales, ni fibra. Además, su consumo disminuye el apetito por lo que comporta un riesgo en la alimentación infantil (cada vez más generosa en refrescos azucarados, caramelos y chuches) saturada de calorías vacías antes de las comidas. También es sabido que los azúcares favorecen la aparición de la caries dental y aún nos quedaría un último toque de atención a su uso como conservador y espesante de alimentos procesados... atención por tanto a las etiquetas. ▼