

MENTACION ALCOHOLICA - CONTRACCION MUSCULAR - LIPI-
PRODUCTOS NATURALES - GLUCIDOS - FOTOSINTESIS - FER-
DOS - GRASAS Y JABONES - PROTIDOS - AMINOACIDOS - PRO-
TEINAS

HIDRATOS DE CARBONO O GLUCIDOS (1)

Son cuerpos constituidos por C, H y O en los que estos dos últimos elementos entran en proporciones justas para formar agua. Por eso se llaman también *carbohidratos*. El nombre de hidratos de carbono no es apropiado, pues no se pueden considerar como carbono hidratado. Su fórmula general es $C_x(H_2O)_y$. Sin embargo, debemos de señalar que no todos los compuestos que corresponden a esa fórmula son hidratos de carbono; por ejemplo, el formaldehído $H-COH$ y el ácido acético CH_3-COOH no lo son. Las fórmulas desarrolladas de los hidratos de carbono, nos enseñan que los átomos de hidrógeno y oxígeno están en la molécula formando varias funciones alcohólicas y en algunos también *aldehídica* o *ce-tónica*.

Son sustancias abundantes en la Naturaleza, constituyendo órganos de sostén y de reserva alimenticia en las plantas. Entre ellas tenemos sustancias tan conocidas como el *azúcar de uva* o *glucosa*, el *azúcar de caña* o *sacarosa* y la *celulosa* (forma la materia principal de la madera).

Para su estudio se clasifican en: *monosacáridos*, que se desdoblán por hidrólisis en hidratos de carbono más sencillos, *disacáridos* que se desdoblán por hidrólisis en dos monosacáridos y *polisacáridos* que se desdoblán

(1) El nombre de *glúcidos* fue propuesto por un Comité Internacional nombrado para designar los grupos principales de cuerpos orgánicos que intervienen en Biología, pero ha tenido poca aceptación entre los Químicos. Igual sucede con el de *lípidos* para las grasas, y *prótidos* para las proteínas.

(1) De *saccharum* = azúcar.

en varios monosacáridos. Estos últimos no tienen sabor dulce y son insolubles en agua.

MONOSACARIDOS

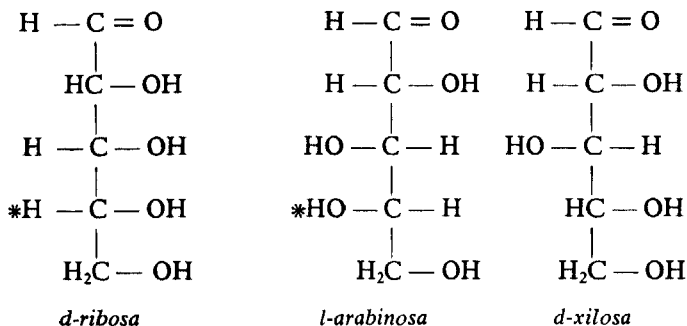
Son, como hemos dicho antes, hidratos de carbono no hidrolizables que tienen varias funciones alcohólicas y una aldehídica o cetónica. Los que tienen función aldehídica se llaman *aldosas* y los que la tienen cetónica *cetosas*. Según el número de átomos de carbono que contienen se denominan *biosas*, *triosas*, *tetrosas*, *pentosas* y *hexosas*. Las más importantes son las pentosas y las hexosas.

PENTOSAS $C_6H_{10}O_5$

Tienen una cadena con cinco átomos de carbono, de los cuales cuatro sostienen funciones *alcohólicas* y una *aldehídica*. Entre ellas, las más importantes son la *d-ribosa* (se encuentra en algunas plantas, en el hígado y en el páncreas), la *l-arabinosa* (se encuentra en la goma ará-

CUADRO 6-A

Fórmulas de pentosas

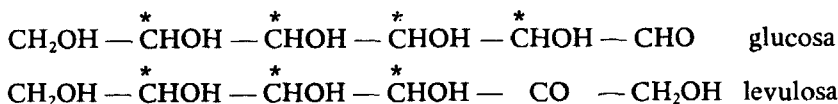


biga) y la *d-xilosa* (azúcar de madera). Las fórmulas de estos cuerpos están dadas en el cuadro 6-A. En ellas se ve que su diferencia se encuen-

tra en la diferente posición de los H y grupos OH, en la molécula. Si el carbón asimétrico (marcado con un asterisco) tiene el H a la izquierda y el grupo OH a la derecha, el cuerpo es *dextrogiro* y si lo tienen al revés es *levogiro* (1).

HEXOSAS $C_6H_{12}O_6$

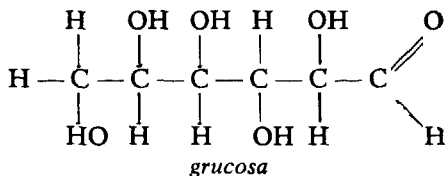
Son las más importantes. Tienen una cadena carbonada de seis átomos, cinco de ellos sostienen funciones alcohólicas y el sexto tiene una función aldehídica en las *aldosas* o el quinto una cetónica en las *cetosas*. Entre ellas se encuentra la glucosa y la levulosa. Su estructura es la siguiente:



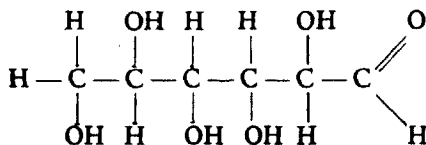
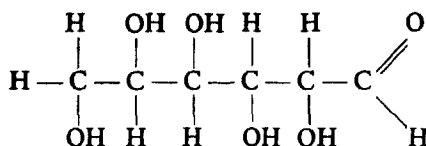
La constitución de la glucosa está probada por las siguientes reacciones:

- Por acetilación se obtiene un éster penta-acetilado. Tiene, pues, 5 grupos OH.
- Por reducción con amalgamas de sodio y agua, da un hexahidróxido. Tiene, pues, 6 átomos de carbono.
- Oxidada por agua de bromo da un ácido monobásico, el *ácido glucónico*, lo que nos prueba su función aldehídica.

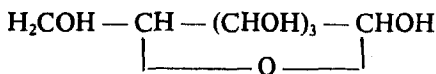
Como vemos en las fórmulas anteriores, las aldosas tienen cuatro átomos de carbono asimétricos (los marcados con asteriscos), por lo que darán $2^4 = 16$ formas ópticamente activas. Todas ellas son conocidas. Las tres que existen en la Naturaleza son las siguientes:



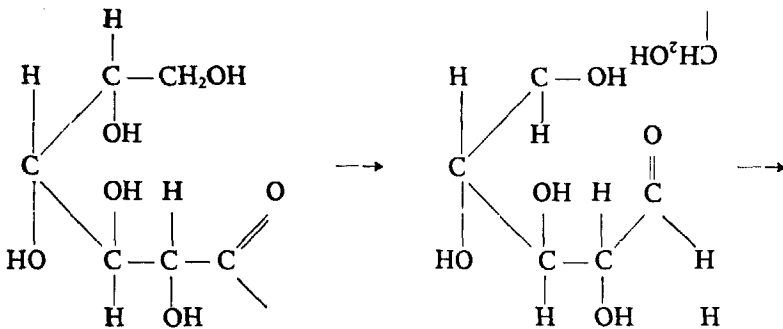
(1) Obsérvese que de las tres pentosas, la ribosa y la xilosa son las *dextro*, y la arabinosa es la *levo*.

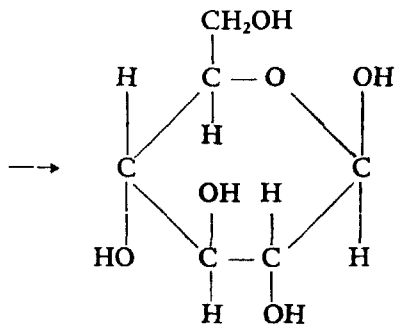
*galactosa**manosa*

Tollens, para explicar el que las aldosas no tienen todas las propiedades de los aldehídos (no colorean la fushina decolorada con sulfuroso y no se polimerizan) ni las cetosas todas las de las cetonas, no cíclicas, sugirió que en su mayor parte existen hexosas, en forma de semiacetales cíclicos. En las aldohexosas se forma el semiacetal entre el grupo aldehídico y el hidróxido alcohólico que ocupa la posición 5 en la molécula

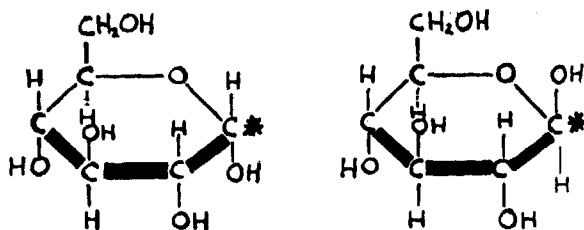
*Fórmula cíclica (semi-acetal)*

Este paso a la forma cíclica se verifica de la manera siguiente:





A esta última fórmula cíclica se le da hoy la estructura del *pirano* (anillo de cinco átomos de carbono, cerrado por un oxígeno) y se le llama fórmula *piránica*. Sin embargo se utiliza más frecuentemente la fórmula de cadena larga, pues en ella se ve mejor las propiedades de los azúcares. Además de que muchas reacciones se verifican rompiéndose primero el anillo y luego se produce la reacción.



α glucosa $[\alpha] = 113^\circ$

β glucosa $[\alpha] = 19^\circ$

Fig. 6-1. Estructuras de la α y la β glucosa

Los compuestos α y β tienen poder rotatorio y a la existencia de estos isómeros se debe la propiedad de la *mutarrotación*, que consiste en la va-

riación que sufre el poder rotatorio de una disolución de la hexosa con el

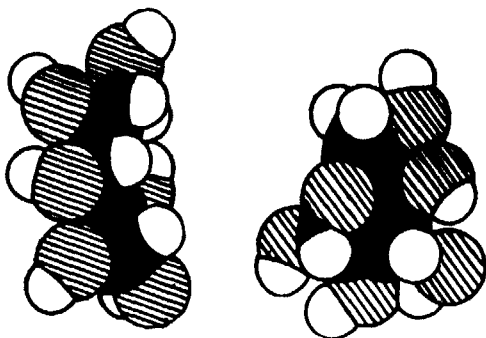


Fig. 6-2. Estructura de la β y de la α glucosa.

tiempo. Recién preparada tiene un valor $[\alpha]_D = 110^\circ$ pero dejada en disolución va disminuyendo poco a poco hasta bajar a $[\alpha]_D = 52^\circ$. La α glucosa tiene $[\alpha]_D = 110^\circ$ pero al disolverla en agua va poco a poco transformándose en la β glucosa. Cuando la disolución lleva mucho tiempo preparada, se llega a un equilibrio y entonces tiene el valor de 52° .

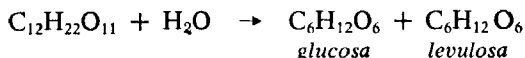
Como veremos más adelante, de estas fórmulas piránicas derivan los polisacáridos. Continúa, sin embargo, empleándose la configuración abierta para fines didácticos.

Los grupos OH se pueden esterificar o metilar, y los grupos aldehídicos o cetónicos reducir, obteniéndose así los alcoholes hexavalentes (hexitas que se encuentran en forma libre en los vegetales; por ejemplo, la *manita* (se encuentra en las hojas y frutos del olivo, espárrago, coliflor, etcétera), o la *sorbita* (se encuentra en la manzana).

GLUCOSA $C_6H_{12}O_6$

Se encuentra en la uva y otros frutos secos. Forma eflorescencias blancas en algunos frutos secos (higos, pasas, etc.). La sangre la tiene en muy pequeña cantidad (0,5 a 1 por 100) y en los diabéticos pasa a la orina por no poder ser oxidada. Se encuentra combinada con otras sustancias en los glucósidos. Los organismos vegetales la transforman en almidón y los animales en *glucógeno* (almidón muscular o hepático).

La sacarosa hirviéndola con clorhídrico diluido, se transforma en glucosa y levulosa (cetohehexosa)

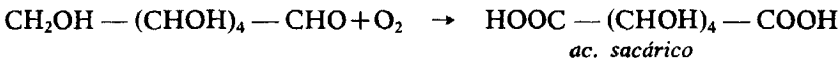
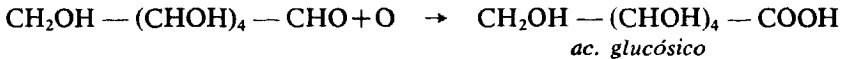


Por enfriamiento de esta mezcla, cristaliza primero la glucosa. En la industria se obtiene a partir del almidón, sometiéndole, en autoclave, a la acción de los ácidos diluidos. Se neutraliza luego el producto resultante con CO_3Ca , se filtra y por concentración del jarabe se recoge la glucosa.

La glucosa es un sólido blanco de sabor dulce, menos azucarado que el azúcar de caña. Se ha observado que los grupos $-\text{CHOH}$, $-\text{CH}_2\text{OH}$ y $-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$ dan sabor dulce a los compuestos que los tienen. Es como ya dijimos antes, dextrógira. Por ser una aldosa tiene propiedades reductoras: precipita a la plata de las disoluciones amoniacaes de sus sales y reduce el licor de Fehling, por su función aldehídica. Por la acción de la levadura sufre la fermentación alcohólica

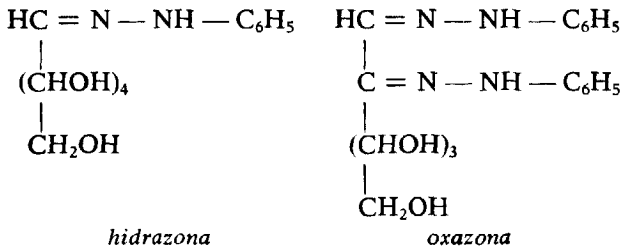


Por oxidación da primero ácido *glucónico* y una oxidación más fuerte la transforma en ácido *sacárico*



Por reducción con amalgama de sodio, se obtiene la *sorbita* (alcohol hexavalente) con un rendimiento del 50 por 100.

Reacciona con la fenilhidrazina formando primero *fenilhidrazona* y luego ésta con otra molécula de fenilhidrazona da la *oxazona*. Son estos cuerpos poco solubles en agua. Una vez purificados se puede, por la determinación de sus puntos de fusión, caracterizar el azúcar de que proceden. Las aldosas dan la misma oxazona que las cetosas.



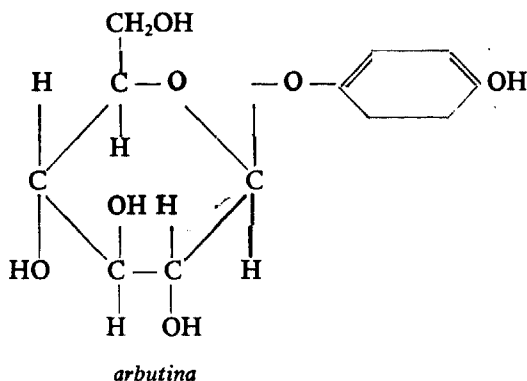
Se emplea la glucosa como edulcorante en la fabricación de bombones, jarabes, dulces, mermeladas, etc.

FRUCTOSA $C_6H_{12}O_6$

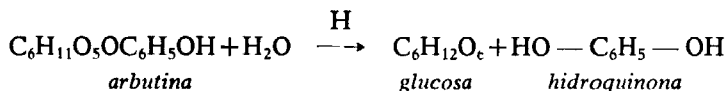
Azúcar de frutos (1), levulosa. Es sólida, soluble en agua, difícil de cristalizar. El nombre de levulosa se debe a la propiedad de desviar el plano de polarización de la luz a la izquierda, es decir, ser levogira. La *mutarrotación* se produce también en este cuerpo.

GLUCOSIDOS

Este nombre genérico designa las combinaciones de los azúcares con sustancias orgánicas; por ejemplo, el *metil-glucósido* que resulta de metilar uno de los grupos alcohólicos de la glucosa. El nombre de *glucósidos* es genérico, pues luego se emplean los específicos según el azúcar empleado; por ejemplo, galactóxidos, glucósidos, etc. Se encuentran abundantemente en las plantas. Se obtienen por la acción de los alcoholes sobre la glucosa, empleando catalizadores. Los ácidos los hidrolizan en alcohol y azúcar correspondiente, por ejemplo, la *arbutina* (glucósido de la hidroquinona).



Las plantas que los contienen suelen tener también, pero en células diferentes, el fermento y por ello cuando se maceran se ponen en contacto y se produce la hidrólisis. Para esta hidrólisis no se necesitan fermentos específicos. Así resulta que la *emulsina* y la *maltosa* hidrolizan muchos glucósidos. La emulsina sólo actúa sobre los β glucósidos y la maltosa sobre los α .



(1) De ahí le viene su nombre de fructosa.

DISACARIDOS

Son los hidratos de carbono que por hidrólisis se desdoblán en dos moléculas de monosacáridos. Los que existen en la Naturaleza dan por hidrólisis exclusivamente hexosas, teniendo por tanto la fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$. Los más importantes son la *sacarosa* o azúcar de caña o de remolacha, que por hidrólisis da una molécula de glucosa y una de levulosa, la *lactosa* o azúcar de leche, que se desdobla en una de glucosa y otra de galactosa y la *maltosa*, o azúcar de leche, que se desdobla en dos moléculas de glucosa.

Al unirse las dos moléculas de monosacáridos se forman verdaderos ésteres, bien sólo entre sus funciones alcohólicas o bien haciendo intervenir la función aldehídica o la cetónica. Así resulta que en la lactosa y en la maltosa la unión de los dos monosacáridos se verifica de forma que se conserva algún grupo carbónilo libre y por ello tienen propiedades reductoras, mientras que en la sacarosa la unión se hace a través de los grupos carbónilo y no quedando ninguno en el cuerpo resultante, éste no tiene carácter reductor

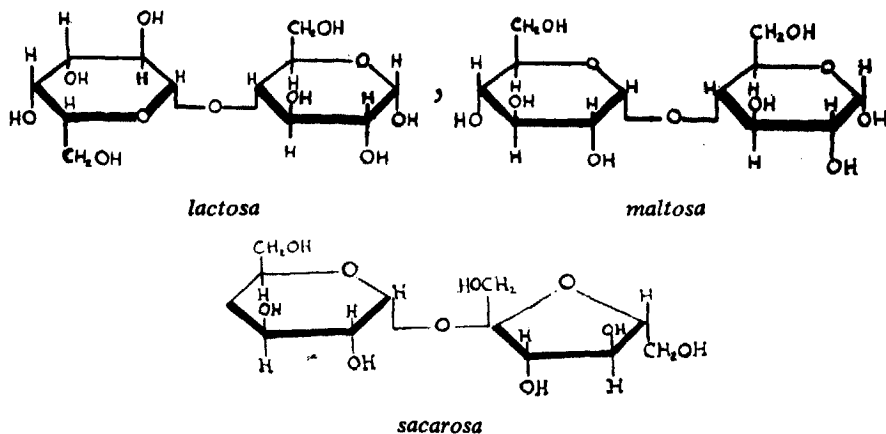


Fig. 6-3. Estructura de los disacáridos lactosa, maltosa y sacarosa

La lactosa se prepara comercialmente del suero que se obtiene en la fabricación del queso. Es soluble en agua, tiene punto de fusión = 203° (con descomposición), es reductora, dextrógira (experimenta la *mutarro-tación*). Forma oximas y oxazonas.

La maltosa se origina por la acción de la malta (que contiene diastasa) sobre el almidón. Tiene punto de fusión = 160-165°. Es reductora y experimenta la *mutarrotación*.

SACAROSA $C_{12}H_{22}O_{11}$ (azúcar de caña, de remolacha)

Es el azúcar corriente. Se encuentra en muchas plantas pero se obtiene sólo de la caña de azúcar o de la remolacha. La fabricación a partir de esta última tiene gran importancia en Aragón y la Rioja y está íntimamente relacionada a la agricultura de estas regiones. La fabricación a partir de la caña de azúcar es análoga a la empleada con la remolacha, pero como esta última tiene en nuestro país mucha más importancia, describiremos sólo su método.

Obtención

El principio en que se basa esta fabricación es sumamente sencillo pues se reduce a un fenómeno de difusión. La remolacha tiene azúcar en el interior de sus células y todo se reduce a poner rebanadas de remolacha en contacto con agua para que el azúcar pase a través de las membranas celulares, por difusión, obteniéndose así un jaraibe del cual se extrae luego el azúcar por cristalización. La difusión hay que hacerla a temperatura comprendida entre 70-80° porque sólo a esta temperatura se hace permeable la membrana celular, por coagulación de las sustancias proteicas y mucilaginosas que la acompañan. La fabricación se verifica en las siguientes fases:

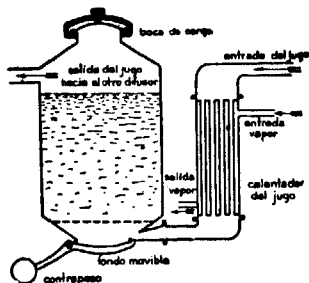


Fig. 6-4. Difusor.

1.^a *Obtención del jugo*.—Se hace en la forma indicada anteriormente.

2.^a *Purificación*.—En la difusión el agua no sólo se va cargando de azúcar, sino también de materias proteicas y ácidos orgánicos, que es necesario separar de los jugos, antes de la concentración de los mismos, a fin de que no fermenten las primeras y no produzcan la hidrólisis del azúcar las segundas. Para separar estas sustancias se agrega al jugo cal

(defecación). La cal forma combinaciones insolubles con las materias proteicas y además precipita los ácidos en forma de sales cálcicas. Ahora bien, como se agrega siempre un exceso de cal, esta forma con la sacarina un sacarato cálcico, soluble en agua. Para descomponerlo se hace pasar gas carbónico (carbonatación) que precipita la cal en forma de CO_2Ca insoluble y deja en libertad al azúcar.

3.^a *Concentración.*—A fin de que el azúcar cristalice en el jugo obtenido, hay que proceder a la concentración de éste por evaporación del disolvente, efectuando esta evaporación a presión reducida. Para hacerlo

con el mínimo gasto de combustible, se hace en baterías de múltiple efecto que consisten en un sistema de evaporadores unidos entre sí. El primer evaporador se calienta directamente con vapor, los otros se van calentando con el vapor que se escapa de la evaporación de los jugos. El vacío se hace en sentido inverso, con lo cual el evaporador que recibe menos calor es el que está con el mayor grado de vacío. Cuando el jarabe tiene consistencia suficiente para que por enfriamiento se produzca la cristalización se suspende la evaporación y se deja el zumo en vasijas a enfriar.

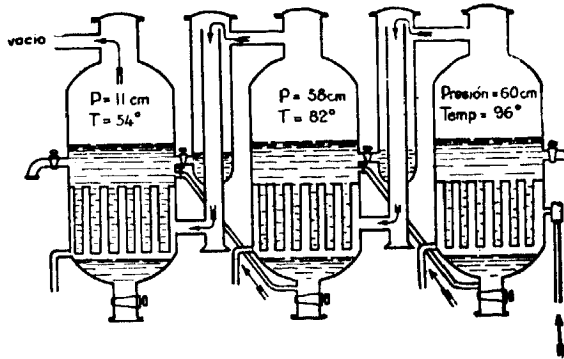


Fig. 6-5. El evaporador de la derecha se calienta con vapor directo. El segundo y tercero se calientan aprovechando el vapor que sale al concentrar los jugos de los evaporadores anteriores. El jugo recorre sucesivamente los tres evaporadores, saliendo concentrado por el de la izquierda.

4.^a *Centrifugación.*—Del jarabe ya frío y, por tanto con los cristales de azúcar formados, se separan éstos por centrifugación en tambores, formados por telas metálicas espesas, que dejan pasar el jugo a través de sus mallas, pero que retienen los cristales de azúcar formados. Los jarabes que salen de las centrífugas contienen aún bastante azúcar, que puede separarse por nueva concentración por evaporación. El azúcar así obtenido es de inferior calidad y suele estar algo coloreado. Los zumos que ya por evaporación no cristalizan más azúcar, se llaman *melazas* y como contienen aún azúcar que no se puede separar por proce-

dimientos sencillos (1) se utilizan para la fabricación de alcohol por un proceso de fermentación.

Refinación.—El azúcar obtenido en la forma descrita se somete algunas veces a la *refinación*, que consiste en lavarla con disolución saturada de azúcar, a fin de que esta disolución arrastre las impurezas adheridas a los cristales y no disuelva más azúcar. Luego se somete nuevamente a la centrifugación.

Propiedades.—Sólido blanco, muy soluble en agua y muy poco en alcohol. Funde con descomposición, transformándose en sustancia parda, de sabor amargo (*caramelo químico*). La disolución en agua es dextrogi-

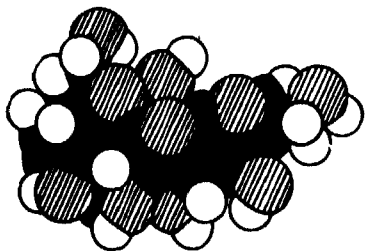


Fig. 6-6. Estructura de la sacarosa.

ra. Hervida con ácidos diluidos se hidroliza dando, como ya vimos, una molécula de glucosa y otra de levulosa. Como quiera que el poder rotatorio de la levulosa es mayor que el de la glucosa, la mezcla de ambas resulta levogira y por ello a esta hidrólisis se le llama *inversión* de la sacarosa, ya que ésta es dextrogi-
ra. Esta inversión puede producirse también por la *invertasa*, enzima producido por la levadura de cerveza.

La miel está constituida principalmente por azúcar invertida, pues las abejas tienen mucho fermento *invertasa*.

La sacarosa no fermenta directamente si no se ha invertido antes. No tiene propiedades reductoras (en la fórmula vimos, han desaparecido los grupos aldehídicos y cetónicos reductores). Por ello no reduce el licor de Fehling.

Como polialcohol, la sacarosa se une a las bases formando *sacaratos* (sucratos). Entre ellos tenemos el de calcio que tiene la particularidad de ser más soluble en agua que el hidróxido cálcico.

La sacarosa no presenta el fenómeno de la mutarrotación, ni forma oxazonas.

POLISACARIDOS

Son sustancias que resultan de la condensación de varias moléculas de monosacáridos con desprendimiento de agua. Tienen pesos moleculares

(1) En algunos países se emplean medios químicos.

muy elevados pero aún se desconoce su valor numérico. Son casi todas amorfas, insípidas, insolubles en agua, con la cual forman disoluciones coloidales. Por ebullición con ácidos diluidos se hidratan desdoblándose en monosacáridos, principalmente *pentosas* y *hexosas*.

Al unirse los monosacáridos que las constituyen, forman cadenas (de ahí su insolubilidad en el agua) y la unión la hacen perdiendo las funciones aldehídica y cetónica, por lo que carecen de propiedades reductoras. Conservan varias funciones alcohólicas y por ello pueden dar lugar a la formación de ésteres.

Las más importantes son el *almidón*, la *dextrina*, la *celulosa* y el *glucógeno*. Todas dan glucosa por hidrólisis.

ALMIDON $C_6H_{10}O_5$

Se encuentra en casi todas las plantas, acumulándose en las raíces y en los frutos. Se halla principalmente en los cereales y en la patata, que es de donde se extrae. Es el hidrato de carbono de reserva de casi todas las plantas. Las principales fuentes son el maíz, trigo, cebada, arroz y patata.

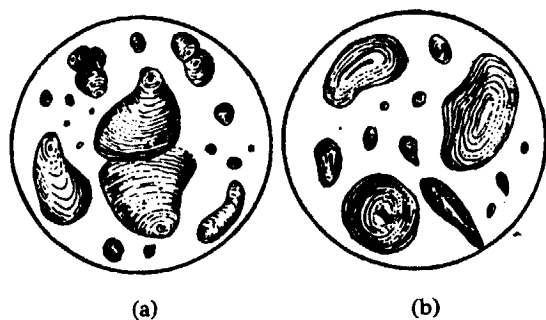


Fig. 6-7. Granos de almidón (a) y fécula (b) vistos al microscopio.

El producto se llama *almidón* si procede de los cereales y *fécula* si de la patata. Mirado al microscopio presenta la forma de gránulos de forma variada según su procedencia, lo que permite caracterizar su origen. Son estos gránulos ovoides (figura 6-11) y en forma de discos en los cereales. Están formados por capas concéntricas.

Los altos estudios demuestran que el almidón no es un cuerpo homogéneo, pues de él se ha sacado la *amilosa* (1) y la *amilopectina*. Este último cuerpo es el principal constituyente del almidón. Contiene 0,2 por

(1) Lo contienen los almidones en una proporción del 20 al 30 por 100; su cadena está desarrollada en forma de tornillo.

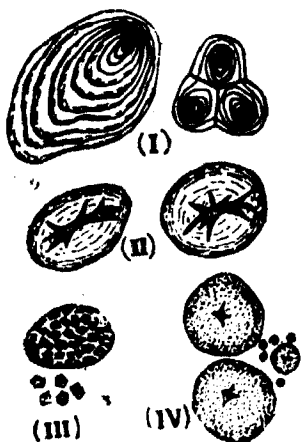


Fig. 6-8. Diferentes clases de granos de almidón vistos al microscopio.

- (I) Patata.
- (II) Haba.
- (III) Avena.
- (IV) Trigo.

ciento de ácido fosfórico, lo cual supone que de cada 300 restos de glucosa hay uno unido al ácido fosfórico. Si se metila el almidón y luego se hidroliza, se obtiene un 5 por 100 de 2, 3, 4, 6 tetrametil glucosa, y como este cuerpo sólo puede estar al final de la cadena se deduce que de cada 20 restos de glucosa hay uno al final. Esto hace suponer que la molécula de la amilopectina está muy ramificada.

El almidón lo forman las plantas por la acción de la clorofila. Más adelante, al estudiar la "Fotosíntesis" daremos los detalles de esta importantísima reacción.

Extracción.—Se hace mediante un proceso mecánico. Hay necesidad de triturar los tubérculos o las semillas, a fin de desgarrar las células en cuyo interior está contenido el almidón. Si se parte de cereales se utiliza su harina, la cual se introduce en un saquito de muselina y sumergiéndole en agua se amasa

el contenido de la bolsa. El almidón pasa a través de las mallas, produciendo una suspensión de aspecto lechoso, que por reposar deposita en el fondo el almidón. En la bolsa queda una sustancia orgánica nitrogenada que es el *gluten*. El gluten tiene algo de azufre. Se emplea para fabricar el pan que toman los diabéticos y para fabricar pastas alimenticias.

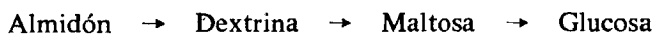
Para extraer la fécula de la patata, se tritura ésta mecánicamente con un rallador, hasta formar una pulpa fina. Esta se deja en un tamiz y a su través se deja pasar un chorro de agua que arrastra los gránulos de fécula y retiene los fragmentos de membranas celulares.

Propiedades.—Es una sustancia blanca, amorfa, insoluble en agua. Los gránulos de almidón están cubiertos por una capa de amilopectina (compuesto de almidón y ácido fosfórico) que hace que el almidón no sea soluble en agua y quede en suspensión. Si esta suspensión se calienta los gránulos se hinchan hasta romper la membrana que los envuelve y el almidón, poniéndose en libertad, forma una pseudodisolución, un gel coloidal espeso, que es el *engrudo de almidón*. La existencia de esta membrana esta confirmada por el hecho de que la planta cruda no puede ser

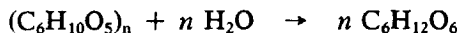
asimilada por no tener acción el jugo gástrico sobre esta membrana. En cambio, al hervir el tubérculo, los granos se hinchan de tal forma que rompen la envoltura y entonces el almidón puede ser ya digerido.

La disolución coloidal de almidón posee, además de este cuerpo llamado *amilosa*, pequeñas cantidades de *amilopectina* de la envoltura de los gránulos que le comunican la propiedad de gelatinizarse por la acción del calor formando el engrudo de almidón. Si se trata el almidón por lejías alcalinas o ácidos, se separa el ácido fosfórico, de la amilopectina y queda entonces sólo el almidón (amilosa). Hay dos amilosas, la α amilosa (10-20 por 100), soluble en agua caliente, y la β amilosa o *amilopectina* (80-90 por 100), insoluble en agua. La primera da con el yodo color azul y la segunda color violeta. La amilosa consta de cadenas sencillas y la amilopectina de cadenas ramificadas. La amilosa no forma engrudo quedando por tanto al enfriar en disolución coloidal; es el almidón que se encuentra en el comercio con el nombre de almidón soluble.

Si se calienta el almidón a 200° se transforma en dextrina. Esta misma transformación la verifican las diastasas (amilasas) (1), que se desarrollan por germinación en las semillas. Estas *diastasas* (2) no sólo transforman el almidón en dextrina, sino que ésta, a su vez, se transforma en *maltosa* (isómero de la sacarosa), y ésta, por la acción del enzima, se hidroliza dando la glucosa



Hirviendo el almidón prolongadamente con ácidos diluidos se verifica su hidrólisis, transformándose en dextrina primero y luego en glucosa



Los enzimas de la saliva y del jugo pancreático degradan también al almidón a glucosa, que luego se transforma en glucógeno sin que se sepa, hasta ahora, cómo se produce esta fermentación.

Si se trata el almidón por lejías alcalinas o por ácidos se separa el ácido fosfórico de la amilopectina y queda entonces sólo la amilasa que no forma engrudo quedando, por lo tanto, al enfriar en disolución coloidal; es el almidón que se encuentra en el comercio con el nombre de almidón soluble.

(1) *Amylasis* = almidón.

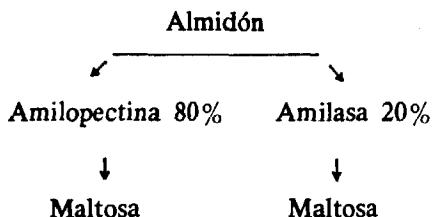
(2) Significa degradante.

El almidón que tomamos como alimento, pan, arroz, patata, los transforman los fermentos existentes en el aparato digestivo (amilasas) en azúcar y en esta forma llegan al torrente circulatorio sanguíneo.

La coloración que da el almidón con el yodo parece es debida a un compuesto de adición sin composición definida. Este compuesto se disocia por la acción del calor, desapareciendo por tanto la coloración, que vuelve a aparecer al enfriarse. En confirmación de esta hipótesis está el hecho de que el alcohol destruye la coloración por disolver el yodo.

CONSTITUCION DEL ALMIDON

Los dos constituyentes del almidón, *amilopectina* y *amilosa*, por la acción del fermento *amilasa* (que se encuentra en la malta de cebada germinada) se disgregan en maltosa



La maltosa, como se ve en la figura 6-1, está compuesta de dos moléculas de α glucosa unidas por sus carbonos 1 y 4

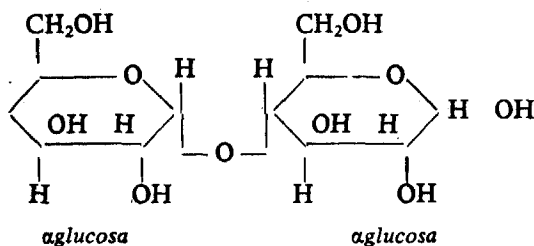


Fig. 6-9. Fórmula de la maltosa.

Por ello se le asigna al almidón la siguiente fórmula de estructura

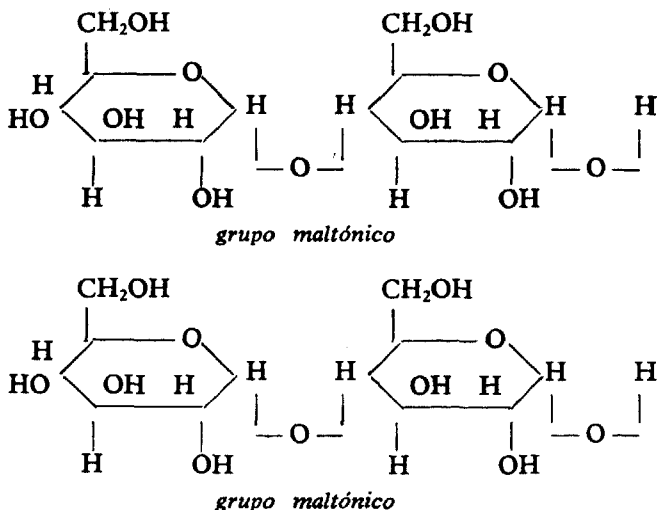


Fig. 6-10. Fórmula del almidón.

La configuración de esta cadena que en la molécula aparece es de forma de resorte helicoidal.

DEXTRINAS

No son compuestos químicos definidos. Son términos intermedios entre el almidón y la glucosa. Se produce al hidrolizar el almidón. Se puede reconocer cuando la transformación ha sido total por la coloración roja que dan las dextrinas con el yodo. El almidón sabemos da coloración azul. La glucosa no da coloración alguna. Industrialmente se obtiene la dextrina calentando el almidón a unos 200°.

Son sólidos blanco amarillentos amorfos, de aspecto gomoso, solubles en el agua. Su disolución es dextrogiro y de ahí su nombre. Precipitan con el alcohol. No fermentan con la levadura, ni reducen el licor de Fehling.

Al cocer el pan, el almidón de la superficie, se transforma en parte en dextrina. Al planchar una tela amidonada se produce también este paso y de ahí el brillo de cuellos, pecheras y puños duros.

Se emplea en sustitución de las gomas para pegar las hojas de tabaco, en el apresto de los tejidos, etc., etc.

GLUCOGENO

Es el carbohidrato de reserva de los animales. Se encuentra principalmente en el hígado (un 13 por 100) y en los músculos de los animales constituyendo un fondo de reserva, pues cuando el animal lo necesita lo hidroliza a glucosa. Tiene un peso molecular grande y su estructura es la misma que la de los almidones vegetales. Es un cuerpo sólido blanco, soluble en agua caliente e insoluble en alcohol. Es muy semejante a la amilopectina, tanto que algunos la consideran idéntica. Con el yodo da color pardo o violeta que recuerda al de la dextrina.

PECTINAS

Forman los tejidos de las frutas y al cocer éstas es la sustancia que forma la jalea.

INULINA

Es un polisacárido de reserva de muchas plantas, principalmente de la familia de las compuestas (dalias, diente de león). Con agua caliente forma una disolución coloidal que por enfriamiento forma un gel. Los ácidos la hidrolizan a d-fructosa y por ello su estructura está basada en este cuerpo. Su fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n \cdot H_2O$. Su P_m parece es alrededor de 5.000 o sea unas 30 unidades.

GOMAS

Son polisacáridos que se encuentran abundantemente en algunas plantas, de las cuales se extraen haciendo incisiones en sus tallos. Con el agua se disuelven, dando líquidos pegajosos. Hervidas con ácidos diluidos dan hexosas y pentosas.

FERMENTACION ALCOHOLICA

Hace ya muchos años era conocida la obtención del alcohol a partir de la glucosa y la del vinagre a partir del vino. Se les llamó a estos procesos *fermentaciones* (de *fermentare* = hervir), pues en ellos se desprenden gases, por lo que daban la impresión de que el líquido hervía. Se sabía también que estas fermentaciones estaban provocadas por organismos celulares que actuaban sobre las sustancias por *fuerzas vitales*. Fue Pasteur quien demostró que estas transformaciones eran manifestaciones vitales de los fermentos, pero Buchner trituró la levadura con arena y filtrando el líquido resultante, pudo con él producir fermentaciones. Probó, por tanto, que las fermentaciones no eran procesos vitales, sino que estaban producidos por sustancias contenidas en las células vivas. Se dio el nombre de *enzimas* (del griego *zyme* = levadura) a los microorganismos que las producían y hoy por ello ya no se habla de fermentos sino de levaduras. Se han llegado a obtener cuatro enzimas cristalizadas (ureasa, pepsina, tripsina y amilasa). Si se dializa la zimasa pierde su poder fermentativo, pero lo recupera si se une el dializado con la levadura.

Las levaduras son variedades de hongos, plantas parásitas que se nutren de sustancias orgánicas. Las que se emplean en cervecería y en panadería, son del género *Sacharomyces* (del griego *sakarum* = azúcar y *mikes* = hongo). Se les dio este nombre por actuar en medios azucarados. Hay varias clases de enzimas clasificándose según la función que realizan. Algunas necesitan para realizar su función la adición de sustancias inorgánicas u orgánicas.

La cantidad de enzima que se produce en la fermentación depende de la del fermento que existe y por ello se cuidan las composiciones de las sustancias fermentescibles a fin de que sea grande la cantidad de fermento que se produca.

Estudiaremos en particular la *fermentación alcohólica*. En ella se produce alcohol por degradación de hidratos de carbono (féculas, trigo, maíz o compuestos derivados de la celulosa como madera, leñas, bisulfíticas de su tratamiento).

El proceso de la fermentación alcohólica reducido a su más simple

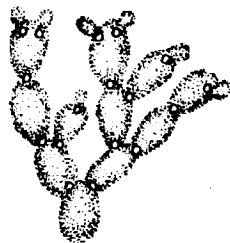
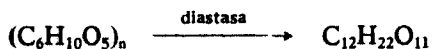
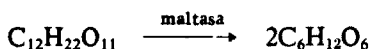


Fig. 6-11. Forma helioidal del *sacharomyces cerevisiares*.

expresión es el siguiente: el carbohidrato que se quiere sufra la fermentación se trata con malta, que lo transforma en maltosa



Esta, por la acción del fermento *maltasa* (lo contiene la levadura de cerveza), se transforma en glucosa

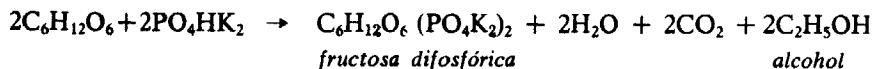


y ésta es la que sufre la fermentación alcohólica según la siguiente reacción:

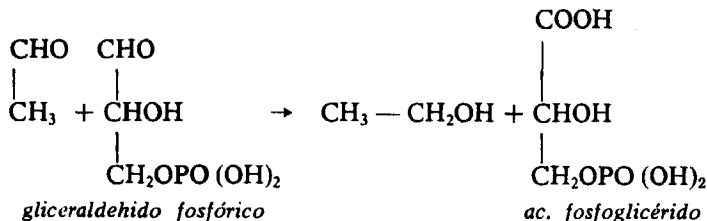


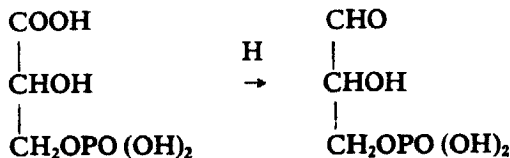
Esta ecuación es exotérmica y la energía producida queda en parte en los compuestos que se han formado, otra se emplea en la formación de compuestos fosforados intermedios, como veremos a continuación y el resto en la elevación de temperatura de los líquidos de fermentación, que tiene siempre temperatura superior a la del ambiente.

Para que se verifique la fermentación alcohólica es necesaria la presencia de ácido fosfórico. La anterior reacción (I) no es tan sencilla como la hemos expresado. En realidad se verifica la siguiente:



Los compuestos fosforados que se forman son varios, pues el fosfórico va pasando de unos a otros. Ya casi al final se produce el gliceraldehído fosfórico 3, el cual da el alcohol y el ácido fosfoglicérico que vuelve al ciclo





Estos ésteres fosfóricos fácilmente transformados unos en otros aparecen también en el metabolismo del músculo.

FOTOSÍNTESIS

Es el estudio de la asimilación del gas carbónico del aire, efectuada por la clorofila, de las partes verdes de las plantas. Estas absorben además, a través de sus raíces, el agua y las sales que necesitan para formar sus componentes, de las que existen en los terrenos donde se cultivan.

La fotosíntesis es el fenómeno químico más importante que se produce sobre la Tierra. La energía necesaria para la asimilación del gas carbónico la toman las plantas principalmente de la luz solar, pero no exclusivamente, pues hay también fijación del carbónico en la oscuridad, aunque ésta sea menor que la producida durante el día. De la luz solar utilizan las plantas principalmente las radiaciones rojas, anaranjadas y amarillas. Las verdes no tienen acción ninguna y las azules y violetas la tienen muy pequeña. Aumenta la fotosíntesis con la intensidad de iluminación y también con la temperatura.

Se ha visto que después de exponer la planta a una iluminación que dure 0,0001 de segundo, la liberación de oxígeno continúa después en la oscuridad hasta 0,02 de segundo. Experimentos recientes han demostrado que no todas las moléculas de clorofila expuestas a la acción de la luz desprenden oxígeno, sino tan solo una de cada 2.000. Este resultado sorprendente se ha explicado suponiendo que de todas las moléculas de clorofila que tenga la planta, únicamente actúan las que tienen enzimas y éstas son precisamente las que completan el ciclo en la oscuridad. Al recibir la planta la luz hay formación de compuestos intermedios inestables. Estos compuestos intermedios desprenden oxígeno y gas carbónico en la oscuridad.

Para que una planta pueda asimilar 1 gramos de carbono es necesari-

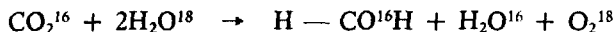
rio que absorba el contenido de 6.250 litros de aire. Con el carbónico absorbido y el agua llevada a las hojas por la savia, forman la plantas sus hidratos de carbono, según la ecuación siguiente:



Se cree que esta reacción se verifica en dos etapas: primera hay liberación de hidrógeno del agua, que se fija a un aceptor y luego se verifica la hidrogenación del CO_2 , produciéndose los hidratos de carbono.

Como el formaldehído tiene la misma composición centesimal que los hidratos de carbono, se le considera como producto intermedio en la serie de hidratos de carbono, se le considera como producto intermedio en la serie de reacciones que se verifican.

Para conocer íntimamente la reacción anterior se ha operado con agua sintetizada con O^{16} (oxígeno radiactivo) y se ha llegado a demostrar que esa reacción se produce en la forma siguiente:

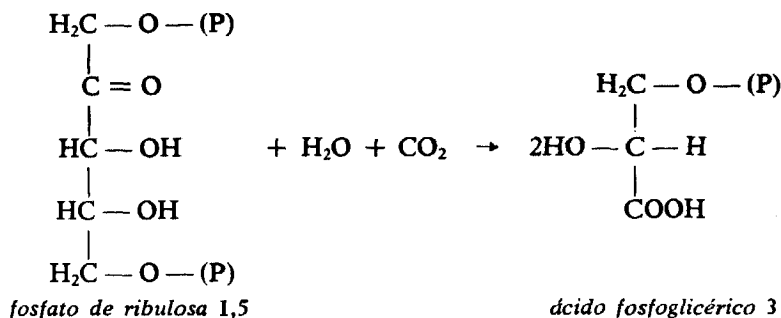


la cual prueba que el oxígeno que entra en la formación de los carbohidratos procede totalmente del gas carbónico y el oxígeno liberado procede del agua.

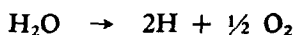
El estudio de los productos intermedios que se forman en la fotosíntesis, antes de llegar a los hidratos de carbono, se ha hecho en algas, que tienen la ventaja de poder cortarlas en trozos que metidos en alcohol caliente queda interrumpido el proceso químico que en ellas se verifica. Hoy la explicación que se admite del fenómeno fotosintético es la que dio Calvin en 1961 (1). Llegó a probar se forman hasta doce compuestos distintos de los cuales el que parece tiene una enorme importancia es el ácido *fosfoglicérico*. Se admite hoy que el producto más primitivo que se

(1) Por este trabajo se le concedió el premio Nobel.

forma es el *fosfato de ribulosa*, que es el que absorbe el gas carbónico del aire dando lugar al ácido fosfoglicérico



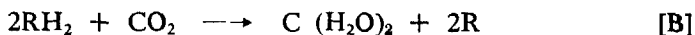
El agua absorbida del suelo por las raíces la descompone la clorofila de la siguiente manera:



y el hidrógeno que aparece es el que reduce el ácido fosfoglicérico a glicer aldehído, el cual por condensación forma la hexosa.

La clorofila está en las plantas en el interior de corpúsculos microscópicos (*cloroplastos*) que no son visibles por el microscopio pero que han sido revelados por el microscopio electrónico. Hull (1) dio una teoría que variaba por completo el esquema que se tenía hasta entonces de la fotosíntesis, pues demostró que esos cloroplastos podían liberar oxígeno pero eran incapaces de reducir el gas carbónico. Consideró había dos sistemas enzimáticos que eran independientes, la *clorofila* y los *cloroplastos*. Estos últimos sin la clorofila, podían asimilar el CO_2 y en cambio la clorofila sin cloroplastos no lo puede hacer.

Se ha visto que hay organismos capaces de reducir el CO_2 por la acción de la luz, pero sin el empleo del agua como elemento reductor. En sustitución de ésta emplean el SH_2 . Esos organismos (bacterias purpúreas) constan de un pigmento verde y otro rojo y dan lugar a la siguiente reacción



(2) Por Griffins.

R puede ser igual a S. Esta ecuación es más general que la [A].

Si en ella hacemos $R = O$ tendremos la fotosíntesis clásica.

De acuerdo con estas ideas, Niel supuso que las bacterias purpúreas y las verdes fueron las que formaron las plantas en los sitios de la Tierra donde había sustancias reductoras (SH_2 , SC, H) y esta reacción sería la forma más primitiva de vida en la Tierra. La energía utilizada no sería la luminosa sino la química. Se comprobó esta teoría por Griffins, privando de oxígeno a determinadas algas verdes y viendo que podían realizar la síntesis corriente.

Wilstäter demostró que el pigmento verde de las plantas estaba formado por una mezcla de dos sustancias, la α y la β clorofila.

Es curioso señalar que la clorofila, que como sabemos, es el pigmento verde de las plantas, tiene una estructura semejante a la de la hemina, pigmento de la sangre (fig. 6-?). En ellas vemos en las figuras que la diferencia grande entre clorofila y hemina está en que en la primera hay Mg en su constitución y en la segunda Fe. La clorofila se considero durante mucho tiempo como agente único para la fotosíntesis, pero recientemente se ha encontrado algas rojas que son más eficaces que la clorofila (1).

ALBUMINOIDES O PROTIDOS

Idea general.—Juntamente con las grasas y los hidratos de carbono, son los albuminoides o prótidos las sustancias más importantes de los organismos. Se encuentran en la mayoría de las células del organismo animal y también están presentes en las plantas.

La *albúmina* de la clara de huevo, la *caseína* de la leche, la *hemoglobina* y la *fibrina* de la sangre, el *gluten* de los cereales, la *gelatina*, que se obtiene hirviendo huesos con agua, etc., pertenecen al grupo de sustancias proteicas (2) o albuminoideas (3). Modernamente se las asigna el nombre de prótidos. Son las sustancias más importantes de la materia viva, pues el protoplasma es fundamentalmente albuminoideo. Todas contienen C, H, O y N y algunas también P, S y otros elementos.

La variedad es tal que se supone que no sólo cada organismo sino también cada célula tiene albuminoides específicos. La separación una de

(1) Se calcula que el 90 por 100 de la fotosíntesis mundial la realizan las algas marinas en lugar de las plantas verdes.

(2) Del personaje mitológico Proteus que podía adoptar innumerables formas.

(3) Por ser todas muy semejantes en su composición y propiedades a la albúmina de la clara de huevo.

otras es muy difícil y por ello su estudio ha sido muy penoso. Desde luego se distinguen dos grupos: *albuminoides sencillos* o *proteínas* y *albuminoides complejos* o *prótidos*. Estas últimas constan de una proteína y de otra sustancia no protéica.

Hidrolizando las proteínas dan como productos finales diversos aminoácidos, por lo que se llega a la conclusión de que los aminoácidos estaban en la sustancia protéica y no son productos artificiales formados por la disgregación. El aislamiento de estos es muy difícil y la cristalización fraccionada más difícil aún de realizar. Fisher consiguió destilar los ésteres de los aminoácidos sin descomponerlos. La hidrólisis alcalina da buenos resultados pero con frecuencia se produce una racemización (1).

El número de aminoácidos encontrados en las distintas proteínas es relativamente reducido: tan sólo unos 30, de los cuales son esenciales al hombre sólo 10. La deficiencia de cualquiera de ellos impide el crecimiento de los animales jóvenes y hasta puede causar la muerte.

Todos tienen el grupo amínico NH_2 en posición α al grupo carboxílico COOH . Entre ellos tenemos los siguientes:

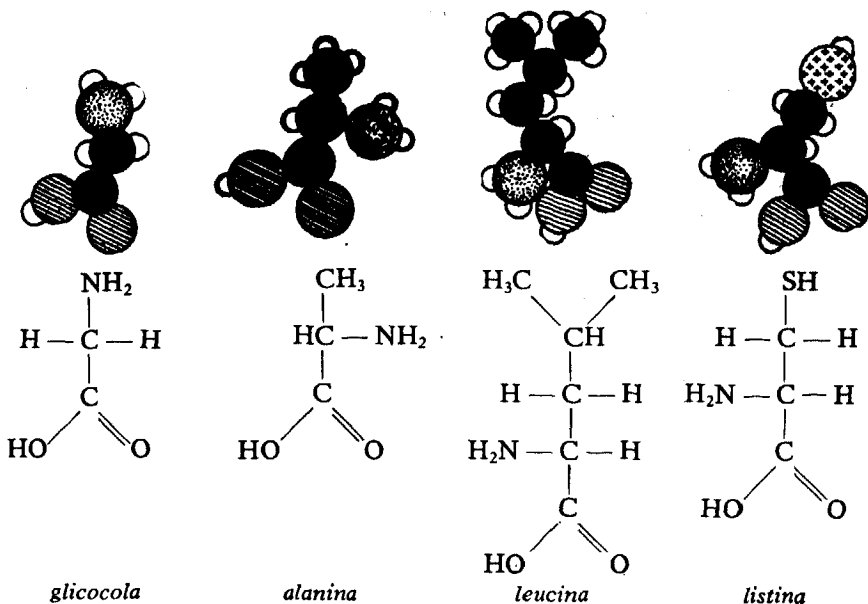


Fig. 6-12. Estructura y fórmulas de cuatro de los aminoácidos esenciales

(1) Paso de un isómero ópticamente activo a un racemato.

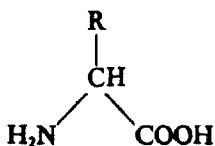
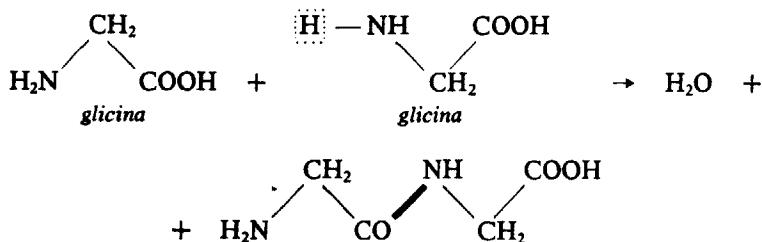


Fig. 6-13. Fórmula general de un aminocido.

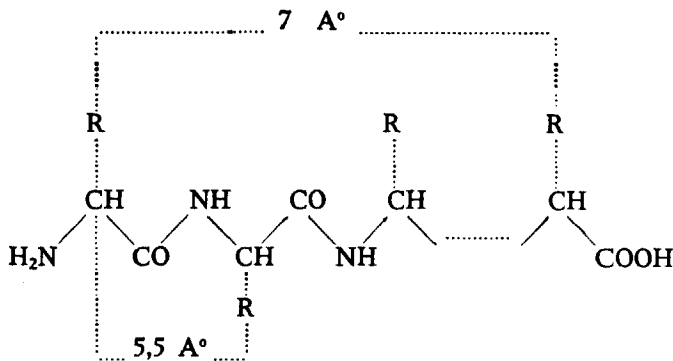
Observando las fórmulas de los cuatro aminoácidos anteriores se podrá considerar como fórmula general la siguiente (fig. 6-7).

Dado el carácter básico del grupo NH_2 y el ácido del COOH , todos los aminoácidos son anfóteros y pueden reaccionar entre sí como un ácido y como una base cualquiera para formar, con separación de agua, cuerpos mixtos llamados *dipéptidos*. Así:



La raya gruesa indica el enlace entre los dos aminoácidos y recibe el nombre de *enlace peptídico*.

Como en los dipéptidos queda libre un grupo amínico y otro carboxílico, el carácter anfótero persiste, lo cual consiente la repetición de nuevas uniones peptídicas con otras moléculas de aminoácidos. De esta manera se forman tripéptidos, tetrapéptidos y polipéptidos más o menos largos



Al parecer, los aminoácidos integrantes de las moléculas proteicas se encuentran unidos en la forma zigzagueante del esquema (cadenas polipéptidas).

Dado este modo de unión se comprende que con un número reducido de especies de aminoácidos pueda resultar una variedad enorme de especies albuminoideas, tanto más cuanto que un mismo aminoácido puede entrar varias veces en la misma molécula y puede además unirse en distinto orden. Así se explica la variedad tan grande de proteínas que existen; ya hemos dicho antes que las hay específicas no sólo de los individuos sino de las células. Algunas, aunque químicamente parecen idénticas, muestran propiedades diferentes; así se distingue la proteína del plasma de un perro de la de un caballo o de la del hombre.

Las sustancias albuminoideas tiene, como se ve, una estructura comparable a la de los polisacáridos, pues como estos constan de un número grande de miembros con los que forman cadenas.

Los polipéptidos están formados por cadenas de eslabones iguales o parecidos. En unos estas cadenas están pegadas unas a otras en sentido rectilíneo y por ello adquieren la forma de fibras (proteínas fibrosas, tendones, pelos, seda). En otras estas cadenas están ovilladas (globulinas), y por ello pueden fácilmente trasladarse de un lugar a otro en los procesos biológicos. Son más complicadas que las fibrosas y muy inestables. Estas últimas son generalmente solubles en agua. Se incluye en este grupo a la albúmina de huevo.

El problema de la estructura de las proteínas es de enorme importancia para la Medicina. Un conocimiento más profundo que el actual sobre la estructura, daría facilidades para atacar problemas importantes en Medicina.

Estudios hechos con rayos X, de pelos, seda y tendones han demostrado diferentes estructuras. Estudiando por este método las proteínas fibrosas, se demostró que su constitución era análoga a la de las sustancias antes citadas. Esta analogía hizo suponer que la configuración de las cadenas de polipéptidos era la misma. Veamos primero la de A. D. N. (1) (figura 6-15). En ella F representa el fósforo y A el azúcar (2-desoxi-ribosa). Estas cadenas en hélice están arrolladas unas sobre otras como se hace con

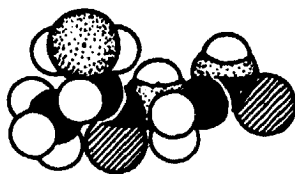


Fig. 6-14. Estructura de un dipeptido, alanina, glicina.

(1) Acido Desoxido Nucleíico.

una cuerda para arrollarla a un eje imaginario, estando unidas entre sí por bases nitrogenadas que las sujetan en forma de hélice. Los cuerpos de unión son A (adenina), C (citoxina), G (guanidina) y otros.

Al estudiar proteínas tan diferentes como la del pelo, uñas, músculo, epidermis y el fibrinógeno se obtienen imágenes semejantes, lo que sig-

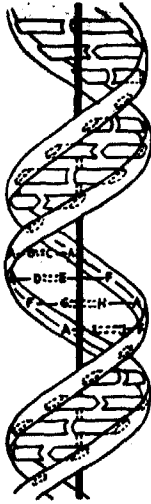


Fig. 6-15. Estructura del A.D.N. Son dos cadenas de A.D.N. enlazadas en una doble hélice. A lo largo de ella hay fósforo F y azúcares A. Los dos lazos están unidos por bases nitrogenadas A, C, G y otras.

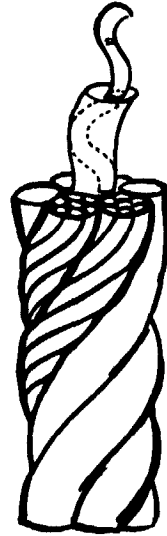


Fig. 6-16. Los helicoides se retuercen como los cabos de una maroma.

nifica que su estructura es la misma. Otras proteínas, seda, tendones, dan imágenes distintas por lo que supone que hasta siete de esas hélices están retorcidas alrededor de una de ellas (fig. 6-16). Cada hélice es una cadena de polipéptidos. El conjunto forma una maroma de dimensiones pequeñísimas. Se calcula de unos 90 Å.

La constitución de algunas proteínas es aún más complicada de la que hemos explicado, pues las hay que están combinadas con sustancias distintas; por ejemplo, la caseína de la leche, que tiene ácido fosfórico (fosfoproteidos), la hemoglobina de la sangre, que tiene un cuerpo coloreado

(cromoproteidos). Las sustancias mucilaginosas (saliva, baba, etc.), tienen albúmina combinada a azúcares.

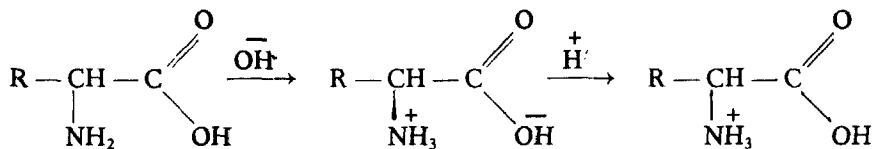
PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS

Las proteínas son cuerpos blancos amorfos que secadas dan masas más o menos amarillentas, como la hemoglobina. Algunas son solubles en agua, como la caseína de la leche y la albúmina de la clara de huevo. Algunas de estas solubles pierden esta propiedad a temperatura elevada o por la acción de fermentos (*gelificables*); por ejemplo: La albúmina se cuaja (queda *desnaturalizada*). Otras se disuelven en disoluciones salinas. La solubilidad en agua se explica por poseer gran número de grupos polares como el carboxílico —COOH, el amínico —NH₂ y el péptido —CONH, pues estos presentan gran tendencia a unirse con las moléculas también polares del agua y, por tanto, a disolverse en ella. En general se disuelven en los ácidos y en las bases. Las disoluciones acuosas tienen carácter coloidal por su elevado peso molecular; producen espuma al agitarlas (clara de huevo batida). Son sumamente sensibles, alternándose con facilidad por numerosos agentes (calor, alcohol, bases, presiones elevadas, luz ultravioleta y hasta en algunos casos por simple agitación. El cambio que experimentan se llama *desnaturalización* y es de naturaleza desconocida. Las proteínas desnaturalizadas son menos solubles, pierden su actividad fisiológica, se afecta su P_m, disminuyendo y disminuye también el número de grupos ácidos y básicos, probablemente por reacciones internas. El proceso de desnaturalización es muchas veces reversible y por ello es difícil su estudio por el experimentador. Al ser extraídas del cuerpo vivo, se desnaturalizan de aquí la dificultad de su estudio.

Un calor fuerte coagula las disoluciones de proteínas (huevo cocido). Las sales las precipitan en forma de copos (coagulación). La concentración necesaria para producir la precipitación varía de unas a otras, utilizándose esta propiedad para separarlas.

Los fermentos atacan a algunas proteínas, por ejemplo: la *pepsina* del estómago ataca a la albúmina muscular transformándola en peptona. Luego en los intestinos, en medio alcalino, la tripsina degrada esas peptonas hasta polipéptidos que a su vez los fermentos existentes en la pared intestinal los degrada hasta aminoácidos que entran en el torrente circulatorio, volviendo a formar albuminoides de distinta naturaleza según el organismo en que actúen.

Las proteínas por tener en su constitución grupos ácidos (carboxílicos) y grupos básicos (*amínicos*) son sustancias anfóteras, no ionizables. Los campos eléctricos actúan de distinta manera según sea su disolución ácida o alcalina. En el primer caso son atraídos por el cátodo, y en el segundo, por el ánodo. En cada aminoácido la ionización ácida y la básica son iguales y este punto de *pH* se llama punto *isoeléctrico*. Ultimamente se ha demostrado que los aminoácidos alifáticos son iones dipolares que tienen una carga positiva y una negativa



Todos los aminoácidos que entran a formar parte de las proteínas tienen un átomo de carbono asimétrico, el que sostiene la función amínica (carbono α) y, por tanto, son ópticamente activos. Esto significa que cada aminoácido tiene potencialmente dos formas estereoisómeras, una *dextrógira* y otra *levógira*. Es sumamente interesante el hecho de que en los organismos sólo se presenta una de estas (la levógira).

El peso molecular de las proteínas, determinado por ultracentrífuga, es siempre elevado, múltiplo de 17.600. Así el de la *evoalbúmina* es 4.8 y hasta 16 veces 17.600. En general el peso molecular será $n \times 17.600$, pudiendo ser $n = 1, 2, 3, \dots 16, 48, 96, 192$ ó 384. Esta última que es la mayor tendrá $P_m = 384 \times 17.600 = 6.124.800$. Las albúminas son, pues, cuerpos *macromoleculares*. Por ello bajo la influencia de fuertes campos gravitatorios (centrífugas) se sedimentan de sus disoluciones, dependiendo la velocidad de sedimentación del tamaño de las partículas. La determinación de ese peso molecular no fue nada fácil hasta que se aplicó el método de centrifugación de que antes hemos hablado.

CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS PROTEICAS

Como hemos dicho al principio se distinguen dos grupos: A Los *proteidos sencillos* o *proteínas*, y B los *prótidos complejos* o *proteidos*.

A) *Proteínas*: Se clasifican a su vez en dos grupos: *fibrosas* y *solubles*.
Fibrosas.—Se encuentran enroscadas unas a otras según vimos en la

página 2687. Hay otras en las que las cadenas están ovilladas (*globulinas*) y a esta estructura se debe el que puedan trasladarse de un lado a otro en los procesos biológicos. Se caracterizan en su insolubilidad en disolventes neutros. Constituyen la materia de sostén de los animales, haciendo, por tanto, el mismo papel que la celulosa en las plantas. Se encuentra en este grupo el *colágeno*, constituyente de la mayor parte de los tejidos conjuntivos, cartilagenosos y óseo. Recibe este nombre porque por coción se transforman en cola. Se disuelven en agua caliente formando un coloide que al enfriarse se solidifica.

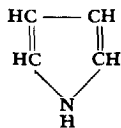
Entra también en este grupo la *queratina* integrante de la sustancia córnea de los vertebrados (capa córnea de la epidermis) y sus derivados callos, cuernos, pezuñas, uñas, pelos y plumas). Es indigerible y contiene mucho azufre. Se disuelven en los sulfuros y por ello se emplean los de calcio y bario como depiladores.

Proteínas solubles.—Las más importantes son las *albúminas*. Son solubles en agua. Contienen azufre. Algunas se conocen cristalizadas. Las más conocidas son la *ovoalbúmina* de la clara de huevo, la *seroalbúmina* del suero sanguíneo y la *globina* de la hemoglobina de la sangre.

Hay también proteínas derivadas que son productos de desdoblamiento incompleto de las proteínas, antes de llegar a disolverse en aminoácidos. Se consideran como polipéptidos elevados. Poseen ciertas propiedades de las proteínas, pero carecen de otras, como coagulabilidad. Se forman en el estómago por la acción de la pepsina del jugo gástrico sobre las proteínas de los alimentos. La más importantes son las *peptonas*.

B) *Proteidos*.—Se componen de una proteína de carácter básico y un compuesto no albuminoideo de carácter ácido (grupo *prostético*). Pertenecen a este grupo el *caseinógeno* de la leche que se encuentra disuelto en forma de sal cálcica y al que se debe la coagulabilidad de la leche; los *glucoproteidos* en los que el grupo prostético tiene ácido sulfúrico; tienen misión protectora y se encuentran en las mucosas (bucal, nasal y digestiva) y en los tegumentos (peces y caracoles). También pertenecen a este grupo los *chromoproteidos* en los que el grupo prostético es un pigmento orgánico heterocíclico cuyo núcleo está formado por cuatro anillos pirrólicos (1) unidos entre sí mediante grupos $—CH=$ y que tienen la particularidad

(1)



Es una base secundaria.

de llevar un metal en su molécula. A este grupo pertenece la *hemoglobina* de la sangre y la *clorofila*. En el primero el grupo prostético es la *hemina* y el metal un átomo de hierro al (fig. 6-20) cual se debe el papel de la hemoglobina en la respiración, pues combinándose con el oxígeno, en los

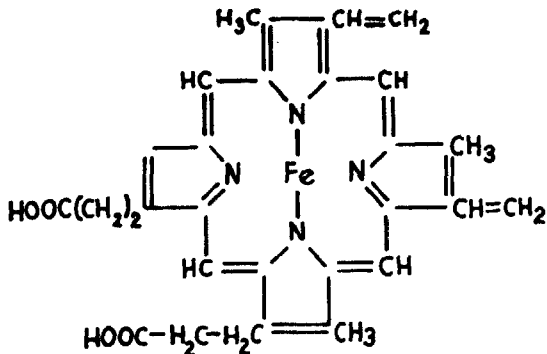
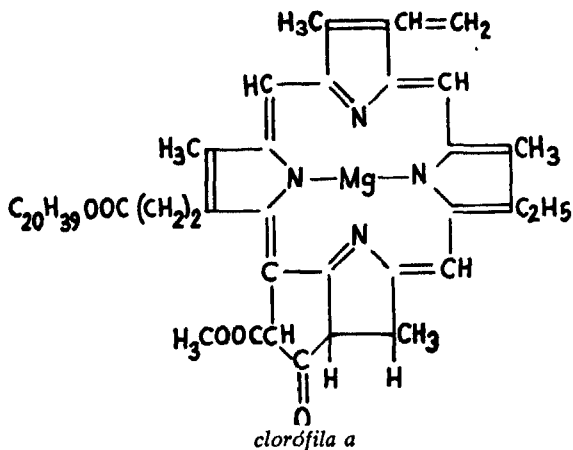
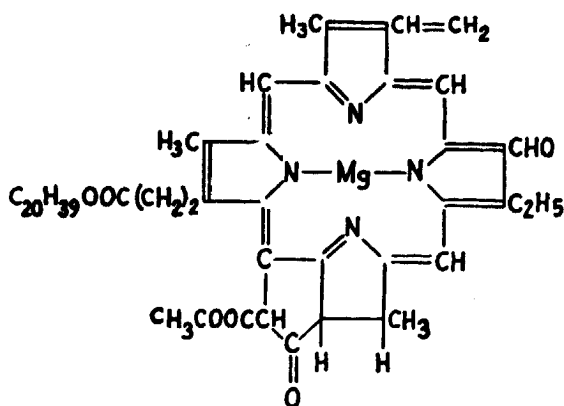


Fig. 6-20. Estructura de la hemoglobina.

órganos respiratorios, transforma la hemoglobina en oxihemoglobina de color rojo (sangre arterial) y reduciéndose en los tejidos pasa a hemoglobina reducida de color oscuro (sangre venosa).

Otro pigmento de este grupo es la *clorófila* o pigmento verde de las plantas. Su constitución tiene un cierto parecido con la hemoglobina, pero tiene en su molécula un átomo de *magnesio* en lugar de hierro. Hay dos clases de clorofila, la *a* y la *b* que tienen una pequeña diferencia (fig. 6-7).



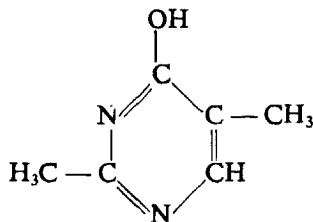


clorófila b

Fig. 6-17. Fórmulas de las clorofilas a y b.

Por último, otros cromoproteidos importantes son los *nucleoproteidos* que como su nombre indica se encuentran en los núcleos de las células. Su grupo prostético (ácido nucleínico) está constituido por ácido fosfórico, azúcar y una base orgánica. Tiene gran interés por intervenir en la transmisión de caracteres hereditarios.

Por hidrólisis dan ácidos *nucleínicos*. Los nucleoproteidos son los que existen en la célula viva. Además de estos ácidos dan sustancias básicas, azúcares de cinco átomos de carbono, d-ribosa, adenina y timina (todas estas sustancias son compuestos cíclicos). Tienen elevadísimo peso molecular (hasta 500.00) son, pues, moléculas grandísimas. Su variedad está en la relación base/azúcar, se les designa abreviadamente A.R.N. (1) si el azúcar es la ribosa y A. D. N. si es la desoxiribosa (2).



Fórmula de la timina.

REACTIVOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PROTEINAS

Los hay de dos tipos: de coloración y de precipitación.

a) *De coloración. Reacción xantoproteica.* Con el ácido nítrico toman coloración amarilla (es la coloración que da el ácido nítrico con la

(1) Acido Ribo Nucleínico.

(2) Acido Desoxiribo Nucleínico.

piel). La dan las proteínas que tienen núcleos bencénicos (tiroxina, fenilalanina).

Biuret. Agregando a una disolución de una proteína unos c. c. de una disolución de SO_4Cu adquiere una coloración purpúrea. El biuret lo dan los compuestos con enlaces peptídicos y por ello lo dan todas las proteínas.

Millon. Agregando unas gotas de disolución de nitrato mercurioso, que contenga ácido nítrico, a una disolución, en caliente, de proteína se forma una coloración roja.

b) **De precipitación.** Todas ellas están basadas en las propiedades coloidales de las disoluciones de proteínas. Se precipitan estas disoluciones por el calor, adición de alcohol y sales de metales pesados. Precipitan también con los siguientes reactivos: ácidos tánico, pícrico, fosfomolibdico, fosfowolfrámico, tricloroacético.

GRASAS

Se encuentran en el reino vegetal y animal, formando materiales de reserva. Las hay líquidas como el *aceite*: semilíquidas como la *manteca*, y sólidas como las *ceras*.

Entre las grasas más importantes están los *aceites vegetales* de oliva, algodón, cacahuet, ricino, palma, coco, soja, etc., los *aceites animales* de ballena, foca, bacalao, etc.; *sebo* de buey y carnero y las *mantecas* de leche, cerdo, cacao, etc.

En el reino vegetal se encuentran como materia de reserva en muchos frutos y semillas (palma, soja, aceituna). De ellas se obtienen generalmente

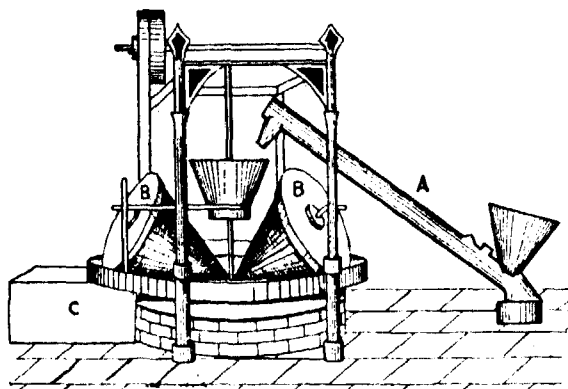


Fig. 6-18. Molino para la trituración de la aceituna.

triturándolas y sometién-dolas luego a grandes presiones en prensas hidráulicas, con lo cual fluyen los aceites. Ejemplo: el aceite a partir de la aceituna. También se emplea en algunos casos la extracción mediante disolventes (tricloro etileno, sulfuro de carbono, etc.), así se extrae el aceite del orujo de las aceitunas y las grasas de las lanas (lanolina).

Las grasas animales se encuentran acumuladas en determinadas partes del animal, las cuales se extraen sometiéndolas al calor, con objeto de hacer reventar las células del tejido adiposo y que las grasas liberadas fundan y sobrenaden, por ejemplo: la manteca de cerdo. Otras grasas se extraen por batidos, por ejemplo: la mantequilla de la leche. Los aceites tienen mayor proporción de ácidos no saturados y por ello tiene punto de fusión más bajo que las otras grasas.

CONSTITUCION DE LAS GRASAS

Los cuerpos grasos no son especies definidas, sino mezcla de diferentes ésteres de ácidos grasos, aun cuando también entran en su constitución algunas veces los ácidos propiónico, butírico, linólico y otros.

Las grasas más sencillas son la *tripalmitina* (componente principal del aceite de coco), la *triestearina* (componente principal del sebo de buey) y la *trioleina* (componente principal del aceite de oliva).

La fórmula de las grasas será análoga a las siguientes (fig. 6-?) y (fig. 6-?).

Hay también formando las grasas otros ácidos. Así en la manteca de vaca está el ácido *butírico* $C_3H_7 - COOH$, en el de linaza, el linólico.

En los cuerpos grasos, en general, la esterificación se hace por dos o tres ácidos distintos. La consistencia de la grasa dependerá de la proporción que en su constitución entren los ácidos grasos, sólidos o líquidos. El sebo de cordero por la gran proporción que tiene de estearina se solidifica en cuanto se enfría (1).

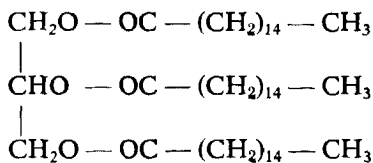


Fig. 6-19. Fórmula de la *tripalmitina*.

(1) En los restaurantes se sirve por ello el cordero en plato caliente.

PROPIEDADES DE LAS GRASAS

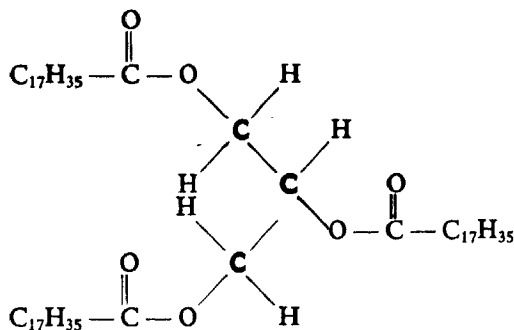


Fig. 6-20. Fórmula de la estearina. Los átomos de carbono más gruesos son los que corresponden a la glicerina.

En estado puro y fresco son todas inodoras, insolubles en agua. En presencia de sustancias proteínicas, como gelatina y albúmina se dividen en pequeñas gotas (emulsión) y presentan propiedades coloidales. Así la leche es una disolución coloidal de manteca en agua, que tiene disuelta una proteína (la caseína) (fig 6-7). Por reposo se acumula la grasa en la superficie (mantequilla) y en la industria se separa por centrifugación.

Las grasas son soluble en alcohol, éter, benceno, sulfuro de carbono, etcétera. Son untuosas al tacto. Dejan sobre el papel una mancha semitransparente que resiste la acción del calor. Calentadas se descomponen dando acroleína ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHO}$) de olor penetrante.

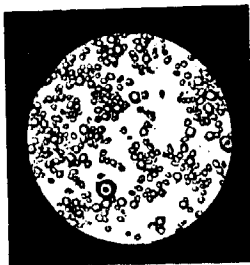
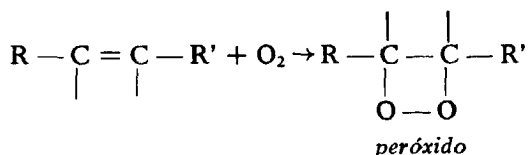


Fig. 6-19. Al mirar una gota de leche al microscopio se perciben perfectamente los glóbulos de grasa en suspensión.

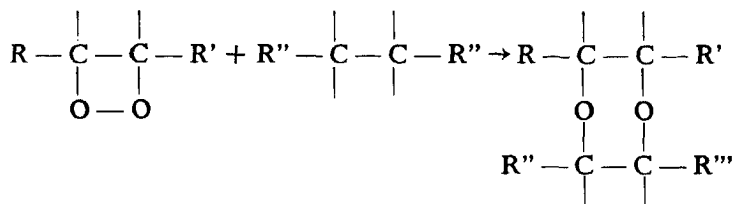
Hay aceites que por la acción del oxígeno del aire se re espesan y aún se solidifican (aceites secantes). Esta oxidación se debe a la presencia de dobles enlaces en su molécula. Parece que sufren también una polimerización. Para acelerar esta oxidación se emplean compuestos de plomo y manganeso (secativos) que actúan como portadores catalíticos de oxígeno. Entre los aceites secantes tenemos el de linaza. Fresco seca muy lentamente, pero el proceso se acelera si se cuece y, sobre todo, si se hace esto añadiéndole secantes solubles en él, como sales de Mn, Pb, Co y Pt de los ácidos linólicos.

Siendo cada vez mayor el consumo de aceites secantes se ha estudiado la forma de prepararlos a partir de aceites no secantes. Se ha conseguido esto, formando nuevos enlaces dobles en aceites, como el *ricino* que no tienen más que uno. Para ello se le calienta con ácido sulfúrico o fosfórico que eliminan agua, con formación de dobles enlaces. Extendidos los aceites secantes sobre una superficie, dejan una capa elástica brillante (por ello se emplean como barnices). El aceite de linaza es de esta clase y tiene gran aplicación. Se explica la formación de esta capa por la formación primero de peróxidos, que luego se unen a otras moléculas del ácido. Ejemplo

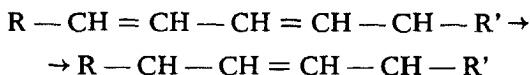
1.º Formación de peróxidos



2.º Unión del peróxido con otra molécula del aceite



Las grasas que tienen enlaces conjugados se resifican aún sin la presencia de oxígeno, pues sufren una *polimerización*.



La propiedad más importante de las grasas es la *saponificación*. El agua sólo actúa a temperatura elevada. Se puede hacer esta saponificación a temperatura más baja empleando catalizadores (pequeñas cantidades de ácidos

sulfónicos) reactivo Twitchell (ácido ricinoleico con naftalina y sulfúrico). Este reactivo dispersa las grasas insolubles en agua, pues la parte lípida de su molécula penetra en la superficie de la grasa, y el ácido sulfúrico acerca el agua a la molécula de grasa y suministra, al mismo tiempo, el ion hidrógeno que actúa como catalizador. Una vez hecha la hidrólisis se calienta a unos 80° con lo cual se deshace la emulsión formada.

También los fermentos *lipasa* hidrolizan las grasas. Las lipasas pueden ser de procedencia animal o vegetal. La hidrólisis la verifican inclusive a 40°. Estas lipasas se producen en los animales en el páncreas de donde pasan al intestino que es donde se descomponen las grasas. Las lipasas vegetales se encuentran en la semilla de ricino; se separan de los orujos después de efectuado el prensado, que se hace para sacar el aceite de ricino. Los ácidos y la glicerina resultante son absorbidos por los poros del intestino para luego volver a combinarse.

ENRANZAMIENTO

Las grasas que tienen ácidos de pocos átomos de carbono (butírico, hexoico, octoico) experimentan con facilidad por la acción del oxígeno en unos casos y por la acción de microorganismos en otros, la hidratación (saponificación) en presencia del aire. Las grasas por este proceso se excinden en glicerina y ácidos. Estos últimos son en parte transformados por el oxígeno del aire o por hongos en ácidos cetónicos que por pérdida de CO₂ dan cetonas de olor especial (manteca rancia) (1). A la presencia de ácidos libres se debe el sabor de la manteca rancia. Las grasas que tienen muchos ácidos saturados son las que menos se enrancian.

CARACTERIZACION DE LAS GRASAS

Varias son las constantes que las caracterizan, entre las que tenemos; densidad, *índice de saponificación* (núm. de miligramos de hidróxido potásico necesarios para saponificar 1 gr. de grasa), *índice de iodo* (gramos de iodo que pueden adicionarse a 100 grs. de grasa), cantidad de ácidos o sea *índice de acidez* (número de miligramos de los ácidos libres contenidos en 1 gr. de grasa).

(1) Por ejemplo, el aceite de coco tiene el ácido C₅H₁₁ — CO — CH₂ — COOH (beta-aceto-octoico), el cual por pérdida de CO₂ da la cetona C₅H₁₁ — CO — CH₃ (pentil-metil-cetona) a la cual se debe el olor del aceite de coco rancio.

REFINACION

Para el empleo de las grasas es necesario, en muchos casos refinarlas. El procedimiento difiere de unas grasas a otras. En las de coco y semilla de algodón, que tienen olor desagradable, se refinan sometiéndolas al vapor de agua a 180°, en el vacío, con lo que se facilita el arrastre de las sustancias volátiles.

ENDURECIMIENTO

Gran parte de las grasas líquidas no tienen valor industrial, pues no sirven para la fabricación de jabones ni para la alimentación por poseer mal sabor y olor. Al someterlas a la hidrogenación se saturan los ácidos que tienen dobles enlaces y pasan a grasas duras (endurecimiento). Por ejemplo, la oleína se transforma en estearina por el paso del ácido oleico a esteárico. De esta manera, grasas de poco valor industrial, como los aceites de pescado, se transforman en grasas utilizables. Este último aceite, pierde en la hidrogenación su olor y se transforma en un producto análogo al sebo. Las grasas de ballena y los aceites de pescado hidrogenado pueden emplearse para la fabricación de margarina. Las hidrogenaciones se verifican a presiones de 8 atmósferas y temperaturas de unos 150° empleando níquel finamente dividido como catalizador.

MARGARINA.—Es una mezcla de varias grasas, entre las que se encuentran la de vaca y de coco, aceites de pescado endurecidos, aceites de coco y palma. Se les añade además bacterias lácticas, para que fermenten la leche y ácido láctico que comunica a la margarina el aroma característico de la manteca. Para dar a esta mezcla el aspecto de manteca se agita con leche desnatada y luego se colorea con carotinoides y se agrega sal. Se suele agregar también pequeñas cantidades de fécula de patata. Como la margarina no posee ácidos de pocos números de átomos de carbono, no sufre el proceso de enrarecimiento. Constituye hoy un alimento muy barato. Tiene la desventaja de la falta de vitaminas que posee la manteca natural, pero esta desventaja puede desaparecer agregándole las vitaminas de que carece.

APLICACIONES DE LAS GRASAS

Se utilizan como alimentos energéticos, pues producen en el organismo gran cantidad de calor. Los aceites animales son además importantes en la alimentación por su contenido en vitaminas o provitaminas (1).

CERAS

Se comprende con el nombre de ceras, productos naturales o sintéticos, que tienen naturaleza cérea. A la temperatura ordinaria son productos sólidos, duros, que funden a temperaturas bajas, algunas ya a las del cuerpo humano. Son resistentes al agua. La primera que se conoció fue la de abeja. Tienen parecido con las grasas pero se distinguen de ellas por su dureza y brillo.

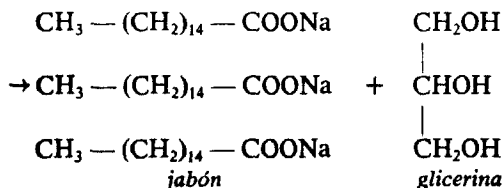
En el lenguaje ordinario la palabra cera parece sinónimo de cuerpo sólido. Sin embargo, en el concepto químico nada se especifica sobre el estado físico y, por tanto, se incluyen en este grupo a cuerpos sólidos y líquidos. Ceras líquidas las tenemos en el reino animal, por ejemplo, el aceite de ballena.

La mayor parte de las ceras son vegetales (carnauba, palma, rafia, esparto) y se encuentran principalmente en la cutícula de las hojas y frutos, teniendo función de cubrirlas de capas protectoras contra la evaporización. Hay también ceras minerales como la *cera montana*.

Una de las ceras animales más importantes es la de abejas. También en los animales ejercen las ceras acción protectora contra el agua. Son por tanto insolubles en esta y mucho más resistentes a la hidrólisis que las grasas.

Su composición es la de ésteres de los ácidos grasos y alcoholes de elevado punto de ebullición (tienen de 10 a 34 átomos de carbono). Las grasas del petróleo se diferencia de estas en que no son ésteres, sino hidrocarburos saturados.

(1) El aceite de palma es muy rico en vitamina A.



Se obtienen los jabones, por tanto, sometiéndolos a un batido con lejías de sosa. La parte que sobrenada es el jabón. Para separar completamente este, una vez terminada la saponificación, se agrega cloruro sódico que insolubiliza el jabón que se encuentra en disolución. De esta manera se separan perfectamente dos capas: la superior constituida por el jabón y la inferior por mezcla de agua y glicerina. Cuando se quiere un jabón muy duro, se le somete a una segunda *saladura*.

Si la saponificación se hace con hidróxido potásico resultan jabones líquidos.

Los jabones especiales se obtienen agregando al jabón carbonato sódico, silicato sódico, borato, etc., además de sustancias desinfectantes, olorosas o colorantes. La resina muy empleada para carga del jabón, da sales algo blancas (resinatos) que forman espuma abundante.

Se fabrican también los jabones saponificando las grasas por el método Twitchell (1) neutralizando luego los ácidos obtenidos con lejías alcalinas.

En la fórmula del jabón lo que predomina es la larga cadena hidrocarbonada y como solo el grupo carbonílico tiene afinidad para el agua, vimos en ácidos grasos (lección 5, pág. 2253) que al ponerse el jabón en contacto con ésta, ese grupo entra en el agua mientras que el otro extremo de la molécula tiende a quedarse fuera de ella. Por eso soplando con un tubo en una disolución acuosa de jabón se forman pompas esféricas de paredes finísimas: las moléculas del jabón ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \dots - \text{CH}_2 - \text{COONa}$) se han dispuesto unas al lado de otras con sus grupos $-\text{COONa}$ hacia dentro en contacto con el agua y sus grupos $-\text{CH}_2$ hacia fuera (ver lección 5, página 2254), puesto que como hemos dicho antes los grupos $-\text{COONa}$ tienen afinidad por el agua (hidrófilos) al contrario de los grupos metilo $-\text{CH}_2$ que no presentan ninguna y que por tanto tienden a alejarse de ella.

Por qué lava el jabón.—La acción del jabón al lavar es muy compleja, pues son varios los fenómenos que intervienen. Por de pronto la pequeña hidrólisis que sufre el jabón con el agua, hará que el álcali libre pueda sa-

(1) Twitchell hidrolizó las grasas mediante una mezcla de ácidos sulfónicos del ácido oleico (o del aceite de ricino) y naftalina o benzol.

ponificar las grasas, que forman muchas veces las manchas. Esta acción es, sin embargo, muy pequeña y más importante es la acción *emulsiva* que divide a las grasas (manchas) en pequeñísimas gotas, muchísimo más fácil de saponificar. Además como la disolución del jabón en agua, hemos dicho es una disolución coloidal negativa, hay una gran fuerza de cohesión (adsorción) entre las micelas y las partículas de suciedad que separa a estas del tejido donde se encuentran. También es digno de tenerse en cuenta la disminución de tensión superficial del agua, por la disolución del jabón y, por consiguiente, la mayor facilidad para que las partículas de suciedad se humedezcan y con ello sean separadas del tejido por simple acción mecánica y queden flotando en el agua.

El jabón tienen tendencia a dar un tinte amarillento a la ropa y para evitarlo se emplea *azulete* que al comunicar un tinte azul (complementario del amarillo) hace blanquear la ropa.

En las aguas duras el jabón no hace espuma, pues los ácidos grasos forman sales de Ca y Mg insolubles. Sólo cuando todas estas sales han sido precipitadas actuará el jabón.

DETERGENTES MODERNOS

En sustitución del jabón se utiliza hoy, sales sódicas de ésteres sulfúricos de alcoholes superiores; por ejemplo el dodecil-benceno sulfónico $C_{12}H_{25} - C_6H_4 - SO_3Na$ que tiene propiedades detergentes, aún con aguas duras, pues sus sales alcalino-térreas son también solubles en agua. Hoy se emplean también sales cuaternarias que tengan largas cadenas alcohólicas. La parte hidrocarbonada de su molécula es *hidrófoba*, es decir, atraída por las partículas sucias mientras que el grupo polar, como hemos dicho antes, es *hidrófilo*. Rebajan estos cuerpos la tensión superficial del agua con lo que las partículas de suciedad quedan en suspensión en ella y puede ser eliminadas fácilmente en el lavado. Cuando se echa a una suspensión de grasa en agua, un detergente, actúa sobre las dos fases, formando un puente entre ellas, de la misma manera que lo hace el jabón, pero con la ventaja sobre este de que forman sales cálcicas y magnésicas solubles en agua.

Como los detergentes están constituidos por una larga cadena hidrocarbonada, soluble en las grasas e insolubles en el agua (*hidrofoba*) y otra iónica soluble en el agua (*hidrófila*), al echar el detergente en el agua la cadena larga del hidrocarburo se disuelve en la grasa y el extremo iónico

en el agua (fig. 6-22). Si suponemos una tela, parte rallada de la figura, y encima de ella una gota de grasa (semicírculo blanco) al echarla en agua que tenga un detergente (el círculo pequeño blanco representa la parte iónica y el bastoncito la cadena hidrocarbonada) ésta por la acción del detergente sufrirá una fuerza dirigida hacia el líquido que hará que la gota de grasa se separe del tejido.

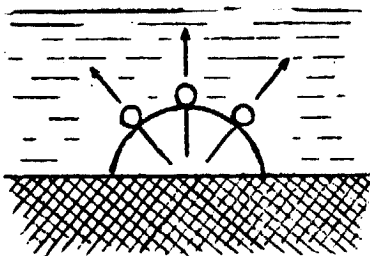
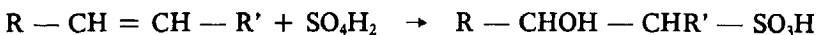


Fig. 6-22. Acción de los detergentes sobre las grasas.

Los detergentes se utilizan hoy día mucho en sustitución del jabón (1), principalmente, en la industria textil, pues son sustancias excelentemente humectantes, detergentes, y emulgentes. La mayoría actúa con el agua, pero ya los hay hoy que actúan en disoluciones de petróleo e hidrocarburos elevados y tienen por ello grandes aplicaciones.

Hidrocarburos con doble enlace tratados con ácido sulfúrico dan alcoholes sulfónicos.



que neutralizados con hidróxido sódico forman detergentes. Las grasas por hidrogenación dan alcoholes (el aceite de coco, por ejemplo, da el alcohol láurico) que sirve para la obtención de detergentes.

Se emplean también como detergentes aminas y compuestos de amonio obtenidos de ácidos grasos, así como detergentes inorgánicos constituidos por fosfatos, pirofosfatos, hexametáfosfatos y silicatos.

AMINOACIDOS

Son ácidos orgánicos en los que uno o varios hidrógenos han sido sustituidos por grupos NH_2 . Tienen una gran importancia fisiológica pues resultan de la hidrólisis de las sustancias proteicas. Algunos existen también libres en la Naturaleza.

(1) En algunos países lo han sustituido totalmente.

Hidrolizando las sustancias proteicas se han llegado a obtener hasta una veintena de ellos.

Por su carácter doble de ácidos y de bases, pueden formar sales tanto con las bases fuertes, como con los ácidos fuertes. Son pues sustancias *anfóteras*. Si en estos cuerpos se bloquea el grupo ácido se comportan como aniones y si se bloquea el grupo amínico (acetiaándole o benzoilándole) se comportan como ácidos. Así tenemos el ácido hipúrico $C_6H_5 - CONH - CH_2 - COOH$ (benzoil-glicocola) que es un ácido, pues el grupo benzoilo no puede neutralizar el grupo carboxílico.

En la Naturaleza se forman en las plantas y por ello necesitan éstas para su crecimiento abonos nitrogenados. Se forman a partir de los azúcares pasando generalmente por ceto-ácidos. Las aminas también pueden sintetizar amino-ácidos.

Entre los amino-ácidos más importantes que existen en las albúminas, tenemos los siguientes:

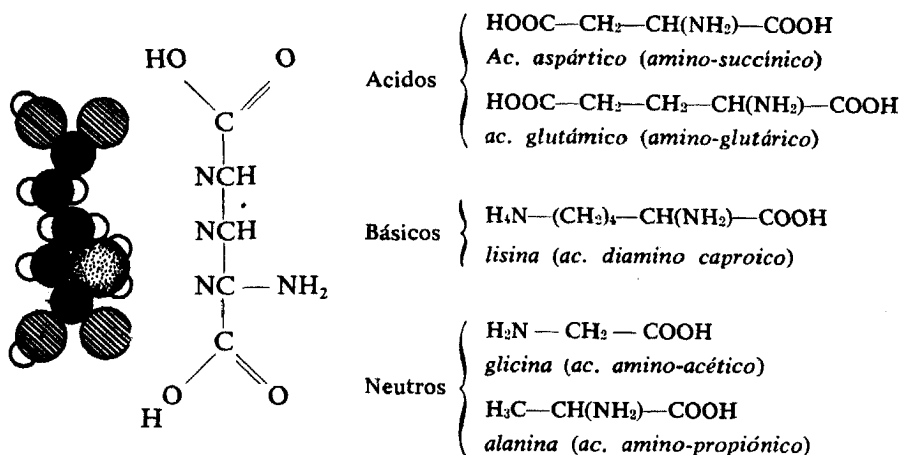


Fig. 6-22. Estructura del ácido glutámico.

Son cuerpos esenciales para el crecimiento los siguientes: leucina iso-leucina, valina, lisina, histidina, metionina, fénil-alanina, y triptófano.

Por ejemplo, la albúmina de la clara de huevo, contiene los siguientes: ácido glutámico y aspártico, lisina, tirosina, histidina y cistina. Los derivados amínicos de los ácidos dibásicos son importantes constituyentes de las

proteínas. Entre estos tenemos como más importantes los ácidos aspártico y glutámico.

La caracterización de los amino-ácidos se hacía antes por las reacciones características de los grupos amínico y carboxílico, hoy se realiza su análisis por *cromatografía* usando como disolventes agua-fenol, agua-colidina o butil n-alcohol.

OBTENCION DE LOS AMINO-ACIDOS

Se pueden obtener por hidrólisis de las proteínas o por síntesis.

Hidrólisis de las proteínas.—Puede hacerse esta por los dos métodos siguientes; con ácidos (ClH, SO₄H₂) o por álcalis. Este último procedimiento tiene el inconveniente de que en este medio se produce la *racemización* (1) de los aminoácidos. También se puede hacer la hidrólisis por fermentos (tripsina o pepsina). La primera actúa en medio débilmente alcalino (pH = 7,5 — 8,5) y la segunda en disolución ácida (pH = 5,5 — 6,5).

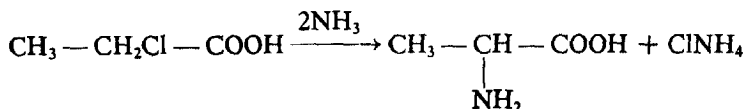
De la mezcla de aminoácidos obtenidos por cualquiera de los dos métodos se pueden separar los aminoácidos de las dos siguientes maneras:

Método Fisher.—Tratando la mezcla de la hidrólisis por alcohol y ácido clorhídrico, con lo cual los transforma en ésteres que tratándolos luego por álcalis forma los aminoácidos, que se separan por destilación fraccionada.

Método Dakin.—Se trata la mezcla de los productos de hidrólisis de las proteínas, con alcohol butílico en el que se disuelven la mayor parte de los aminoácidos. Luego de esta mezcla se separa las individualidades por procedimientos especiales.

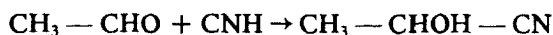
OBTENCION POR SINTESIS

a) Acción del amoníaco sobre los ácidos halogenados en posición α

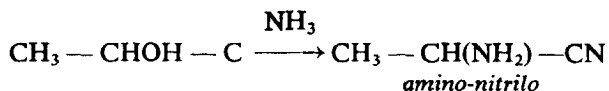


(1) Cuando la mitad de las moléculas activas de un cuerpo se transforma en moléculas de configuración opuesta se dice que se han *racemizado*. Después de la racemización el cuerpo no presentará actividad óptica.

b) *Síntesis cianhídrica*.—Consiste en la adición de ácido cianhídrico a los alcoholes para dar *cianhídricas*



y éstas por la acción del amoníaco dan los aminoácidos pasando por los amino-nitrilos



PROPIEDADES

Los que existen en la Naturaleza son ópticamente activos. Son todos cuerpos sólidos cristalinos. Su punto de fusión es elevado, pues no son compuestos iónicos. Su solubilidad en agua es muy variable. La mayoría se disuelven en el alcohol. Los solubles en agua y que sólo contienen un grupo amínico y uno ácido son neutros, pues los grupos ácido y amínico forman sales internas (fig. 6-24). Son cuerpos anfóteros pues por su función ácida se unen a las bases y por la básica se unen a los ácidos.

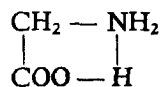


Fig. 6-24. *Sal interna de la glucocola.*

Con las sales cúpricas dan compuestos de intensos colores. Forman sales internas (fig. 6-25). Disueltos en disolventes de elevado punto de ebullición desprende CO_2 cuando se calienta su disolución y se obtienen aminas. También verifican esta reacción las bacterias.

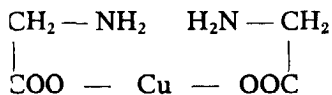
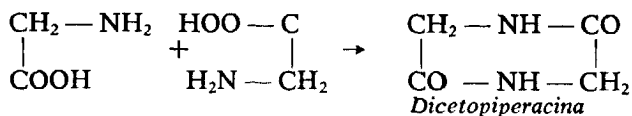
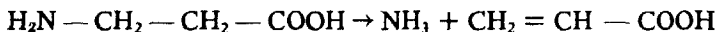


Fig. 6-23. *Sal cúprica de un amino-ácido.*

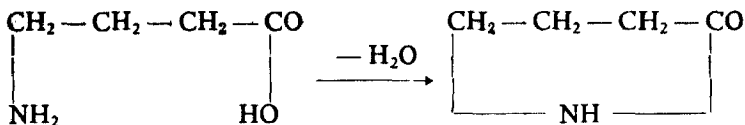
Los α aminoácidos pueden dar anhídridos internos, por ejemplo:



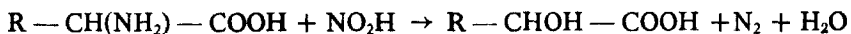
Los β pierden con facilidad amoníaco dando ácidos no saturados



Los γ forman anhídridos internos (lactamas)



Tratados con ácido nitroso dan ácidos con función alcohólica y desprendimiento de nitrógeno



Midiendo el nitrógeno desprendido se les puede valorar.

Los más importantes son los siguientes:

Glicocola. $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ (1). Es un cuerpo de sabor dulce y de ahí su nombre.

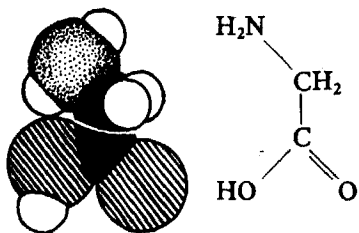
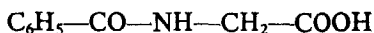
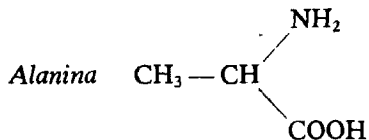


Fig. 6-24. *Glicocola.*

Acido hipúrico (2).—El ácido benzoico cuando está en exceso en el organismo es eliminado en la orina en forma de ácido hipúrico

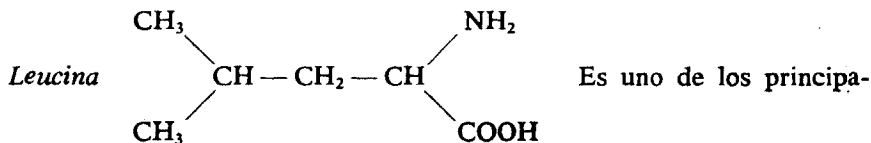


(benzoil-glicocola). Por esa causa la orina, principalmente la de caballo, tiene mucho ácido hipúrico. El derivado monometilado de la glicocola es la sacorsina $\text{CH}_3\text{NH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ que se encuentra con frecuencia en los vegetales (melazas de remolacha). El derivado trimetilado es la betaina.

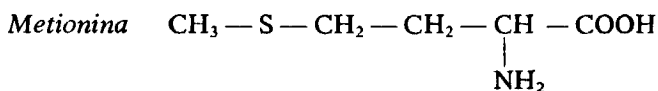
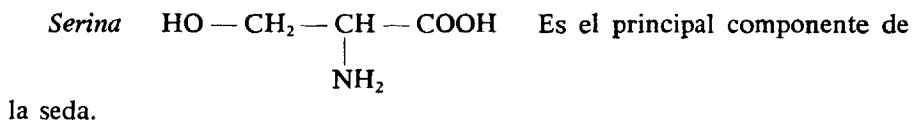


Se obtiene de la fibroína de la seda.

(1) *Glykos* = dulce.
(2) *Hippos* = caballo.

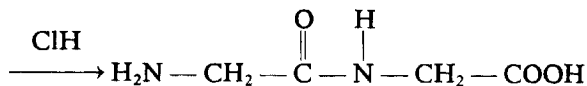
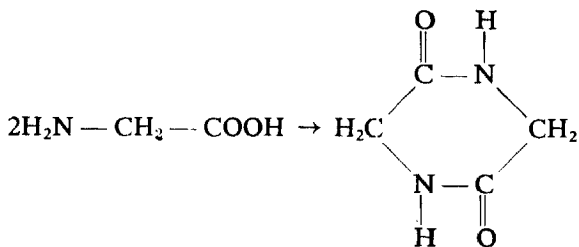


les componentes de los albuminoides resultando en la putrefacción de los mismos.



POLIPEPTIDOS

Son cuerpos que resultan de la unión de los amoníacos con separación de una molécula de agua. El grupo amínico de una molécula reacciona con el carboxílico de otra. Se clasifican en *dipéptidos*, *tripéptidos*, etc. Ejemplo de dipéptido



No es necesario que los aminoácidos sean iguales. Fisher logró preparar polipéptidos hasta con 18 aminoácidos y resultaron cuerpos con propiedades análogas a las proteínas, de bajo punto de fusión.

Estos cuerpos tienen ya algunas propiedades de los albuminoides naturales. Las disoluciones acuosas dan espuma al agitarlas, precipitan con sales neutras y dan la reacción Biuret (ver proteínas, pág. ??). Por esta semejanza Fischer emitió la teoría de que las proteínas estaban formadas por cadenas de polipéptidos, pero hay entre ellos una diferencia esencial y es que los *albuminoides* son degradados por la pepsina a cuerpos de menor peso molecular cosa que no sucede con los *polipéptidos*.

CONTRACCION MUSCULAR

Al contraerse los músculos, al ser excitados por un nervio, se produce tensión en los mismos que hace acortar las distancias de los huesos a los que están unidos, realizando un trabajo. Luego vuelven a su estado primitivo.

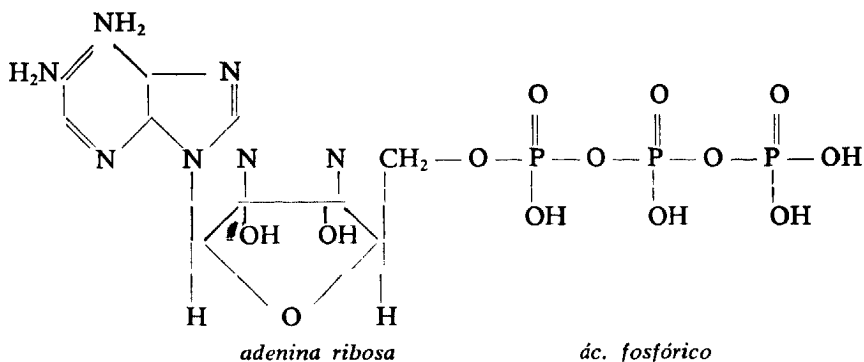
Hoy se conoce perfectamente de donde viene la energía necesaria para el trabajo muscular. Al realizar un músculo un trabajo transforma energía química en mecánica, pero perdiendo siempre una parte en forma de energía calorífica. La contracción muscular es capaz de levantar pesos mil veces mayores que el suyo y además hacer esto cientos de veces por segundo. La estructura gelatinosa del músculo se vuelve dura durante la contracción.

El trabajo de los músculos es en general intermitente, excepto el del corazón que trabaja continuamente. Hay en la contracción del músculo un proceso químico que no es oxidación, pues el músculo produce al contraerse la misma cantidad de calor, proceda en condiciones aerobias que anaerobias.

Hasta hace poco tiempo se creía que en la contracción del músculo se transformaban hidratos de carbono en ácido láctico, pero hoy se ha demostrado que el músculo puede trabajar sin producir dicho ácido. Para que un músculo se contraiga es necesario realizar trabajo y durante mucho tiempo se creyó que dicha energía la proporcionaban las proteínas del músculo, pero habiéndose demostrado que en los grandes esfuerzos de estos no había aumento de nitrógeno en la orina, se ha llegado a demostrar que esa energía proviene de hidratos de carbono (glucógeno y glucosa) aunque también utiliza el músculo las grasas, caso de que no tenga hidratos de carbono suficientes.

La composición del músculo es sumamente compleja. Está formado por fibras pequenísimas apenas visibles. Vistas al microscopio presentan estrias que indican están formadas por manojos de fibrillas. Tienen estas fibrillas una sustancia contractil y si la fibra se contrae es porque lo hacen las fibrillas. Por de pronto señalemos que el músculo tiene dos clases de proteínas, solubles e insolubles. Las más importantes para la contracción son las fibrosas y entre ellas la *miosina*, la *actina* y la *trombosina*. La primera es del tipo de la queratina que es filiforme (vistos sus hilos por rayos X presentan el mismo aspecto que el del músculo). Su estructura es helicoidal. Tiene gran afinidad por los iones con lo cual se produce una modificación de su carga eléctrica. La *actina* y la *miosina* pueden unirse, formando la actinmiosina, que puede contraerse como el músculo (hecho importantísimo para llegar a explicar la contracción muscular).

Al contraerse un músculo y realizar un trabajo su *miosina* se combina con el A. T. P. (adenosin trifosfórico) (1) formado por adenina, ribosina y ácido fosfórico (fórmula fig. 6-26). Ha sido este descubrimiento uno de los más importantes de la Bioquímica. El A. T. P. es uno de los fundamentales de la vida.



En la anterior fórmula vemos que los tres grupos de ácido fosfórico están unidos por sendos átomos de oxígeno. Esto constituye una unión muy fuerte que requiere la energía de 11.000 calorías para romperla. Esta ruptura es la fuente de energía del músculo.

Se pueden separar sustancias solubles del músculo lavando sus fibras con agua. Si una vez lavadas se ponen en la disolución anteriormente ob-

(1) La P es la inicial del nombre inglés del fósforo.

tenida, se contraen, lo cual demuestra la contracción del músculo es provocada por el potasio y por el A. T. P.

La contracción del músculo es de una complejidad aún mayor de la que acabamos de ver, pues tiene compuestos de Ca, Mg, Fe y Cl. Todos estos compuestos también contribuyen a la producción de calor que se transformará en trabajo. Si se extraen estos compuestos, disminuye la estabilidad del músculo.

Las proteínas *miosina* y *actina* son las más importantes. La fórmula fig. 6-27), cuando se contrae el músculo sufren sus enlaces una distorsión y se pliega la fórmula total. Esta transformación tiene carácter reversible. La segunda formada por moléculas globulares puede presentarse en dos formas y si esas dos porciones se unen de nuevo se tiene un compuesto que se contrae como el músculo (descubrimiento de enorme importancia).

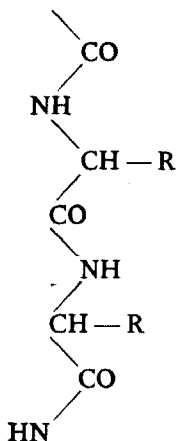


Fig. 6-25. Fórmula de la miosina.

Hemos enumerado ya varios de los constituyentes del músculo pero aún quedan otros que son también elementos activos del mismo. Tenemos que enumerar la existencia de sustancias nitrogenadas (creatina y metil-guanidina), sustancias grasas, lipoides e hidratos de carbono (glucosa, glucógeno, dextrina, maltosa) y ácido láctico, que se forma en el músculo una vez terminada la contracción. Por último no podemos dejar de enumerar los enzimas que están en el músculo en gran proporción. Según Bruhner más del 40 por 100 de la totalidad de las proteínas solubles del músculo

son proteínas enzimáticas.

En cuanto a la estructura del músculo se han conseguido muy buenos resultados operando con el microscopio electrónico, cuyos estudios han conseguido comprobar la forma globular de la actina, forma que pasa a fibrosa que se unen a otra dando origen a fibras de estructura cristalina.

Consecuencias también importantes se han sacado por estudios termodinámicos, pues se ha comprobado que las reacciones que se producen en la contracción del músculo son reacciones de equilibrio. Los glóbulos de actina cuando están unidos al A. T. P. poseen energía potencial. Al ser el músculo excitado por los nervios, ese compuesto pierde energía y para que el músculo pueda volver a su estado de tensión tiene que re-

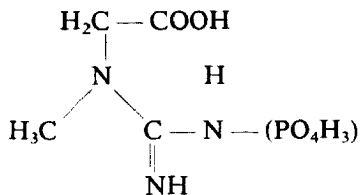
cuperar la energía perdida y esa recuperación se hace a través del A. T. P. (1).

No sólo es la actina la proteína rica en energía, pues también lo es la adenosin-difosfórica (A. D. P.) (2) que está en equilibrio con el A. T. P. según la reacción siguiente:

Creatina (P) + A.D.P. → A.T.P. + creatina.

El A.T.P. es uno de los ejes principales de la vida. El fosfato de creatina constituye una reserva de energía de rápida utilización.

La energía de la disociación del A.T.P. también puede utilizarse, pues en el músculo hay un enzima la "mioquinasa" que es capaz de hacer verificar la reacción



Fórmula de la creatina.



En el estado de equilibrio se encuentran estos tres fosfatos. Hay pues, posibilidad de formar A.T.P. a expensas del A.D.P. o la inversa fosforilarse el A.M.P. (3) y pasar a A.T.P.

Todos los hechos que hemos enunciado, son importantísimos para llegar a esclarecer en lo que consiste la contracción muscular, pero hay que hacer aún muchas investigaciones para llegar a explicarla por completo.

METABOLISMO

Se entiende por *metabolismo* el proceso de digestión de los alimentos que tiene lugar en los organismos vivos, proporcionando la energía necesaria para éstos y formando los materiales que constituyen sus tejidos, huesos, grasas, etc. Estos procesos dan lugar a una gran variedad de cambios que se realizan a temperatura inferior a los 40°. En estos procesos hay oxidaciones exotérmicas en las que se producen gas carbónico y agua, además de los cambios químicos de las sustancias ingeridas.

Experimentos recientes, realizados operando con isómeros radiactivos del

(1) Adenosin-Tri-Phosphórico.

(2) Adenosin-Di-Phosphórico.

(3) Adenosin-Mono-Phosphórico.

C y del N, han demostrado que las sustancias sacadas de los alimentos por la digestión de los mismos, son las capaces de formar los tejidos, las grasas y los huesos y aún los dientes del ser que las ingiere y luego a alguna de ellas oxidarlas para que proporcionen la energía necesaria al ser vivo. La materia viva no es inactiva, sino que cambia continuamente. Se calcula que el 98 por 100 de los átomos del ser vivo, se pierden en los excrementos y respiración. No se libran de este cambio ningún tejido. Las reacciones que se verifican para producir dichos cambios son controladas por sistemas enzimáticos.

METABOLISMO DE LOS HIDRATOS DE CARBONO

El jugo intestinal así como la saliva y el jugo pancreático contienen el fermento *amilasa* que hidroliza los hidratos de carbono que se ingieren con los alimentos, produciendo hexosas $C_6H_{12}O_6$ (glucosa, fructosa y galactosa) que media parte es asimilada por el organismo, pero otra es oxidada, dando CO_2 y H_2O que son expulsados en la respiración, además de otros productos que son eliminados por la orina.

Las exosas producidas son absorbidas por las paredes del intestino, por el fenómeno de difusión, y una parte de ellas es quemada completamente, otra transformada en *glucógeno*, por la insulina que fabrica el páncreas y la otra es transformada por el hígado en glucosa la cual se expele por la orina.

Si el hígado es incapaz de transformar en glucógeno todas las hexosas que recibe las expulsa por la orina. Cuando esta cantidad expulsada es muy grande se produce la *diabetes*.

El proceso no es tan sencillo como acabamos de explicar. Hoy se sabe que los azúcares formados son transformados en derivados fosforados que luego son descompuestos en la sangre.

METABOLISMO DE LAS PROTEINAS

Al llegar las proteínas de los alimentos al aparato digestivo, son liberados los amino-ácidos que las constituyen, los cuales pasan al torrente circulatorio, que los incorpora a los tejidos donde son utilizados en una cierta proporción para la formación de nuevas proteínas, características de los mismos, que reemplazan a las viejas. Otra parte de ellas es oxidada para dar lugar a grasas e hidratos de carbono que se utilizan en distintas partes del cuerpo, principalmente en el tejido adiposo. También en esa oxidación se puede producir CO_2 y H_2O . En esta destrucción, el nitrógeno de esos

aminoácidos es eliminado en forma de urea por la orina (en las aves se elimina en forma de ácido láctico). También pueden esos grupos amínicos dar lugar a otros cambios químicos formando compuestos nitrogenados, carbohidratos y grasas.

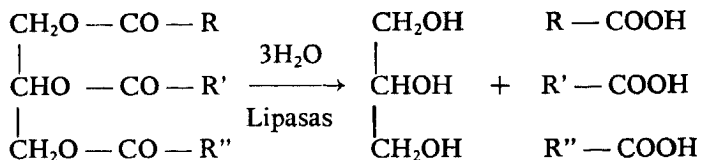
Las proteínas se almacenan, pues, en el cuerpo en pequeña proporción. Una dieta de un adulto incluye una adecuada cantidad de proteínas para mantener su peso casi constante. Cada día se elimina una cantidad de nitrógeno igual al introducido en la alimentación. Si con este no se toman proteínas o se toman en cantidad insuficiente continúan apareciendo compuestos nitrogenados en las excreciones, como resultado de la rotura de los tejidos.

METABOLISMO DE LAS GRASAS

Es el mejor conocido de todos ellos. Las grasas constituyen uno de los compuestos esenciales de la alimentación humana. Además como muchas vitaminas, se encuentran disueltas en ellas, es por lo que adquieren gran importancia no sólo por su valor nutritivo.

Introducidas las grasas en el organismo se acumulan en el tejido adiposo constituyendo reservas caloríficas. Al llegar al intestino se encuentran con las *lipasas*, producidas en el páncreas, que las ha vertido al intestino, las cuales las desdoblan en glicerina y ácidos grasos que pasan al torrente circulatorio que las distribuye por todos los tejidos, pudiendo luego recombinarse.

El desdoblamiento hidrolítico se realiza en tres fases sucesivas en cada una de las cuales se produce la hidrólisis de una función éster. La reacción en conjunto podemos representarla así:



Cuando el organismo necesita utilizar esas grasas, para fines energéticos, los productos de su hidrólisis son oxidados dando como productos finales CO_2 y H_2O que expelemos en la respiración y la energía producida se emplea en la producción de trabajo. Esta energía es en realidad la misma que si se quemasen en una llama.