

## CAPÍTULO XXX

---

Influencia de las sales. — Relación entre los fermentos solubles y la nutrición general. — Diastasas. — La pepsina. — Caracteres fisiológicos de estos fermentos. — Los fermentos como agentes de hidratación. — Modo de acción de las diastasas. — Acción de los fermentos solubles en general.

BIBLIOGRAFÍA. — A. Gautier: *Chim. biol.* y *Chim. de la cell. vivant.* — M. Arthus: *Chim. physiol.*

**Influencia de las sales.** — La acción de las sales en la nutrición es muy compleja, puesto que muchas de ellas sólo obran indirectamente, facilitando al organismo sus elementos como cuando el nitrato de potasa proporciona á la planta el nitrógeno necesario para la formación de los albuminoides, ó como cuando los fosfatos ceden á las nucleínas y á las lecitinas el fósforo que entra en su composición.

Otras sales modifican los protoplasmas y concurren secundariamente á las reacciones químicas que se realizan en estos medios, y otras por último se unen á los compuestos que forman y les comunican nuevas propiedades.

De esta manera la albúmina, la caseína, la musculina, el fibrinógeno, etc., no están libres, sino más bien unidos á cierta cantidad de sales de cal y de potasa en la clara del huevo, la leche, la sangre, los músculos, etc. De igual manera la mayor parte de los productos de excreción ó de secreción formados en nuestros órganos, se encuentran más ó menos combinados con las sales de potasa, de sosa, de cal y de magnesia.

Alguna vez se encuentran tan íntimamente combinados, que la cristalización, la disolución de estas substancias en el alcohol, etc., no basta para desdoblar sus asociaciones, como se observa cuando se quiere extraer la glucosa de las orinas diabéticas, donde se encuentra unida á la sal marina, ó cuando se trata de extraer las leucomainas que en general están íntimamente asociadas á las sales de magnesia ó al cloruro de potasio.

De lo dicho se siguen dos consecuencias: la primera es que bajo la influencia de los dobles cambios que pueden producirse en el seno del organismo entre las sales combinadas con las materias orgánicas y las sales de los plasmas, una misma materia, un albuminoide, por ejemplo, puede tomar según la célula por donde pase nuevas propiedades muy desemejantes, como la solubilidad y la insolubilidad.

Es sabido que basta añadir sal marina á la fibrina de la sangre para redisolverla, separando los fosfatos y la cal, y que esta fibrina así transformada posee todas las propiedades de las globulinas.

Se sabe también que el plasma de la sangre privado de sal no coagula espontáneamente, pero coagula cuando se le ponen estas sales; y que las sustancias caseínicas son fácilmente solubles ó insolubles según la acidez muy débil ó la neutralidad del medio que impide ó que permite su unión á los ácidos alcalinos ó terrosos. En estos diversos casos ocurren cambios dobles que modifican las propiedades fisico-químicas de solubilidad, insolubilidad, etc., de la molécula, sin alterar en nada la constitución de su parte orgánica específica.

En los vegetales mejor que en los animales, las sustancias constitutivas de los plasmas intracelulares se encuentran generalmente unidas á la potasa, predominando la sosa en el líquido extracelular.

Los productos de la actividad vital de la célula unidos á la potasa pueden por consiguiente dialisar fácilmente hacia el plasma exterior empobrecido en las sales de esta base, y al llegar hasta este plasma extracelular encuentran una cantidad relativamente considerable de sales de sosa, y por esta razón cambian su potasa por la sosa, abandonan la potasa que parcialmente vuelve á entrar en la circulación intracelular general, y se eliminan generalmente en estado de sales sódicas.

De aquí nace la necesidad de proporcionar continuamente al animal una cantidad de sales de sosa superior siempre á las de potasa; de aquí se origina también la diálisis incesante hacia los líquidos extracelulares de productos ricos en potasa contenidos en el interior de la célula.

También obran las sales haciendo los medios más ó menos ácidos ó alcalinos y favoreciendo en este caso las oxidaciones, bien haciendo más ó menos solubles ciertas sustancias, y ayudando á fijar estos diversos principios inmediatos en las células, ó á extraerlos de suerte que los plasmas que han sido privados de ellos tiendan á recibir del exterior nuevas cantidades. De aquí resulta, pues, una verdadera circulación y una acumulación continua de estas materias en ciertos tejidos.

En razón de los vínculos que unen la presión osmótica en las células á la concentración molecular de los líquidos, y en razón también de la facilidad con que dialisan las sales, es decir, de su pequeñez molecular con relación á las moléculas orgánicas y especialmente

las albuminoides de los plasmas, las sales obran como elementos de compensación. Según J. Winter, siempre que en un plasma se produce un vacío, un hueco molecular, las sales y particularmente los cloruros, atraviesan las membranas y llenan el vacío. Y como el vacío molecular no es más que relativo, siendo sólo la expresión de una falta de desdoblamiento y de actividad del plasma ó de la célula de que se trata, se puede decir que la actividad funcional de un órgano es para una concentración inicial dada, inversamente proporcional á la cantidad de sales solubles del plasma celular correspondiente.

**Relación entre los fermentos solubles y la nutrición general.** — Los fenómenos químicos que se realizan en los tejidos, son fenómenos de hidratación ó deshidratación, de oxidación ó de reducción, de desdoblamientos fermentativos, de síntesis.

Entre estos fenómenos los hay que derivan directamente del protoplasma viviente de las células, otros son producidos por agentes engendrados por este protoplasma, pero que son independientes de su vitalidad propia y que pueden pasar fuera de la célula. Se da, pues, á estos agentes los nombres de fermentos solubles, *diastasas*, *zimadas* y *enzimas*. En particular los fenómenos de desdoblamiento son casi siempre fenómenos de fermentación diastásica.

Si se transforma en harina un grano de trigo y si se pone á digerir esta harina en el agua tibia, se comprueba la transformación del almidón en glucosa. Pero si se humedece este grano de trigo con el agua tibia y se le deja germinar, entonces en la harina que resulta de este grano de trigo puesto á digerir en el agua, el almidón se hidrata activamente y da la glucosa. Lo que ha sucedido es que durante la germinación del grano de trigo se ha desarrollado en los puntos por donde sale el tallo un agente capaz de provocar la hidratación del almidón y su transformación en glucosas, una diastasa.

En las plantas se puede producir un fenómeno inverso. La glucosa ó los compuestos análogos que nacen en las hojas y son arrastrados á las diferentes partes del vegetal, pueden fijarse en ciertos tejidos en estado de almidón gracias á la deshidratación de la glucosa.

Algunos fisiólogos piensan que estos fenómenos de deshidratación dependen también de las diastasas. Pero si las diastasas hidratantes han podido ser fácilmente extraídas de las células vivientes, las diastasas deshidratantes estarían más íntimamente unidas á los protoplasmas vivientes, de los cuales no se les ha podido hasta hoy separar completamente.

Son muchos los fermentos solubles capaces de hidratación conocidos hasta hoy. Nosotros sólo citaremos los más importantes.

**Diastasas.** — Llámense también *amilasas* y se las encuentra en los granos antes de toda germinación. Las diastasas se encuentran también en la mayor parte de las células animales como el hígado, el páncreas, etc., La ptialina salival es una especie de diastasa.

Las sucrasas ó invertinas son fermentos segregados por la levadura de cerveza. Existen en el moho de la levadura, en la remolacha cuando va á producir su flor y junto con la misma diastasa hasta en el grano que germina. También se han encontrado fermentos en el jugo y epitelio intestinales.

Estas diversas sucrasas no son idénticas entre sí. La *aspergillus niger* es mucho menos sensible á la acción de los ácidos que la de la levadura de cerveza. Esta última atraviesa los filtros de porcelana, mientras que la primera no tiene esta propiedad. (Fig. 115.)

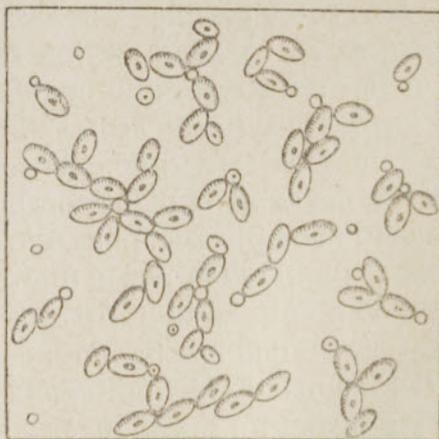


FIG. 115

Fermento de la cerveza.

El fermento segregado por el *bacillus amylobacter* que hidrata la celulosa y la transforma en productos solubles; la emulsina, fermento de las almendras dulces ó amargas, muy común en los vegetales. Este fermento hidrata y desdobla los glucósidos; de este modo la salicina es transformada por él en glucosa y saligenina; la arbutina en glucosa é hidroquinona; la coniferina en glucosa y vanilina; la amigdalina de las almendras amargas en glucosa, aldehído benzoico y ácido cianhídrico.

La mirosina de los granos de mostaza negra disocia por hidratación el mironato de potasa de estos granos y lo cambia en una mezcla de glucosa, sulfocianuro y sulfato ácido de potasio.

Al lado de estas diastasas hidratantes hemos de citar los fermentos solubles capaces de provocar por el mismo mecanismo el desdoblamiento de las materias nitrogenadas en términos más sencillos generalmente solubles y dialisables. Entre ellos citaremos los siguientes:

**La pepsina.** — Segregada por las glándulas gástricas, fermento que en líquido ácido cambia los albuminoides en albumosas y peptonas; la tripsina del páncreas que parece concentrarse en la mayor parte de las células animales ó vegetales y que peptoniza los albuminoides en líquidos neutros ó alcalinos.

La *papaína*, la *cradina*, etc. Estos fermentos están muy extendidos, al parecer, en las células vegetales y como la tripsina transforman los albuminoides insolubles en peptonas solubles, siendo el medio ligeramente acidulado neutro á alcalino.

Se encuentra una tercera familia de fermentos hidratantes que comprende todos los que son á propósito para saponificar los cuerpos grasos. En el páncreas se encuentra un poco, como también en el hígado y probablemente en muchas células vegetales, la *estereoptasa* ó *esteapsina*, fermento saponificador de los granos y de los éteres. Se le extrae también de las grasas de ricino, del lino, del maíz, etc., agotándolos por la glicerina y precipitando la disolución glicérica por el alcohol.

Estos fermentos vegetales obran como el fermento saponificador correspondiente al páncreas y á otro análogo llamado *lipasa* que se encuentra en la sangre de los animales.

Los fermentos llamados coagulantes y que realmente son fermentos á propósito para desdoblarse ó hidratar los albuminoides, forman una cuarta familia. Entre estos agentes, debemos citar la *caseosa* ó *quimosina* que coagula la leche. Los fermentos que coagulan el fibrinógeno de la sangre y el miosinógeno de los músculos, los fermentos coagulantes de ciertas plantas y el de la próstata de los roedores que coagula el líquido seminal.

Otra familia comprende los fermentos segregados por el *bacillus ureæ* y por una porción de otros organismos anaerobios y putrefactivos, que hidratando la urea la transforman en carbonato de amoníaco. La *luciferasa*, que se comporta como un fermento, tiene la propiedad particular de producir la luz.

Existe aún otra clase de fermentos solubles que tienen la propiedad de provocar las oxidaciones. Efectivamente, existen fermentos oxidantes, puesto que parecen depender directamente de las oxidaciones animales y vegetales. Tales son el fermento oxidante de los músculos y otros tejidos, la *lacasa* separada del árbol de la laca y las oxidasas encontradas en muchos vegetales y particularmente en muchos hongos. Los fermentos oxidantes de los ácidos grasos encontrados en la sangre y algunos otros.

Caracteres fisiológicos de estos fermentos. — Las *euzimas* que han sido, entre estos fermentos, los mejor estudiados, son solubles en el agua y en la glicerina é insolubles en el alcohol y precipitadas por el alcohol fuerte, en sus soluciones acuosas y glicerinadas. Puestas en contacto prolongado con el alcohol, se destruyen progresivamente.

Son precipitados de sus soluciones acuosas cuando se producen en ellas ciertos precipitados coposos ó gelatinosos, como los de fosfato de cal, carbonato de magnesia, etc.

No dialisan á través del papel de pergamino y se fijan como una tintura sobre la fibrina fresca, la seda, etc., cuando se sumergen en sus soluciones acuosas.

Los agentes antisépticos no detienen generalmente la acción de estos fermentos, los cuales conservan toda su actividad en presencia del cloroformo, del ácido cianhídrico, del timol, del fluoruro, del sodio, etc.

En solución acuosa ó en estado de precipitados húmedos son destruidos á una temperatura variable según su naturaleza, pero siempre inferior á 100. Por el contrario, en el estado de perfecta desecación no se alteran á la temperatura de 100° ni aun á la de 120.

La acidez del medio favorece y la alcalinidad retarda la acción del cuajo, de la sucrasa, de la amilasa y de la pepsina. La pancreatina obra mejor en medio alcalino y la papaína parece indiferente al estado del medio.

Las dosis elevadas de ácido dificultan toda acción de las diastatas.

**Los fermentos como agentes de hidratación.** — Los fermentos últimamente citados obran generalmente como poderosos agentes de hidratación y por su sola presencia, es decir, sin que al parecer cedan nada de su substancia ni pierdan su actividad en las reacciones que provocan.

Todos parecen solubles y esta condición parece rechazar toda suposición de organización. Parece que muchos son de naturaleza proteica; pero sólo por medio de reacciones químicas muy poderosas se les puede privar de la mayor parte de materias extrañas que les acompañan siempre.

Añadamos que las sales, y en particular las que se encuentran en el interior de toda célula, se les unen tenazmente.

Estas condiciones de composición son las de todo protoplasma viviente. Si nos fijamos en que en la molécula integrante ó en la agregación de las moléculas químicas constitutivas del protoplasma existe ya una organización, no hay dificultad en suponer que estos fermentos, á pesar de su solubilidad, por más que no sean individualidades vivientes, constituyen un *substratum* organizado.

Añadamos, por último, que en muchos de ellos la solubilidad no es más que aparente ó parcial. Así es que la mayor parte de las sucrasas se obtienen por la filtración sobre bizcocho de porcelana, que, sin embargo, debía dejar pasar los cuerpos solubles y que al parecer no ejerce acción química sobre estas substancias. Hay que recordar también que la mayor parte de las zimetas es arrastrada por los cuerpos más diversos en suspensión, como si fuesen imperfectamente solubles.

**Modo de acción de las diastatas.** — La actividad de un fermento soluble parece que tiene siempre, como condición previa, la actividad de este fermento para unirse á la substancia descomponible. Cuando la pepsina ó la papaína obran sobre la fibrina, se unen desde el principio á ella. Cuando se sumerge una materia de composición análoga á la fibrina, la seda, por ejemplo, en el jugo gástrico, se apodera de una parte de la pepsina, que de tal manera se

fija sobre sus fibras, que aun lavando mucho tiempo con agua no se las puede separar.

Esta combinación del fermento y de la substancia á la cual se incorpora, supone una analogía de estructura entre estos dos cuerpos, fermento y substancia fermentescible, no pudiendo producirse la unión sino cuando hay concordancia de formas y saturación recíproca de funciones opuestas.

Por otra parte, parece probable que la molécula fermentescible compleja, y que generalmente tiene un peso molecular elevado, se encuentra ya en estado de disolución ó de dislocación parcial en virtud de la masa de agua que le sirve de disolvente.

Además, no es solamente la molécula total, sino las partes en las cuales tiende á dividirse, las que son aptas para unirse á un fermento soluble. La pepsina se une indiferentemente á la fibrina y á la seda y probablemente á todos los compuestos albuminoides como á los que derivan de sus desdoblamientos en diversas albumosas, sucediendo lo mismo con la diastasa que debe tener aptitud para unirse lo mismo al almidón que á las dextrinas que de él derivan.

Por esta unión con las partes, en las cuales tiende á dividirse bajo la influencia del agua la molécula fermentescible primitiva, el fermento hace desaparecer toda tendencia á la reunión de estas partes, á su reconstitución en la molécula inicial, y tiende por consiguiente á determinar su separación definitiva.

Pero esta unión del fermento con estos miembros definitivamente disociados de la molécula primitiva, ha de ser inestable dado el gran peso molecular del mismo fermento. La acción continua del agua ayudada especialmente por los ácidos ó los carbonatos alcalinos, parece suficiente para separar poco á poco el fermento, sustituyéndose á él y uniéndose á las partes de la molécula primitiva con las cuales se había combinado el fermento.

De esta sucesión de reacciones, acción del agua, unión del fermento á las partes que están dispuestas para la separación, desprendimiento de este fermento y reemplazamiento por el agua, resulta el desdoblamiento de la molécula fermentescible con hidratación definitiva de los radicales que se derivan, quedando en libertad el fermento, el cual, desde luego, puede obrar de nuevo sobre las partes de otra molécula primitiva dispuestas á ser separadas ó disociadas por el agua, siguiendo así hasta el completo desdoblamiento ó hidratación de la totalidad de la materia fermentescible.

**Acción de los fermentos solubles.** — Según A. Gautier, estos fermentos ejercen una acción puramente química, como el agua, los ácidos y los álcalis. Los cuerpos que se oponen al funcionamiento vital de las células no tienen acción alguna sobre ellos, por lo cual son indiferentes á las dosis elevadas de ácido arsenicoso, de cloroformo, de ácido prúsico, de ácido fénico, etc.

En cuanto á la acción del calor, la cual destruye su actividad

desde los 50 á 80° según los casos, se explica el fenómeno teniendo en cuenta la extremada complicación de estos cuerpos y los estados de hidratación diversos que deben y pueden cambiar su constitución aun bajo la influencia de variaciones muy débiles de temperatura. Sábese, en efecto, que el calor modifica fácilmente la constitución de las sales hidratadas y las funciones de ciertas substancias como los aldehidos y las bases complejas que el calor polimeriza, resinifica ó modifica; que el calor obra sobre las propiedades de las materias albuminoides, sobre el estado cristalino de gran número de sales, etc.

Pero hay aún otras dos maneras, según las cuales pueden obrar estos fermentos. Realmente parece que son á propósito en algunos casos raros para deshidratar las moléculas ó para hidratarlas, pudiendo también modificar isoméricamente los cuerpos, ó por lo menos fijarse sobre ciertos principios inmediatos en cantidad infinitamente pequeña, imponderable, y cambiar desde entonces todas sus aptitudes.

De esta manera parece que obran muchos venenos. Ciertos tejidos los fijan, por decirlo así, y llegan á ser después de su absorción impropios para realizar sus funciones elementales: oxidaciones, hidrataciones, fijación de substancias diversas, coloración por los pigmentos colorantes, etc.

M. Arthus ha emitido la hipótesis de que los fermentos solubles, teniendo siempre un substrátum material, podrian ser agentes imponderables análogos á la luz, al calor y á la electricidad. En una palabra, á la noción de *fermento substancia* ha substituído la de *fermento propiedad*. Según este autor, las moléculas materiales de origen vital podrian estar dotadas de un modo de actividad á propósito para desdoblar, hidratar, etc., los cuerpos. Esto, como se ve, es un recuerdo ingenioso de la antigua hipótesis de Liebig sobre el modo de acción de los fermentos.

---

## CAPÍTULO XXXI

---

Fenómenos de hidratación en la nutrición general. — Fenómenos de deshidratación.  
Fenómenos de oxidación. — Fenómenos de reducción.

BIBLIOGRAFÍA.—A Gautier, *Chim. biol.* — *Chím. de la cell. vivante.*—M. Arthus, *Chim. physiol.*

**Fenómenos de hidratación en la nutrición general.** — Los fenómenos de hidratación y de desdoblamiento correlativos, provocados bajo la influencia del agua, de las sales y de los fermentos solubles, preceden y preparan en la célula los fenómenos de oxidación. Es sabido, según los trabajos de Berthelot, que los éteres, los cuerpos grasos, los amidos y sobre todo los nitrilos y los albuminoides, desprenden mucho calor hidratándose y transformándose en alcoholes, ácidos, cuerpos amidos, sales amoniacaes, etc.

La realidad y la importancia de los fenómenos de hidratación y de desdoblamiento correlativos de los albuminoides como modo de desasimilación preparatoria, pueden ser establecidos por dos órdenes de pruebas indirectas.

Por una parte nos encontramos en la economía animal con la urea y los ácidos amidados; glucocola, alanina, leucina y tirosina, que Schützenberger ha demostrado son los derivados directos de la hidratación de los albuminoides, fuera de toda intervención del oxígeno.

Por otra parte, A. Gautier ha demostrado, fundándose en la cantidad insuficiente de oxígeno consumido, la emisión de hidrógeno y de nitrógeno por los pulmones y la piel, y sobre todo en la analogía y la casi identidad de los productos de desasimilación de las materias nitrogenadas con las que se forman en el curso de las fermentaciones bacterianas, que la vida celular es en parte anaerobia, aun en los animales, y que en los dos casos las transformaciones proceden del mismo mecanismo, la hidratación; que siguen las mismas leyes y dan origen á los mismos productos.

En las fermentaciones pútridas se produce un desprendimiento rápido de ácido carbónico, sucediendo en este caso lo mismo que

en la hidratación de los albuminoides por los álcalis. Al principio aparece una débil proporción de hidrógeno, que pronto se detiene; después y casi simultáneamente se produce un desprendimiento rápido de ácido carbónico, mientras el líquido llega á ser francamente amoniacal, como si desde el principio se desprendiese de la molécula inicial de albúmina el nitrilo ureico, pero que en estas fermentaciones especiales proporcionará, bajo la influencia del fermento amoniacal, amoníaco y ácido carbónico por una hidratación más avanzada.

Después aparecen los amidos complejos, leucina, glucocola, amido esteárico, tirosina, etc., ó más bien los productos de su hidratación: ácidos butírico, valérico, palmítico, benzoico, etc., que acompañan al amoníaco y al ácido carbónico. Ya se sabe que sucede lo mismo en la hidratación de los albuminoides por la barita y el agua á la temperatura de 200°.

Puede demostrarse que todos ó casi todos los fenómenos que se realizan en el protoplasma de la célula son comparables á los que se producen al abrigo del aire en las fermentaciones pútridas, y que los desdoblamientos directos y primitivos de los albuminoides son debidos á los fenómenos de hidratación que se realizan en medio reductor, sin que intervenga para nada el oxígeno tomado del aire ó de la sangre.

Según observación del mismo A. Gautier, la producción de substancias eminentemente oxidables en la economía, como las materias extractivas y colorantes de la orina, ciertas leucomainas, etc., como también la reducción de sales muy oxigenadas, como los bromatos que se encuentran después de la absorción en estado de bromuros en las orinas, parece demostrar que algunas de nuestras células, al menos, lejos de ser oxidantes, son el asiento de poderosos fenómenos de reducción.

Se ha observado al mismo tiempo que las substancias amidadas, las sales amoniacaes, el ácido carbónico que excretamos, son producidos igualmente por los microbios anaerobios; que la misma urea está representada por el carbonato de amoníaco que aquéllos forman abundantemente á expensas de los albuminoides; que algunos, entre estos fermentos pútridos, los tyrothrix, por ejemplo, fabrican también directamente la urea, destruyendo los cuerpos proteicos sin intervención alguna del oxígeno, por simple hidratación.

Parece, pues, *á priori* que la formación de estos productos oxigenados, urea, leucomainas, ácido carbónico, no debe, en su totalidad al menos, resultar necesariamente de fenómenos de oxidación; y puesto que ciertas células del organismo son el asiento de fenómenos poderosos de reducción, parece que el oxígeno de la hemoglobina de la sangre no debe necesariamente penetrar en la profundidad del protoplasma de las células de nuestros tejidos.

Actualmente tenemos la prueba de que no penetra efectivamente, que es detenido en la superficie de la mayor parte de las

células, y el mismo A. Gautier ha encontrado la demostración de este hecho partiendo de ciertos experimentos de Ehrlich.

Según estos experimentos, se puede afirmar que la mayor parte de los tejidos es durante la vida, no *oxidante* sino *reductora*. Ehrlich ha demostrado que las partes blancas del cerebro y de la médula, los nervios periféricos, los músculos estriados y lisos, los cartílagos, los huesos por zonas especiales, el hígado especialmente, la parte central de los riñones, el parénquima pulmonar, etc., son, durante la vida, medios esencialmente reductores, donde no penetra el oxígeno. Estos medios, efectivamente, transforman durante la vida, el índigo azul y el azul de ceruleína en indigo blanco y ceruleína blanca, á la manera del hidrógeno naciente.

Por consiguiente, cuando las sustancias albuminoides se cambian, en el protoplasma de los tejidos, en grasas, hidratos de carbono, urea, sales amoniacaes, cuerpos amidados, etc., no sucede esto en virtud de fenómenos de oxidación, sino más bien mediante fenómenos de hidratación, fenómenos puramente fermentativos, comparables á los de las fermentaciones pútridas bacterianas, puesto que los productos formados son los mismos, y toda vez que el oxígeno no interviene en uno ni en otro caso.

Varias observaciones que no tienen cabida en este lugar, demuestran que en las células hepáticas, particularmente, que son esencialmente hidrogenantes, las materias albuminoides se desdoblan principalmente en urea, glucógeno y grasas.

Ahora bien, casi lo mismo sucede en todas las células del organismo, donde el glucógeno puede á su vez cambiarse en grasa y la urea puede ser reemplazada en parte por otros cuerpos amidados.

Sólo ulteriormente, después de esta primera etapa en la desasimilación, de esta etapa de desdoblamiento hidrolítico, estos productos derivados por hidratación de los albuminoides de los protoplasmas vivientes, son sometidos, ora en la sangre, ora acaso en los vacuolos periféricos de la célula donde se acumulan, á la acción del oxígeno de la sangre que oxidará el azúcar, el glucógeno, las leucomainas, las grasas, las sustancias oxidables, en una palabra, y las transformará desde entonces definitivamente en productos excrementicios, cargados de oxígeno, y principalmente en agua y ácido carbónico.

La célula animal, como la del vegetal, puede, por consiguiente, por sí misma, y fuera de toda excitación traída por el oxígeno, funcionar como una célula bacteriana anaerobia. El paralelismo de estas dos acciones es visible; en los dos casos aparecen los amidos complejos, los cuerpos grasos, ó por lo menos, los ácidos grasos, el ácido láctico y los ácidos de su familia, libres ó amidados, el ácido carbónico, el amoníaco y la urea, la cual se encuentra también en algunas fermentaciones bacterianas anaerobias; el azufre, el hidrógeno sulfurado ó los sulfitos é hiposulfitos, los cuerpos xánticos, el nitrógeno y el hidrógeno en pequeña cantidad.

Lo que sucede en las células bacterianas pasa igualmente en las células de nuestros tejidos, que viven de su funcionalismo íntimo, preparando los productos que han de pasar inmediatamente á la sangre por diálisis y que, transportados por la circulación, han de concurrir á la vida del conjunto, destruyéndose después por combustión.

La analogía de productos partiendo del mismo punto, el principio albuminoide, demuestra la analogía de los procesos. De esta manera, somos llevados á admitir dos períodos en la serie de los fenómenos de desasimilación; uno, el primero, *ó período de hidratación*, en el cual se producen, á expensas del albuminoide fundamental del protoplasma, el glucógeno, las grasas, los ureidos, los cuerpos amidados y la misma urea, por lo menos en gran parte. En el segundo período, *ó período de oxidación*, en el cual los productos de la vida anaerobia de la célula pasan á la sangre y son, ó bien eliminados como la urea, ó como las grasas, los azúcares, los ácidos, etc., ó son gradualmente cargados de oxígeno y eliminados definitivamente bajo la forma de agua y de ácido carbónico.

**Fenómenos de deshidratación.** — Estos fenómenos de deshidratación se producen en la vida animal y en la vegetal; pero siendo paralelos al fenómeno inverso de la hidratación, no pueden ser igualmente considerados desde el punto de vista de su mecanismo.

Los fenómenos de hidratación resultan, según hemos visto, de la acción sobre los principios inmediatos fundamentales, del agua, de las sales y de los fermentos solubles ó diastasas que se encuentran en toda célula y que pueden obrar fuera de ella.

Los fenómenos de deshidratación no se producen, al parecer, sino dentro de las células, en su protoplasma organizado y viviente y jamás fuera de ellas. Parece, pues, que no dependen, por lo menos en general, de los fermentos solubles.

Si se dan á un animal sales amoniacaes, estas sales se transforman en urea, en gran parte; el 75 al 86 por 100 de su nitrógeno reaparecerá en sus orinas bajo esta forma.

El carbonato de amoníaco resultante de su combustión, se ha deshidratado, por tanto, en el organismo, cambiándose en urea.

Pero esta deshidratación no se ha verificado bajo la acción de los fermentos solubles. Para demostrarlo Popoff ha realizado las operaciones siguientes:

Las diversas sales amoniacaes que son á propósito para cambiarse en urea en el organismo, han sido puestas á digerir á 35° ó 40°, con la pulpa de hígado, del bazo, de los riñones, mezclada con la sangre. Al cabo de algunos días los líquidos han sido examinados; pero en ningún caso se ha comprobado la producción de urea.

Si, por el contrario, á través de los riñones, lavados por inyección de agua salada, se hace pasar lentamente las mismas soluciones de sales amoniacaes, la urea se produce en seguida. Por consiguiente, en este caso, la deshidratación se verifica en las mismas

células del riñón, gracias á su propia actividad, y no parece debida á las diastasas solubles.

Bunge ha hecho la misma observación, con relación á la producción del ácido hipúrico. Si se hace macerar la pulpa del riñón, con la sangre, en una solución que contenga á la vez glucosa y ácido benzoico, no se formará ácido hipúrico; pero si esta solución se inyecta en un riñón viviente acabado de arrancar á un perro, el ácido hipúrico resultante de la deshidratación y de la unión de sus dos componentes, aparecerá en seguida.

Las peptonas derivadas de la hidratación en los intestinos, de los albuminoides alimenticios, no se encuentran ya en los quilíferos del mesenterio, aun en plena digestión. Desde su paso á través las células de los ganglios mesentéricos, han sido transformadas en albúminas por deshidratación inversa.

Una mezcla íntima de glicerina y de jabón en el intestino de un perro ha experimentado ya una deshidratación que la ha transformado en cuerpo graso neutro cuando ha llegado á los vasos linfáticos. El glucógeno aparece en las células del hígado, se localiza allí y aumenta rápidamente bajo la influencia de una alimentación rica en glucosa. Nuevo fenómeno del mismo orden, que no puede reproducirse fuera del organismo, por más que las diastasas de la infusión de hígado cambien tan fácilmente este glucógeno en glucosa, por una hidratación inversa. La producción del ácido hipúrico en el animal, como también la de los cuerpos análogos, la de los ácidos indoxil y escatoxil-sulfúricos son otros tantos fenómenos de síntesis por deshidratación.

Todas las complicaciones moleculares no se producen en los animales por este mecanismo; si ingerimos glucocola, reaparece en parte en las orinas en el estado de ácido hidantoico, absorbiendo los elementos de la urea y perdiendo el amoníaco.

Si damos al animal, taurina, ésta se transforma parcialmente en ácido tauro-carbámico.

Todos ó casi todos los ácidos amidados se apoderan igualmente de la urea, perdiendo amoníaco mientras que atraviesan el organismo animal y dan lugar á síntesis semejantes.

Los fenómenos de deshidratación se producen de una manera más poderosa todavía en las plantas. Constituyen para ellas el gran procedimiento de complicaciones moleculares que necesitan la estructura y la reproducción de sus células.

La glucosa fabricada en la hoja aislada, se transforma en ella, casi en seguida, en almidón soluble, que va á localizarse en el tallo y en la raíz en estado de almidón insoluble ó de celulosa, gracias, sin duda, á los fenómenos sucesivos de polimerización.

Por el mismo mecanismo se forma, acaso, en los vegetales, la serie tan variada de cuerpos aromáticos.

Los fenómenos de deshidratación son actos de síntesis y, puede decirse, de estructura y de organización. La mayor parte de los fe-

nómenos contrarios de las hidrataciones se producen con emisión y pérdida de calor. Los de deshidratación son, pues, endotérmicos y deben, por consiguiente, tomar su energía de las acciones químicas inmediatas.

De aquí se deduce esta consecuencia, comprobada por la observación: el animal ó la planta que crece y construye sus células, absorbe energía, y por consiguiente hace un gasto de materiales nutritivos, que, *á priori*, parece en desproporción con el trabajo de estructura que realiza.

Pero este trabajo de estructura y de síntesis química, del cual sólo es una fase la deshidratación, por el hecho de que es endotérmico, sólo puede producirse gracias á la destrucción de materiales combustibles, extraños á la substancia que se forma.

De esta manera se entrevé como el conjunto de la célula debe contribuir á estos hechos de deshidratación y de síntesis, de los cuales participan á la vez cierto número de materiales químicos; mientras que, por el contrario, un fermento soluble, un agente que no tiene energía alguna que dar, basta á los fenómenos de hidratación, casi siempre exotérmicos.

**Fenómenos de oxidación.** — En la planta, como en el animal, los verdaderos fenómenos de la vida aerobia caracterizados por la intervención directa del oxígeno exterior, se producen principalmente gracias al consumo de grasas y de los hidratos de carbono, bien porque estos compuestos lleguen al animal por la alimentación, bien que provengan de los desdoblamientos debidos á la hidratación de sus materias albuminoides. Parece que los hidratos de carbono comienzan por perder ácido carbónico y por transformarse en cuerpos grasos antes de oxidarse; y los mismos cuerpos grasos experimentan una saponificación previa.

De esta destrucción por oxidación directa y rápida de las reservas de hidratos de carbono ó de cuerpos grasos resulta una cantidad de calor, ó de energía, mucho más elevada que la que procede de los desdoblamientos por hidratación. Donde quiera que el animal ó la planta viven aeróbicamente la temperatura se eleva, en efecto, y llega á ser casi independiente de la del medio exterior.

En los vegetales vemos en los órganos donde se produce un activo movimiento vital de proliferación, de transformación ó de germinación, que la temperatura se eleva proporcionalmente á la absorción del oxígeno, al mismo tiempo que desaparecen los hidratos de carbono y las grasas. Analicemos estos fenómenos sobre una célula simple, la de la levadura de cerveza, por ejemplo. (Fig. 116.)

Esta célula puede proliferar y reproducirse en el ácido carbónico, al abrigo del aire, con tal de que disponga de un vestigio de oxígeno disuelto en el medio en que vive; pero pronto, cuando este gas es enteramente consumido, se detiene la proliferación celular.

Hágase entonces circular en el líquido alguna burbuja de aire, y las células recobrarán su vigor, comenzando nuevamente á repro-

ducirse y á desdoblarse rápidamente el azúcar en alcohol y ácido carbónico. Después, consumido el oxígeno nuevamente, envejecerán estas células, se hará más grueso su contorno, y más lenta la fermentación para detenerse luego.

Tal es la influencia de algunas moléculas de oxígeno; éstas sirven para vivificar la célula, que encuentra en los fenómenos de destrucción anaerobia materias en donde hay almacenada bastante energía disponible para vivir y reproducirse, pero sin que el pequeño vegetal pueda pasar al estado superior de organismo aerobio.

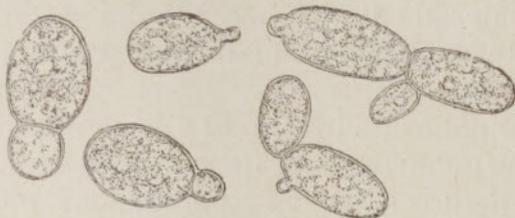


FIG. 116

Citosos de levadura de cerveza.

Pero si exageramos la oxidación facilitando así la energía disponible á alta tensión; si tomamos, por ejemplo, células de levadura anaerobia, y si las sembramos en un líquido colocado en un vaso plano ampliamente accesible al oxígeno, desde este momento estas células van á encontrar en el aire ambiente el excitante necesario para una vida más activa. Mas no desdoblarán el azúcar en ácido carbónico y alcohol; pero absorbido por la célula en presencia del oxígeno ambiente en exceso, el azúcar se oxidará y pasará al estado de agua y ácido carbónico; de aquí la producción incesante de calor ó de energía superior á la que bastaba para la vida anaerobia de la célula, inmediatamente utilización de esta energía para transformar la levadura en organismo aerobio. Desde entonces, el nuevo cuerpo será el punto de partida de donde saldrán esos hacecillos ramosos cuyas miles articulaciones, agrandándose siempre y reproduciéndose, representan, en la unidad del tiempo, una reproducción del micodermo veinte veces mayor que la de la levadura, y por consiguiente, un consumo de energía mucho más grande que el que era suficiente para la vida obscura de la levadura primitiva.

Sucede lo mismo en las plantas que en los animales; donde quiera que el calor se eleva sensiblemente, gracias á un consumo directo y rápido de las reservas de cuerpos grasos, los hidrocarburos, ó los hidratos de carbono, la organización, el funcionamiento vital y la proliferación celular aumentan, el animal ó el vegetal utilizan esta energía para nuevos trabajos de síntesis química y de estructura de órganos.

Ya hemos visto que las materias proteicas se transforman por hidratación en urea, incombustible en la economía, ácidos grasos y

cuerpos grasos. También sabemos que la oxidación directa se realiza principalmente sobre estos últimos cuerpos no nitrogenados; pero sería un error creer que estas sustancias se queman en nuestras células como en la llama de una bujía, pasando directamente al estado de agua y de ácido carbónico. Nada puede ser directo ni violento en el medio acuoso donde se realizan estos fenómenos, y en este caso todo tiende á moderar la acción química.

En el organismo, la oxidación se realiza por grados. Realmente por la sangre se encuentran en los tejidos, las glándulas, las excreciones, etc., los productos intermediarios que provienen de las oxidaciones graduales de los azúcares, hidratos de carbón ó ácidos grasos; y estos intermediarios sólo pueden resultar de la destrucción de los azúcares.

Estas simplificaciones de los productos complejos iniciales, pueden resultar, ellas mismas, bien de una oxidación pura y simple, bien de desdoblamientos sucesivos y graduados, dependientes de la naturaleza de la célula donde se realizan los fenómenos. Así es cómo la glucosa abandonada á la levadura de cerveza, que vive sin aire, se transforma en alcohol y ácido carbónico, y así es también cómo este alcohol es á su vez transformado, cuando la misma célula se desarrolla al aire, en ácido carbónico y en agua.

Así es cómo en nuestros aparatos inertes de laboratorio vemos los diversos cuerpos grasos dar sucesivamente los términos cada vez más simples de las dos series de ácidos grasos y de ácidos bibásicos.

Pero el oxígeno puesto en acción de esta manera, no es jamás el que viene directamente del aire; debe también asimilarse, acumularse en la sangre y los tejidos. Este fenómeno se hace especialmente sensible durante el reposo y el sueño. Podría decirse que en este período de actividad mínima, el organismo se basta en parte para su funcionamiento, gracias solamente á los desdoblamientos por hidratación ó fermentación que en él se realizan. Ya hemos visto que en el músculo el oxígeno se absorbe y desaparece durante el reposo para gastarse durante el período de actividad. Por consiguiente, durante el reposo se almacena en el músculo un volumen de oxígeno casi tres veces mayor que el que es necesario para formar el ácido carbónico que este músculo emite durante el mismo período de inacción. Al contrario, durante el trabajo, el ácido carbónico que se produce, es cuádruple, sin que haya acceso de oxígeno, del que este músculo consumía en el período de reposo.

Según los experimentos más decisivos, estas oxidaciones se verifican principalmente en los tejidos, pero probablemente en la periferia de las células más bien que en la misma sangre. ¿Cuál es el mecanismo de este fenómeno? ¿El oxígeno de la oxihemoglobina puede ser considerado como en un estado activo comparable al ozono? ¿Se ha hecho activo gracias á las sustancias glucósicas y al conjunto de los productos muy oxidables que proceden de un

primer desdoblamiento anaerobio de los albuminoides? ¿Existen fermentos de oxidación capaces de oxidar las grasas y los hidratos de carbono?

Está demostrado que la sangre fresca no oxida, por decirlo así, los cuerpos más oxidables, como el aldehído salicílico; pero que esta oxidación se produce en seguida y muy activamente desde que se añade á la sangre el extracto acuoso, hecho en frío, de algunos órganos, aunque estos extractos hayan sido previamente coagulados por el fenol ó congelados. En una palabra, parece que ceden al agua un verdadero fermento de oxidación. Se ha observado que este fermento se disuelve en el agua, que el alcohol lo precipita y que el calor lo destruye. Se han repetido estas mismas observaciones y se ha llegado á determinar los órganos más ricos en fermentos de oxidación.

Otros fisiólogos han separado del latex del árbol de la laca del Japón un fermento, que después se ha encontrado en gran número de vegetales, y que gozã de la propiedad de oxidar muy rápidamente los fenoles bibásicos y en general todos los cuerpos oxidables. Se encuentra la lacasa ó más generalmente las oxidasas ó fermentos oxidantes en la mayor parte de los organismos en vías de desarrollo rápido.

Fenómenos de reducción. — Los fenómenos de reducción son incesantes en las plantas. La función clorofiliana está generalmente encargada de cambiar el ácido carbónico y el agua en sustancias azucaradas y fenólicas combustibles; y los cuerpos reductores enérgicos así producidos son á propósito para reaccionar sobre los nitratos y reproducir con ellos principios nitrogenados cuaternarios y sustancias proteicas.

No es dudoso que ciertas células de la economía animal puedan provocar algunos fenómenos de reducción, análogos á los que acabamos de citar; pero puede decirse que casi siempre van acompañados de fenómenos correlativos de oxidación que les proporcionan la energía necesaria.

Así es cómo obra el fermento butírico cuando da á la vez, á expensas de la glucosa, los ácidos carbónico y butírico y un cuerpo esencialmente reductor y combustible, el hidrógeno.

Encontramos en nuestras secreciones productos putrefactivos reducidos y oxidables, tales como las materias extractivas y las leucomainas, al lado de ácidos muy oxigenados de ácido carbónico y de agua de origen sintético. Vemos en la sangre y en los tejidos el índigo azul pasar al estado de índigo blanco, la bilirrubina al estado de urobilina, al mismo tiempo que se produce urocromo.

¿Estos hechos pueden explicarse por mecanismos de orden físico? ¿Los tejidos pueden ser comparados á pilas electro-capilares, donde el hidrógeno y el oxígeno nacientes se desarrollarían á través de las membranas celulares, gracias á la acción recíproca de las materias activas de la sangre y de las células? ¿Hay que bus-

car las causas eficaces de estos fenómenos en puras reacciones químicas?

Para explicar estos hechos, Hoppe-Seyler admite que en el animal existe un modo de vida sin aire que compara con las fermentaciones pútridas. Cree que estas fermentaciones tienen siempre, ó casi siempre, como resultado, un desprendimiento de hidrógeno en estado naciente.

Este hidrógeno sería, según el citado sabio, el elemento esencialmente reductor de los cuerpos oxidados del organismo, siendo á propósito para reaccionar sobre el oxígeno libre y sobre una molécula  $O^2$ , apoderándose de un átomo de oxígeno para formar agua, y transformando así el otro átomo en oxígeno naciente.

Por medio de este oxígeno cargado de energía, es como se realizarían las oxidaciones recíprocas de las reducciones concomitantes provocadas por el hidrógeno activo.

Pero todo esto es una pura teoría, y aun aceptándola, faltaría explicar por qué mecanismo y gracias á qué energía se produce el hidrógeno naciente de las fermentaciones anaerobias.

En todos los casos el principio reductor de la célula es fijado en el protoplasma viviente: es coloide y pertenece á su parte no dializable, probablemente á una materia proteica y se destruye en presencia de los ácidos diluidos.

---

## CAPÍTULO XXXII

---

Desasimilación. — Hipótesis. — Fenómenos intracelulares. — Destrucción de los albuminoides en el protoplasma reductor. — Desasimilación por oxidación. — Productos nitrogenados de desasimilación. — Derivados inmediatos de las materias albuminoides. — Clase 1.<sup>a</sup>: Peptonas.

BIBLIOGRAFÍA.—A. Gautier: *Chim. de la cell. vivante.* — *Chim. biol.* — M. Arthus: *Chim. physiol.* — Hoppe-Seyler: *Chem.* — Behal: *Chim. organ.* — Fleurent: *Analys. Chim.*

Desasimilación. — Las substancias alimenticias modificadas en el intestino van á parar á la sangre. Una parte ha seguido el camino de los linfáticos; las materias azucaradas y amiláceas han pasado al estado de glucosas; los cuerpos albuminoides, cualquiera que sea su naturaleza, han sido transformados en nuevos albuminoides; los cuerpos grasos alimenticios han sido cambiados en ácidos grasos y grasas semejantes á las de los tejidos del animal del cual se trata.

Otra parte de la alimentación ha seguido el trayecto de las venas mesaraicas; esta parte va á recibir modificaciones en el hígado. Las materias albuminoides que han seguido este camino, son desdobladas en gran parte en las células hepáticas, en glucógeno, colestérina, glucocola y taurina, con formación de urea destinada á la eliminación.

La materia alimenticia transformada así, va á ser llevada á las diversas células que se alimentarán con ella, no sin hacerla experimentar todavía modificaciones diferentes en cada caso.

Con las mismas substancias proteicas que transporta la sangre, las células del tejido muscular fabricarán el miosinógeno y la mioglobulina, dos albuminoides de la familia de las globulinas esencialmente propios de los músculos.

Las células del tejido conjuntivo producirán con esta misma sangre y estos mismos productos asimilables, la elastina y la gelina análoga á la oseína de los huesos, y en algunos casos mucina. Después por una disociación más avanzada de estos albuminoides,

acaso también por intususcepción directa de los materiales grasos de la sangre, las grasas acumulándose en estas mismas células las transformarán en células adiposas.

Las células óseas y cartilagosas, la oseína y el condromucoide son especiales de los tejidos del hueso y del cartilago; la célula nerviosa fabricará la materia albuminoide específica de su cilindro eje; le acompaña la mielina compuesta sobre todo de cuerpos grasos fosforados ó de principios intermediarios entre los cuerpos grasos y los albuminoides.

Por último, las células de las diferentes glándulas producirán cada una sus diastasas nitrogenadas destinadas á asegurar las reacciones específicas propias de cada una de ellas. ¿Pero cómo una misma materia albuminoide, digerida y peptonizada, ó los productos de sus desdoblamientos en el hígado, al llegar á cada una de las células de los diferentes tejidos, se transforma en las diversas sustancias específicas que en aquellos encontramos?

**Hipótesis.** — Nosotros no sabemos resolver este problema, así como no sabemos por qué los diversos microbios pueden producir con los mismos alimentos los diversos materiales que por cada uno de ellos resultan de su funcionamiento.

Pero lo que sí conviene notar, sobre todo en lo que se refiere á las materias proteicas, sobre estas sustancias fundamentales destinadas á reproducir los protoplasmas, es que cada célula recibe los mismos alimentos que le lleva la sangre. Esta arrastra no los principios proteicos primitivos, sino los productos de desdoblamiento de estos principios, sucesivamente modificados por su paso á través del intestino, los ganglios mesentéricos y el hígado. Al atravesar estos órganos han sido simplificados y transformados por la acción de las diastasas, disociados, por decirlo así, en productos más simples, destinados á reunirse después bajo otra forma, entre ellos mismos ó con las sustancias que resultan de la actividad del protoplasma de cada especie de tejido, para formar los productos específicos que la célula acumula según su naturaleza y desasimila según sus necesidades.

El fenómeno de la asimilación comenzado en el intestino, continúa en los ganglios mesentéricos y el hígado, y se continúa de una manera, por decirlo así, silenciosa en cada especie de células, gracias á la actividad de su protoplasma. De aquí resulta la formación de diversas sustancias específicas segregadas ó fabricadas por cada una de aquéllas, gracias á una serie de transformaciones que se producen en medio alcalino y al abrigo de toda intervención del oxígeno libre ó tomado del aire.

**Fenómenos intracelulares.** — Los fenómenos de reducción se realizan indudablemente en el interior de muchas células. Fórmense allí los productos cargados de hidrógeno, á propósito bajo un mismo peso para dar más calor que los principios nutritivos, de los cuales se derivan por una verdadera fermentación, provo-

cando la salida de cuerpos muy oxigenados tales como el ácido carbónico, ó ricos en oxígeno y en nitrógeno como la urea.

Fijémonos bien en que solamente en las células hepáticas es donde se forman, á expensas de los albuminoides, el glucógeno, la glucosa, los cuerpos grasos, la urea y los ácidos amidados. El glucógeno se encuentra en muchas células, en el dermis y en los músculos en general, y esto aun después de una larga inanición, cuando la economía no ha recibido materiales hidrocarbonados.

La urea continúa formándose al mismo tiempo; ya sabemos como su producción está ligada directamente con la destrucción de los albuminoides y la formación del glucógeno, que acompañan en el hígado á algunos otros derivados.

Estos mismos productos ó productos similares se observan en el protoplasma de toda célula albuminoide. Si éstas están imperfectamente regadas por la sangre, la grasa aparece en ellas y se acumula en lugar del glucógeno.

La producción de cuerpos grasos á expensas de los albuminoides es un hecho innegable.

Pettenkoffer y Voit han demostrado que cuando á un carnívoro ó á un omnívoro, como el perro, se le da para una misma ración de hidratos de carbón una misma cantidad de carne creciente, los pesos de grasa formada crecen como los del albuminoide ingerido. Si hoy está reconocido como cierto que una parte de las grasas y de los azúcares del organismo, y acaso de las mismas materias albuminoides, proviene directamente de los materiales de la misma especie dados por la alimentación, es imposible desconocer que una parte notable de estas substancias cuando aparecen en nuestras células en concurrencia con la urea, por ejemplo, no proviene directamente del desdoblamiento de los albuminoides del protoplasma que segrega, por decirlo así, estas substancias á medida que funcionan.

Así se explica que en cada especie de células los productos formados por las granulaciones ó plastidulas específicas del protoplasma permanezcan constantes, cualquiera que sea la variación de los principios alimenticios dados al animal.

Ahora sólo falta saber si estas substancias albuminoides así transformadas en el seno del protoplasma celular en urea ó ácidos amidados, glucosa, glucógeno ó grasas y ácido carbónico, lo han sido en un medio oxidante, en cuyo caso la oxidación de los albuminoides podría explicar la formación de la urea y de otros cuerpos oxigenados, como los compuestos úricos que la acompañan; ó si por el contrario estas transformaciones han sido producidas en un medio reductor, cuya condición impediría admitir la intervención del oxígeno libre en estas transformaciones.

Es fácil demostrar que el protoplasma de la mayor parte de las células del organismo es esencialmente reductor, y que edifica, segrega y organiza sus productos especiales al abrigo de toda inter-

vención del oxígeno; sólo en una fase final y esencialmente desasimiladora y productora de energía sensible, es cuando el oxígeno concurre para destruir los productos creados durante la etapa anaerobia.

Desde luego se ha demostrado experimentalmente que el organismo animal disfruta en ciertos casos de un gran poder reductor. Si se inyectan á un perro yodatos ó bromatos en pequeña cantidad, se encuentran después estas sales en sus orinas en el estado de yoduros ó de bromuros.

En el estado normal nuestras orinas contienen siempre diversos productos muy oxidables; indógeno, creatinina, ptomainas, substancias extractivas, etc.

Por último, una substancia extraída de los tejidos frescos por el alcohol débil y frío y que goza de la notable propiedad de producir hidrógeno sulfurado en presencia del azufre, es una prueba más de la formación de principios sobreoxigenados y reductores por las células vivientes.

Estas observaciones demuestran que si es verdad que en el animal la sangre rica en hemoglobina es un medio oxidante, las células del organismo, y acaso algunas de ellas más particularmente, son inversamente desoxidantes.

Algunas ingeniosas experiencias han demostrado que estas propiedades reductoras son propias de la mayor parte de las células. El método empleado al efecto consiste en hacer penetrar en la sangre, durante la vida, en el estado de sales de sosa solubles, el azul de alizarina ó el de celuleína, substancias muy coloreadas pero á propósito al unirse con el hidrógeno para dar cuerpos incoloros. La desaparición del color azul permite determinar á simple vista el poder reductor hidrogenante de cada tejido.

Después de que se han hecho estas inyecciones, se abre el animal y se examina en seguida la coloración de sus diferentes órganos.

Estas experiencias han dado los siguientes resultados:

Después de la inyección, el suero de la sangre es azul, igualmente que la linfa y la sinovia.

Las partes blancas del cerebro y médula se han encontrado decoloradas y enteramente privadas de azul; son por consiguiente esencialmente reductoras. La parte gris, por el contrario, en este mismo órgano ha quedado muy coloreada por el azul.

Los músculos estriados y lisos quedan casi decolorados.

Los sinoviales quedan azules.

Los cartílagos permanecen decolorados.

Los huesos son decolorados ó azules por zonas.

Las glándulas linfáticas y el timo son azules.

Los epitelios quedan poco coloreados así como las mucosas.

Las glándulas que durante la vida no reducen la materia colorante, son las glándulas salivales, el páncreas, y la glándula ma-

maria. Entre los órganos glandulares que producen por el contrario una reducción muy enérgica se encuentra en primer lugar el hígado; sus cortes son desde luego exentos de azul cuando se les mira al microscopio á excepción del conducto de los canales biliares.

Por consiguiente, las células hepáticas constituyen un medio poderosamente reductor.

La parte central de los riñones queda azul, mientras que la corteza se halla completamente decolorada.

El tejido pulmonar y la pleura quedan de color de rosa como en el estado normal y por consiguiente son reductores.

Síguese de aquí que las partes blancas del cerebro, de la médula y de los nervios, los músculos, los cartílagos, el hígado, la parte cortical de los riñones, el parénquima pulmonar, son durante la vida medios esencialmente reductores.

Después de la muerte este poder reductor aumenta mucho, lo cual se explica por dos razones: primera porque la llegada constante de la sangre oxidante tiende á contrabalancear sin cesar durante la vida y á hacer desaparecer las acciones reductoras; segunda, porque éstas continúan ejerciéndose después de la muerte por una especie de residuo de funcionalismo, según hemos visto al tratar del tejido muscular.

Así la mayor parte de las células, especialmente las pequeñas centrales protoplasmáticas, donde se producen los fenómenos de asimilación, son esencialmente reductoras. Por el contrario, las partes periféricas absorben continuamente el oxígeno. Solamente en la periferia de las células parece que se producen gracias á la corriente de sangre oxigenada, los fenómenos de oxidación, de donde ha de resultar la disociación definitiva.

Bokorny ha demostrado que el principio reductor de la célula es fijado en su protoplasma, que es coloide, no dializable, alcalino, y que su poder desaparece bajo la influencia de los ácidos, aun muy dilatados.

Así se encuentra confirmada una vez más por estos importantes experimentos la observación hecha por A. Gautier en 1882, á saber, que la vida anaerobia que se creía entonces ser propia solamente de ciertos microorganismos inferiores, constituye el modo de funcionamiento de la mayor parte de los protoplasmas. Para probar esta afirmación se fundaba Gautier en dos órdenes de pruebas: 1.º, en que el organismo animal produce un cierto número de materias reducidas, entre otras las ptomainas y las leucomainas, que había descubierto el mismo autor; y de una manera más general el conjunto de substancias que se forman por la descomposición bacteriana de los albuminoides; ácido acético, butírico, ácidos diversos, ácido carbónico y amoníaco reemplazando á la urea.

La segunda prueba estaba tomada de que la cantidad de oxígeno que se encuentra en la totalidad de nuestras excreciones excede próximamente del 19 por 100, es decir, cerca de un quinto, á la

cantidad de oxígeno tomado del aire inspirado. De aquí se sigue que la quinta parte próximamente de los productos excretados por el animal se forma por simple desdoblamiento fermentativo, sin intervención del oxígeno del aire, esto es, en virtud de un funcionamiento anaerobio, comparable al del fermento butírico, al de la levadura de cerveza, ó al de las bacterias putrefactivas.

Por consiguiente, cuando las sustancias albuminoides se transforman en las células hepáticas, esencialmente reductivas, en glucógeno, principios grasos y urea, estas sustancias no pueden provenir de una oxidación. Representan desde luego, derivados formados por hidratación directa de las materias albuminoides y sin que intervenga el oxígeno.

Que este desdoblamiento fermentativo de los albuminoides del protoplasma se realice en el hígado, en los músculos, en los riñones ó en las otras células del organismo, de hecho la urea ó las sustancias análogas, creatinina, ureidos, cuerpos xánticos, etc., no pueden resultar de una oxidación los productos nitrogenados de esta transformación, en cuanto son formados en un medio reductor.

Toman su oxígeno del que existe ya combinado en las materias albuminoides, que se disocian sin la intervención del aire. Esta producción de urea y de cuerpos nitrogenados análogos, es, por decirlo así, la medida de esta disociación regular, de esta vida anaerobia del protoplasma.

Pero para destruir así por fermentación estos albuminoides, cada célula tiene sus variantes y su modo de acción. En el hígado, al lado de la urea aparecen la colessterina, el glucógeno, la glucocola y la taurina. En la mayor parte de las otras células, particularmente en las células conjuntivas ó adiposas, la destrucción de las mismas sustancias es acompañada de la formación de grasas, de ácido láctico, de cuerpos amidados, de glucógeno ó de azúcar, aunque estos últimos sean generalmente transformados ellos mismos en grasas, según acabamos de ver.

**Destrucción de los albuminoides en el protoplasma reductor.** — De esta primera etapa de la destrucción de los albuminoides por el protoplasma reductor resultan finalmente la urea y los azúcares, el glucógeno, cuerpos grasos, colessterina, ácidos lácticos y acaso otros ácidos acompañados de una pequeña cantidad de tirosina, de glucocola y de taurina que lleva consigo todo el azufre, y como intermediarios el conjunto de otras materias nitrogenadas, creatina, cuerpos úricos, leucomainas, etc., que, como sabemos, se producen en el organismo.

Entre estas sustancias, unas, como la urea, la creatina, transformándose en creatinina, las leucomainas, etc., pasan á las orinas y son directamente excretadas, sin experimentar ulteriores transformaciones; otras como la glucocola y la taurina pasan parcialmente por la bilis en el estado de ácidos conjugados, ácidos gluco-

cólico y taurocólico. La tirosina se encuentra nuevamente en las glándulas, pero una parte notable de ella es también destruída por oxidación y transformada en ácido benzoico. Este ácido uniéndose á la glucocola, da ácido hipúrico, que á su vez pasa á las orinas.

Pero en general, los ácidos amidados, tales como la leucina, se transforman en urea, uniendo su nitrógeno amoniacal al grupo ciánico, que constituye parte esencial de la molécula albuminoide.

De hecho está experimentalmente probado hoy que la ingestión de estos ácidos amidados hace aumentar proporcionalmente á su nitrógeno la cantidad de urea excretada. En cuanto á los ácidos lácticos, formados al mismo tiempo, una parte se oxida y se une á la urea, para formar los ureidos, especialmente el ácido urico. Otra parte pasa á la sangre, en el estado de sales de sosa, para experimentar una serie de oxidaciones, de las cuales hablaremos después.

De los principios albuminoides proporcionados á la economía ó formados por ella, y destruídos en el curso de esta primera etapa en que la célula funciona al abrigo del oxígeno, sólo quedan, pues, derivados ternarios; hidratos de carbono, substancias grasas, ácidos grasos ó lácticos, que van á experimentar una oxidación más ó menos completa, de la misma manera que las materias semejantes aportadas por la alimentación, ó que habían podido almacenarse en la sangre y en los tejidos.

**Desasimilación por oxidación.** — Esta desasimilación por oxidación que, gracias á su estado y á la evidencia de sus productos de combustión, como también por el calor que desarrolla, ha llamado hasta aquí la atención de los fisiólogos, constituye la segunda etapa de este fenómeno. De ella va á resultar la transformación de los azúcares y grasas en productos sobreoxigenados, agua y ácido carbónico principalmente, y un suplemento considerable de calor y de energía.

Ya veremos que los hidratos de carbono se oxidan en la sangre parcialmente y por grados, pero que su mayor parte experimenta previamente una especie de fermentación, con pérdida de ácido carbónico, que tiene por efecto el cambiarlos en grasas.

Almacenados en las células, y particularmente en las del tejido adiposo, experimentan á su vez los cuerpos grasos en ciertas condiciones, una saponificación, resultando de una parte glicerina, y de otra, ácidos grasos, que disueltos en virtud de la ligera alcalinidad de la sangre, son poco á poco quemados, y finalmente transformados en agua y ácido carbónico con producción considerable de calor.

Gracias á esta serie de oxidaciones finales que subsiguen á la etapa de los desdoblamientos fermentativos, la materia alimenticia inicial cargada de energía, se ha cambiado completa y gradualmente en cuerpos saturados de oxígeno, solubles ó volátiles, incapaces de

combustión más avanzada, y por consiguiente inútiles ya y destinados á ser eliminados.

Aun estos fenómenos de oxidación que se cumplen en la sangre ó en la periferia de las células no parecen directos. Jacquet, en 1892, ha hecho ver que los cuerpos más oxidables, los aldehidos, los azúcares, etc., mezclados con la sangre oxigenada, no se oxidan casi nada. Por el contrario, absorben rápidamente el oxígeno, si se añade á esta sangre una pequeña parte de pulpa fresca de diversos órganos, como de los pulmones, músculos, etc. Por consiguiente, parece que los tejidos contienen un *fermento de oxidación*, soluble en el agua, insoluble en el alcohol, el cual desaparece por el débil calor de 70 á 80°, desapareciendo también sus efectos oxidantes.

**Productos nitrogenados de desasimilación.** — Conocemos en sus líneas generales el mecanismo de la desasimilación, por la cual el animal, apropiándose de la materia orgánica, regenera el protoplasma de sus células, gracias á la llegada incesante de materias albuminoides, desdobladas, simplificadas por hidratación en el curso de la digestión, ó por su paso á través de los linfáticos intestinales y del hígado.

Sabemos que cada especie de células asimila un producto de las materias proteicas específicas, uniendo entre sí, ó con los productos y las diversas sales que segrega, ó de las cuales dispone, las sustancias que derivan de estas transformaciones preparatorias.

Hemos visto también que cada protoplasma así constituido, por el mismo juego de su actividad, destruye los principios proteicos de que está formado, por una serie de fenómenos fermentativos anaerobios, cuyo mecanismo consiste casi únicamente en la hidratación de la molécula albuminoide, en virtud de la cual la urea queda definitivamente separada, sin que intervenga el oxígeno del aire ó de la sangre.

El glucógeno, la glucosa, las grasas, algunos cuerpos amidados, y en algunas células la creatina y la colessterina, son los principales términos de esta primera etapa de desdoblamiento de las materias albuminoides. Sólo posteriormente, en una segunda etapa, los hidratos de carbono y las grasas así formados, son definitivamente quemados.

Este segundo período, período de combustión, ó aerobio, está localizado en la sangre y en la periferia de las células. Bajo la influencia del oxígeno, los productos formados en el período de la etapa fermentativa desaparecen á su vez. En este segundo caso los últimos términos de la combustión son casi siempre los mismos: el agua y el ácido carbónico como términos definitivos; como intermediarios los diferentes ácidos derivados de la oxidación sucesiva y gradual de los ácidos grasos; ácidos succínicos y oxálicos, producidos por una oxidación muy avanzada; ácido láctico y homólogos, que se oxidan en seguida en la sangre.

Cualquiera que sea la célula, son siempre los azúcares, las gra-

sas, los ácidos grasos, los que desaparecen en el curso de esta oxidación y los que dan los mismos productos definitivos, y poco más ó menos los mismos intermediarios.

No sucede lo mismo en la etapa inicial anaerobia, donde todo se reduce á desdoblamiento fermentativo; los protoplasmas que se destruyen por hidratación son diferentes en cada especie de células.

Antes de transformarse en urea, creatina, cuerpos úricos, hidratos de carbono, ácidos grasos, pasan por una serie de intermediarios, variables en cada caso, de donde resulta una porción de derivados nitrogenados, cuya actividad específica, generalmente muy grande, su encadenamiento y sus relaciones entre sí con los albuminoides de los cuales proceden, y con la urea hacia la cual tienden, merecen un estudio especial.

**Derivados inmediatos de las materias albuminoides.** — Siguiendo la clasificación de A. Gautier, dividiremos estos derivados en cuatro clases, á saber:

1.<sup>a</sup> Derivados proteicos de albuminoides constitutivos de los tejidos.

2.<sup>a</sup> Cuerpos amidados.

3.<sup>a</sup> Leucomainas, ó bases animales.

4.<sup>a</sup> Ureidos.

**CLASE 1.<sup>a</sup> Peptonas.** — Ya hemos visto que las materias proteicas al desdoblarse por hidratación se transforman en peptonas en el intestino, y que, teniendo un peso molecular mucho más pequeño que los albuminoides primitivos, estas peptonas guardan, sin embargo, los caracteres generales de estas últimas sustancias, constituyendo los derivados inmediatos.

Como las sustancias proteicas, las peptonas contienen los cinco elementos, carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y azufre, y en proporciones análogas á aquéllas, como aquéllas también son á propósito al hidratarse para transformarse en amidos complejos, que acompañan á la urea y al oxamido, que pueden á su vez transformarse, si la hidratación continúa, en carbonato y oxalato de amoníaco.

Por una hidratación más avanzada las peptonas son desdoblables en ácidos amidados, leucina, glucocola, tirosina, etc., y en sales amoniacaes. Dan la reacción de Millon, y por tanto, son esencialmente albuminoides.

Las peptonas están caracterizadas por ser incoagulables por el calor, y las diversas sales neutras, alcalinas y terrosas no las precipitan en soluciones aun muy concentradas; por su grande solubilidad en el agua y el alcohol debilitado; por no precipitar por el ácido nítrico y el ferrocianuro de potasio acético, como tampoco por el sulfato de magnesia ni por el de amoníaco, ni aun en exceso, sales que precipitan en estas condiciones todas las materias albuminoides. Pero difieren de estas últimas sustancias en particular por su débil peso molecular.

Entre otras reacciones, se reconoce á las peptonas en que sus soluciones adicionadas de algunas gotas de sulfato de cobre muy dilatado, y después de lejía de sosa, se coloran en azul rosa violáceo.

Las peptonas tienen el doble carácter ácido y básico, lo mismo que los albuminoides de los protoplasmas, pero mucho más acentuado que en estos últimos.

En cuanto ácidos, se unen á los álcalis y tierras alcalinas para dar peptonas solubles, desalojando el ácido carbónico de los carbonatos terrosos y enrojando débilmente el tornasol.

En cuanto alcaloides débiles, las peptonas precipitan por los ácidos fosfotungsténico y fosfomolibdico en líquidos muy ácidos, por el yoduro de potasio yodurado, el cloruro y nitrato mercúricos, y las sales de plata.

En general, dan cloroplatinatos solubles é incristalizables ó difícilmente cristalizables.

Estos caracteres de basicidad clara en las peptonas y apenas sensible en los albuminoides primitivos de donde se derivan, constituyen los primeros términos de la serie de las bases animales ó leucomainas.

Antes de que A. Gautier hubiese descubierto estas últimas substancias, estas propiedades básicas de las peptonas pasaban casi desapercibidas, ó, por lo menos, eran consideradas casi sin interés; pero hoy sabemos además que á estos caracteres alcalóidicos, las peptonas reúnen aún el de ser tóxicas á dosis un poco elevada.

Las toxinas, los venenos, las diastasas mismas segregadas por los microbios, por los glóbulos blancos y por ciertas glándulas que gozan como las peptonas de este doble carácter albuminoide y básico, deben á este último el entrar en la familia de las leucomainas complejas, producidas por los animales. Las peptonas y toxalbuminas forman la subclase de las leucomainas proteicas.

---

## CAPÍTULO XXXIII

Toxalbuminas. — Toxinas. — Fermentos diastásicos. — Clase 2.<sup>a</sup> Cuerpos amidados. — Ácidos grasos ó aromáticos de constitución conocida. — Clase 3.<sup>a</sup> Leucomainas. — Ptomainas. — Clase 4.<sup>a</sup> Ureidos del organismo. — Ácido úrico. — Hidratos de carbono. — Cuerpos grasos. — Aromáticos. — Consecuencias.

BIBLIOGRAFÍA. — A. Gautier: *Chim. de la cel. vivant*. — Straus: *Transf. dans la science*. — M. Arthus: *Chim. physiol.* — Schröder: *Rech. sur biol. anthrop.*

**Toxalbuminas. Toxinas.** — Muchos de los tejidos normales tratados por el agua fría y todavía mejor por el agua salada del 7 á 8 por 1000, dan extractos que, privados por diálisis de sus partes cristalizables, son extremadamente tóxicos; tales son, por ejemplo, los extractos del bazo y sobre todo del hígado.

Una dosis de extracto correspondiente á 15 ó 20 gramos de tejido hepático produce en los animales una laxitud extrema con contracción pupilar; después de una á dos horas los sujetos sometidos á la inyección son atacados de diarrea y mueren en la postración.

El extracto acuoso de los riñones, hecho en frío, es piretógeno.

Esta toxicidad parece corresponder sobre todo á ciertas materias albuminoides específicas solubles y comparables á las de los venenos, porque después de haberse calentado á cien grados los líquidos pierden en parte su toxicidad.

La producción de albuminoides venenosos por los animales y las plantas se halla ya indudablemente establecida.

Se sabe hoy que la sangre de animales reputados inofensivos contiene albuminoides tóxicos, como la sangre de anguila y la de los murénidos; por último, se ha observado que ciertas arañas contienen también toxalbuminas.

Esta propiedad del organismo de producir así albuminoides tóxicos es, pues, muy general, así en los grandes animales como en los seres inferiores; los hongos tóxicos y los microbios fabrican con frecuencia las toxalbuminas, según ya dejamos establecido en otro lugar. Se ha comprobado que el veneno segregado por el estafilococo áureo es de naturaleza albuminoide y tiene las propiedades

generales de estas substancias, digiriéndose por la pepsina y dejando un residuo de nucleína precipada por el alcohol.

Las albúminas venenosas se han encontrado también en los granos de ricino, en algunas frutas y en la corteza de ciertos árboles.

Todas estas toxinas pierden en gran parte su actividad cuando se las calienta, aun en el caso de que no coagulen sus extractos.

**Fermentos diastásicos.** — Las toxalbúminas y las diastasas están separadas por pequeño espacio por sus caracteres, por más que se diferencien esencialmente. Sin embargo, el origen de éstas es más particularmente vegetal.

Todas las substancias correspondientes á este grupo se conducen como verdaderas diastasas en cuanto obran á dosis mínimas y pierden en gran parte su actividad por una débil elevación de temperatura.

Entre las peptonas tóxicas, las albumotoxinas de los venenos y de las sangres tóxicas y los fermentos diastásicos, es difícil marcar un límite diferente de su origen ó su grado de actividad mayor ó menor. No es este lugar á propósito para indagar cómo una substancia albuminoide inofensiva y alimenticia se transforma al atravesar tal ó cual glándula en un albuminoide nuevo dotado de propiedades tóxicas temibles.

Desde el punto de vista de la nutrición general de la célula, no hay aquí nada que pueda sorprendernos.

Una especie albuminoide que se modifica, gracias á los mecanismos de asimilación y de desasimilación, de los cuales ya hemos hablado, y aunque desde el punto de vista de sus efectos, la toxalbúmina ó el fermento producido sea muy diferente desde el punto de su constitución química, se aparta seguramente muy poco de la albúmina primitiva.

Encuéntranse aquí hechos de isomeria que se observan á cada paso en química orgánica; basta cambiar de sitio uno de los radicales de la molécula, complicarla ó simplificarla ligeramente para comunicarle propiedades fisiológicas muy especiales y muy activas. Esto es lo que particularmente se observa en las materias colorantes y en los antisépticos.

La gradación es insensible desde las albúminas inofensivas á las toxalbúminas y á las peptonas; de las peptonas á las leucomainas.

De las toxalbúminas á las vacunas no hay más que un paso. Se sabe hoy que el veneno de la víbora y acaso el de la cobra, calentados y después inyectados en los tejidos se convierten en verdaderas vacunas que preservan los animales contra la acción de estos mismos venenos. Pero lo que es notable en la acción de estos venenos solubles, es que á la manera de las vacunas las toxinas parece que obran más bien como fermentos, modificando lenta y profundamente la nutrición general de las células, más bien que como venenos químicos.

En efecto, su acción no es inmediata, y sólo después de cierto tiempo de incubación se produce la fermentación que da lugar bien á la inmunidad, bien á la enfermedad. Esto es al menos lo que sucede con las toxinas de los venenos calentados y con las del tétanos.

La lentitud de acción de estos venenos solubles no está, sin embargo, en contradicción con la hipótesis de su actividad puramente química. Las moléculas de funciones mixtas reaccionan tanto más lentamente las unas sobre las otras cuanto son más pesadas y menos conductoras. Este es el caso de las sustancias albuminoides.

**CLASE 2.<sup>a</sup> Cuerpos amidados.** — A los cuerpos amidados complejos que son sustancias nitrogenadas más simples, términos de paso entre los albuminoides y los productos de su desdoblamiento aerobio, los colocan los fisiólogos en la segunda clase de los derivados inmediatos á los albuminoides.

Entre los amidados, los más complejos son el ácido condroítico de los cartilagos, la coloidina que se acumula principalmente en los tumores coloides, la cerebrina del tejido nervioso.

Quisiéramos analizar aquí, apoyándonos en uno ó dos ejemplos, el mecanismo en virtud del cual estas sustancias se desprenden, por decirlo así, de la molécula proteica primitiva y se transforman sucesivamente en amoníaco y ácido carbónico ó urea de una parte y en cuerpos ternarios no nitrogenados, azúcares y grasas por otra.

Tomemos de entre estos derivados amidados complejos uno de los que han sido mejor estudiados en estos últimos años, el condromucoide. Se encuentran en el cartilago normal tres sustancias, por lo menos, que se pueden separar por los disolventes, los ácidos y las bases débiles. Estas sustancias son el ácido condroítico que es soluble en el agua, el colágeno ú oseína soluble en los ácidos débiles, y el condromucoide que se separa del tejido cartilaginoso después que las dos sustancias precedentes han sido separadas, tratando este tejido por soluciones alcalinas muy dilatadas y precipitando por el ácido acético.

Partiendo del condromucoide, sustancia albuminoide fundamental, la más importante del cartilago, vamos á ver si seguimos paso á paso sus transformaciones hasta su completo desdoblamiento en sustancias amidadas y cuerpos ternarios. Solamente hemos de recordar aquí que los desdoblamientos por hidrolisis que se verifican con el agua activada con los ácidos ó con las bases, la naturaleza los obtiene también con el agua, pero multiplicando la acción de ésta por virtud de los fermentos.

Bajo la influencia de la ebullición con la potasa al 5 por 100, el condromucoide se hidrata, pierde el amoníaco y probablemente los ácidos carbónico y oxálico, procedentes de la destrucción del núcleo ureico y oxámico propio de toda molécula albuminoide, y se transforma en ácido condroítico.