

Con estos datos se puede hacer el balance de entrada y salida de cada uno de los elementos.

Un perro colocado en la cámara respiratoria pasó en ella cinco días sucesivos y consumió por todo alimento 1500 gramos de carne fresca cada 24 horas. Después del tercer día se comprobó que el animal no perdía ni ganaba en peso y á partir de este momento se midió la totalidad de sus excreciones de toda especie. El cuadro siguiente da la cantidad media por 24 horas, como también la cantidad de *entradas* realizadas en el animal en el mismo tiempo:

SALIDAS		ENTRADAS	
	Gramos		Gramos
Orinas	1075	Carne	1500
Excrementos	40·7	Oxígeno del aire	477·2
Ácido carbónico	538·2		
Agua	354·8		
Hidrógeno protocarbonado	1·6		
Hidrógeno	1·4		

El peso del oxígeno tomado al aire en esta experiencia fué de 82 gramos; el resto del oxígeno expelido bajo la forma de ácido carbónico, ó sean 18 gramos por 100, procedía de los alimentos.

He aquí ahora el balance que expresa los resultados definitivos:

SALIDAS. — CARBONO		ENTRADAS — CARBONO	
	Gramos		Gramos
En la urea	21·6	En 1,500 gramos de carne.	187·8
En las materias extractivas de 1075 gramos orinas	9·6		
En los 40 gramos de excrementos	4·9		
En el ácido carbónico	146·7		
En el hidrógeno carbonado	4·2		
	184·0		187·8
HIDRÓGENO		HIDRÓGENO	
	Gramos		Gramos
En la urea	7·2	En la carne seca.	25·95
En las materias extractivas de la orina	2·5	En el agua de la carne.	126·50
En el agua de la orina	102·5		
En los excrementos secos.	0·7		
En el agua de las heces	3·2		
En el agua de la perspiración	39·4		
En el gas hidrógeno excretado	1·4		
En el gas hidrocarbonado excretado.	0·4		
	157·3		152·45
NITRÓGENO		NITRÓGENO	
	Gramos		Gramos
En la orina	50·4	En la carne	51·0
En los excrementos	0·7		
	51·1		51·0

OXÍGENO		OXÍGENO	
	Gramos		Gramos
En la urea	28'8	En la materia seca de la carne.	77'25
En las materias extractivas de la orina	15'9	En el agua de la carne.	1012'0
En el agua de la orina	820'3	Tomado del aire inspirado	477'2
En los excrementos secos.	1'5		
En el agua de los excrementos	26'3		
En el ácido carbónico excretado.	391'5		
En el agua perspirada	315'4		
	1599 7		1566'45
Total de salidas	1992'4	Total de entradas	1957'7

Sean las que fueren las objeciones que puedan hacerse al método de Pettenkoffer y Voit y aunque estos autores se hayan decidido á pesar los alimentos y los productos excretados y á deducir su composición elemental, según el cuadro previamente trazado de su composición media, se puede observar que, un 1 por 100 más ó menos, se llega á encontrar en las excreciones la totalidad de los elementos contenidos en los alimentos absorbidos.

También se observa, según las cifras del balance que acabamos de exponer, como estos elementos se distribuyen en las diversas deyecciones y en los productos espirados.

Efectivamente, el carbono de las excreciones arroja un déficit de más de 3'5 gramos sobre el de los alimentos, lo cual puede explicarse, aun cuando la variación de peso del cuerpo del perro de la experiencia haya sido nula, observando que cuando se nota que este elemento ha sido dosificado en una fracción muy pequeña del aire que salía del aparato, es posible este pequeño error, siendo por otra parte posible también en las entradas en virtud de que lo que se ha apreciado es la composición media de la carne.

El nitrógeno parece que no ha variado, pero también sabemos según recientes observaciones, que una pequeña cantidad de nitrógeno desaparece en estado gaseoso por el pulmón y la piel.

Este método se ve por tanto que es insuficiente para comprobar este punto tan delicado.

En la alimentación de los herbívoros el balance de las entradas y salidas se dispone de otro modo, demostrándose visiblemente la diferencia que existe entre el carnívoro y el herbívoro bajo el punto de vista del modo de eliminación de los diversos principios alimenticios.

La vía fecal en el herbívoro es muy superior á la vía urinaria, la cual por el contrario prepondera en el carnívoro para todos los elementos. En el primero, la mitad próximamente del peso de las materias introducidas por la alimentación es arrastrada por las heces; la respiración y la perspiración arrastran relativamente menos carbono, hidrógeno y oxígeno, pero más nitrógeno que en el carnívoro.

Influencia del régimen en la nutrición. — Esta influencia se deja sentir de una manera muy notable en los casos de alimentación exclusiva, no dando al animal otro alimento que carnes grasas ó hidratos de carbono. En este sentido se ha practicado una serie de experimentos muy interesantes.

Alimentando algunos perros solamente con carne magra, se ha comprobado que la cantidad de albuminoides que atraviesa la economía, mientras que estos animales no experimentan crecimiento ni disminución sensible, va creciendo con la cantidad de carne ingerida. En el momento en que el alimento en exceso no es asimilado sino sencillamente rechazado por el intestino, este fenómeno se deja sentir por la no absorción proporcional de oxígeno en el pulmón.

Cuando las cantidades de carne proporcionada son insuficientes, la economía quema sus tejidos musculares, y sobre todo los adiposos, que disminuyen de peso. Si la carne ingerida es abundante, se produce un pequeño depósito de grasa en los órganos. Si se eleva todavía la cantidad de carne ingerida, el organismo padece con este exceso que se traduce por una pérdida en las materias albuminoides.

A medida que se aumenta el peso de las materias nitrogenadas alimenticias, aumenta la urea en las orinas, no proporcionalmente á la carne ingerida, sino solamente á la que de hecho es asimilada.

La adición de grasas á la carne da lugar á la economía de materias nitrogenadas, pero el régimen de grasas solamente no impide la desasimilación de los albuminoides. Esta, calculando sobre la urea, crece hasta cierto límite con la cantidad de carne ingerida y á pesar de la adición de cuerpos grasos. Cuando á una ración media de carne se añade mucha grasa, una parte de esta última se deposita en los órganos, pero otra parte más considerable es quemada y lanzada al exterior, desapareciendo de un modo ó de otro.

Los carnívoros exclusivamente alimentados con hidratos de carbono, perecen como si hubieran estado sometidos á un régimen de inanición, consumiendo sus tejidos nitrogenados y alguna vez haciendo al mismo tiempo reservas de cuerpos grasos.

Cuando á un régimen exclusivo de carne se añade por el contrario alimentos hidrocarbonados, los animales aumentan de peso y eliminan una menor proporción de urea. Una pequeña cantidad de almidón basta para darles fácilmente grasa y para producir una parte de la energía que antes tomaban enteramente de la desasimilación de la carne muscular.

Ya hemos visto anteriormente cómo puede ser comprendida la alimentación normal y las relaciones que deben existir entre los principios albuminoides, las grasas y los hidratos de carbono para obtener el mejor resultado de los alimentos, desde el punto de vista de la conservación de la salud y de la producción de calor y de fuerza.

CAPÍTULO XXXVI

Acción de los fermentos en la nutrición general. — Consideraciones generales sobre los fermentos figurados. — Manera de obrar de los fermentos solubles.

BIBLIOGRAFÍA. — A. Gautier: *Chim. biol.* — M. Arthus: *Chim. physiol.* — Berthelot: *Essai de mécan.* — Engel: *Chim. méd.* — Fleurent: *Analy. chim.*

Acción de los fermentos en la nutrición general. — Desde que el inmortal Cl. Bernard echó los fundamentos para la nueva teoría de las fermentaciones, éstas han venido desempeñando el papel de estudio interesante en toda investigación biológica. Posteriormente los progresos de la microbiología han aportado nuevos datos sobre este interesante asunto, desarrollándose cada día más la esfera del conocimiento en cuanto se refiere á la importancia química y fisiológica de la célula fermento.

En tal concepto y dentro de los límites marcados por la índole de este libro, reuniremos en un solo capítulo lo que sobre los fermentos dejamos indicado, ampliándolo con algunos detalles prácticos, según los últimos datos obtenidos por la experimentación directa.

Si introducimos en un recipiente ancho y de fondo plano un líquido alcohólico acidulado, conteniendo sales y otras materias á propósito para dar los elementos minerales y el nitrógeno suficiente al desarrollo y crecimiento de los seres inferiores, encontraremos la base para una serie de fenómenos de gran importancia. Coloquemos en el recipiente:

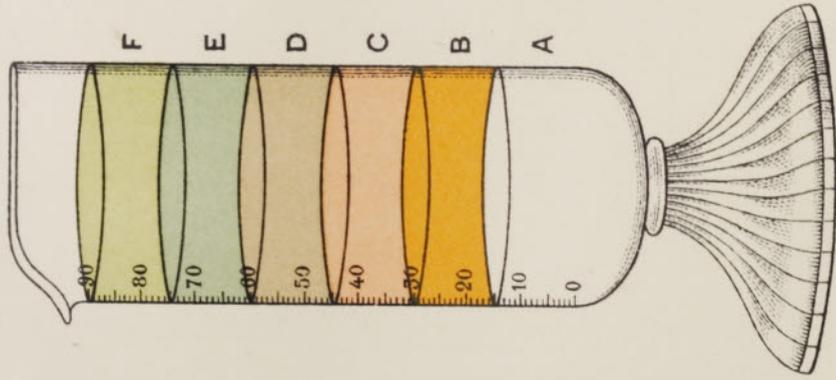
Agua de levadura hervida	100	partes.
Ácido acético cristalizable	1'6	—
Alcohol.	4	—

Por otra parte, tomemos con una varilla calentada á la llama, una gota de vino que espontáneamente se haya hecho agrio en contacto con el aire, y llevemos esta gota de vino sobre el líquido que hemos preparado. Por último, cerremos esta capacidad con un

LÁMINA III

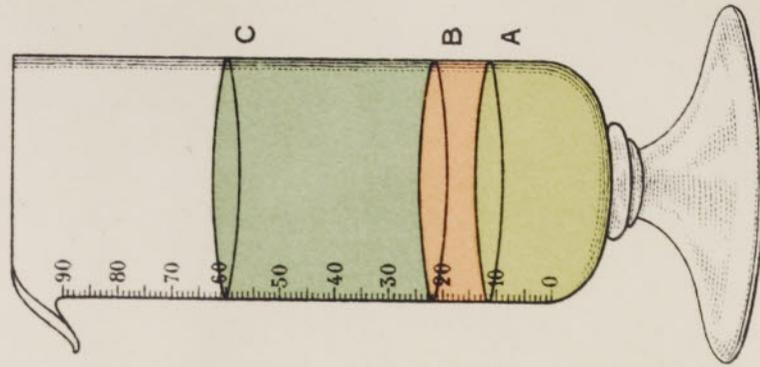
REACCIONES DE LOS PIGMENTOS BILIARES

Reacción de Gmelin



BILIS DILUIDA

Reacción de Ehrlich



BILIRUBINA



tapón que tenga un tubo lateral recurvo, cuya extremidad abierta entre en una cubeta de mercurio y abandonemos el todo á una temperatura de 25 á 30 grados.

Al cabo de pocos días se forma sobre la superficie del líquido una delgada capa blanquecina, al mismo tiempo que el mercurio sube en el tubo lateral, indicando así que se ha producido el vacío en el interior de la capacidad, en la cual ha sido absorbida una parte del oxígeno contenido.

Si cuando esta absorción ha llegado á su máximo examinamos la naturaleza de los gases que han quedado, encontraremos que el oxígeno ha desaparecido completamente y que sólo queda nitrógeno en la mezcla, con 1 á 1'5 por 100 de ácido carbónico. Haremos constar por último que el alcohol ha disminuído notablemente en el líquido: ha sido oxidado, transformado en ácido acético, que acompañado de vestigios, de aldehído y de un poco de ácido succínico, permanece en la mezcla.

El ácido acético formado y la pequeña cantidad de algunos productos secundarios que lo acompañan, no corresponden á la totalidad del alcohol desaparecido. Una parte de esta substancia ha sido utilizada para construir materia organizada por el pequeño ser que pululando en la superficie del líquido forma esa capa blanquecina constituida por millares de células.

Efectivamente, si examinamos el vino agrio que nos ha proporcionado la semilla, ó la capa que recubre el líquido de cultivo, veremos allí pequeñas células en su medio de $1\mu 5$ de diámetro reunidas generalmente en rosarios articulados.

Sólo viven bien en la superficie y allí se reproducen con una rapidez tal que en 24 horas se pueden formar algunos millones por metro cuadrado.

Se apoderan de una parte del oxígeno del aire, y además del alcohol que transforman rápidamente en ácido acético.

Esta absorción de oxígeno es tan viva, que en 24 horas el pequeño organismo transporta sobre el alcohol más de cien veces su propio peso de este gas.

En virtud de esta oxidación rápida se eleva la temperatura y el nuevo ser se desarrolla produciendo, según hemos visto, ácido acético y desprendiendo una pequeña cantidad de ácido carbónico.

Este es un ejemplo de una célula que se nutre de un alimento casi único, el alcohol; con algunas sales y materias nitrogenadas del líquido, esta substancia basta para resistir y llegar á su desdoblamiento.

El micodermo respira, al mismo tiempo absorbe ávidamente el oxígeno que pasa al alcohol, no dejando desprender más que una débil proporción de ácido carbónico.

El *mycoderma aceti* excreta casi únicamente ácido acético, producto de oxidación del alcohol que absorbe. (Fig. 117.)

Gracias á esta combustión interna, vive y se desarrolla trans-

formando el potencial del sistema *alcohol-oxígeno* en calor, electricidad, acciones químicas, ó cualquiera otra forma de la energía propia pasa á ser utilizada por él para organizar la materia inerte, desarrollarse y reproducirse.

Es cosa sabida que en los vinos rojos nuevos, dejados al aire libre, se forman en su superficie ciertas películas blancas, que siendo al principio muy delgadas, van engrosando poco á poco y constituyen lo que se llama *flores del vino*. Vistas al microscopio se las ve constituidas por una infinidad de pequeñas células ovales, turgentes, que tienen uno ó dos vacuolos en el interior. Este es el *Mycoderma vini* de M. Pasteur.

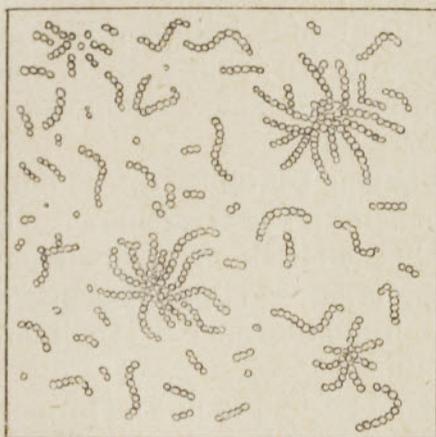


FIG. 117

Mycoderma aceti

FIG. 118

Mycoderma vini

Coloquemos en un líquido acuoso que contenga del 7 al 8 por 100 de alcohol, muy ligeramente acidulado ó en un vino rojo ó blanco casi neutralizado, una pequeña cantidad de estas flores del vino. Muy pronto estas células se multiplicarán rápidamente y absorberán á la vez el alcohol y el oxígeno, calentando el líquido. Pero en lugar de ácido acético el *Mycoderma vini* sólo producirá agua y ácido carbónico; el volumen de este último será próximamente las dos terceras partes del oxígeno desprendido.

Este pequeño ser se nutre, por consiguiente, y se desarrolla con el mismo alimento que el precedente, el alcohol. Ha respirado el oxígeno como el primero, acaso más vivamente que éste; pero ha segregado abundantemente, no el ácido acético sino el ácido carbónico y el agua.

Hasta cierto punto se puede comparar su funcionamiento al de un animal que vive de alimentos hidrocarbonados, respirando el aire del cual absorbe el oxígeno y espirando abundantemente el ácido carbónico, mientras que se calienta y gasta la energía necesaria para su funcionamiento y desarrollo.

He aquí, pues, dos fermentos que se nutren con el mismo alimento, que el uno y el otro respiran abundantemente el oxígeno

atmosférico, pero que, específicamente diferentes, transforman en condiciones idénticas un mismo alimento en productos desemejantes.

El mycoderma aceti absorbe rápidamente el oxígeno y da apenas un volumen de ácido carbónico igual á $\frac{1}{48}$ del oxígeno que consume. El resto del oxígeno se encuentra en el ácido acético que excreta.

El mycoderma vini rechaza bajo la forma de ácido carbónico las dos terceras partes del oxígeno que respira. El agua que fabrica al mismo tiempo, quemando el alcohol, contiene el excedente del oxígeno desaparecido. Estos son los solos productos exteriores de su actividad.

Pero fijémonos también en que este mycoderma se reproduce rápidamente, y que una parte de la energía latente del alcohol que le ha servido de alimento ha sido almacenada por las nuevas células bajo la forma de substancias combustibles diversas: albuminoides, grasas, cuerpos hidrocarbonados, etc., productos de toda especie; por más que gracias á él la materia, de mineral ó relativamente muy simple, se ha organizado y transformado en los principios químicos más complejos.

Examinemos otro ejemplo de un ser inferior que tiene necesidad de la acción del aire para vivir, pero que no absorbe oxígeno en proporción sensible. Dejemos al aire leche azucarada mezclada con creta y á una temperatura de 40 á 45 grados.

Esta leche se pondrá agria en seguida. Si entonces llevamos una gota de esta leche á una solución de azúcar de uva, adicionada con un poco de fosfato de amoníaco y de algunos elementos minerales, tales como las cenizas de levadura de cerveza mezcladas con un exceso de creta, se verá como se produce en el fondo del líquido un depósito gris, un poco viscoso, constituido por pequeños artículos estrangulados en su medio de 1'6 μ de diámetro formando rosarios ó conjuntos.

Este microbio no puede vivir en el ácido carbónico puro, aunque le es suficiente una cantidad de aire muy pequeña para su evolución.

Desde que aparece el líquido se hace ácido en virtud de la formación de ácido láctico, cuya acidez detendría poco á poco su evolución; pero la creta añadida satura el ácido láctico que se forma y la acción se continúa en tanto que queda azúcar para que se alimente el fermento. Este obra de igual manera sobre todos los azúcares á propósito para experimentar la fermentación alcohólica, transformándolos entonces en una cantidad casi igual peso por peso de ácido láctico producido.

He aquí, pues, un organismo muy diferente de los precedentes: no absorbe más que poco ó nada de oxígeno y no desprende ácido carbónico. Nútrese de azúcares fermentescibles, pero fuera de la pequeña proporción que prepara para organizar sus células, se

ocupa sólo en transformar estos azúcares en un peso casi igual de ácido láctico que se encuentra en los líquidos.

El oxígeno no está, pues, intervenido en este caso sino muy indirectamente en las modificaciones que afectan al alimento. El fermento láctico no ha acumulado este gas sobre los azúcares para transformarlos en ácido láctico; sencillamente los ha desdoblado sin añadir nada y en esto el mecanismo de su actividad se diferencia profundamente del de los organismos precedentes: es un modo de vivir de la célula que corresponde á un tipo diferente.

Sin embargo, en este caso se produce un fenómeno que relaciona el funcionamiento del fermento láctico con el de los mycodermas precedentes. En virtud de un cambio de la materia azucarada en ácido láctico, una parte de la energía potencial ha pasado del azúcar, donde estaba almacenada, á los productos fabricados por las nuevas células del fermento.

Este auxilio de energía le ha permitido hacer con un alimento muy simple, la albúmina, hidratos de carbono diversos, grasas, etc., y ha podido organizar la materia inerte, funcionar y reproducirse. Una molécula de glucosa da, en efecto, al quemarse en el calorímetro 1355 calorías; las dos moléculas de ácido láctico formadas al quemarse no dan más que 1318 calorías; la diferencia de 37 calorías ha desaparecido al pasar el sistema azúcar al sistema ácido láctico.

Estas 37 calorías, ó más bien la energía que les corresponde, son las que han sido puestas á disposición del fermento que las ha empleado en formar y organizar las sustancias de los nuevos tejidos.

Por estos tres ejemplos se ve claramente:

1.º Que la nutrición tiene por objeto final el dar á las células la energía que de la materia alimenticia se transfunde, por decirlo así, á la nueva materia que se forma;

2.º Que las transformaciones de los principios nutritivos, sus modificaciones íntimas de constitución química y de estructura pueden, fuera de toda intervención del organismo, ser suficientes para organizar la materia y para proporcionar al nuevo ser la energía necesaria para su funcionamiento.

Ya hemos visto que aun entre los animales superiores estos fenómenos de desdoblamiento de los materiales nutritivos sin intervención del oxígeno son una fuente importante de calorificación y de actividad.

Ahora otro ejemplo nos va á demostrar que el mismo organismo, la misma célula es á propósito, según las condiciones en que se la coloque, para sacar la energía indispensable á su actividad y á su reproducción, unas veces del simple desdoblamiento de sus alimentos, otras de la destrucción total de éstos, pero en este segundo caso con la intervención del oxígeno del aire.

Trátase de la *levadura de cerveza* que está constituida por dos va-

riedades: una que nada en la superficie de los depósitos y es la cerveza alta; otra que cae al fondo y es la levadura baja ó elíptica.

Consideremos la primera, la cual á la temperatura ordinaria hace nacer una fermentación rápida en los líquidos azucarados. Examinada al microscopio se la ve formada por paquetes ramosos de rosarios de células casi esféricas ó un poco alargadas, turgescientes, con un núcleo muy visible. Reprodúcese por brotes y el pequeño brote resulta semejante á la célula madre y á su vez produce otros brotes.

Tomemos un poco de esta levadura en el estado fresco y pongámosla en un tubo grande de cristal exactamente cerrado en la base por un pedazo de papel pergamino atado al rededor de un tubo y que entre en una solución á 16 ó 20 por 100 de azúcar de caña muy puro. El aparato puede ser construído de manera que no contenga nada ó casi nada de aire y que los gases formados en el depósito de pergamino, ó exteriormente en el frasco que lo contiene, puedan ser recogidos separadamente sobre el mercurio.

En virtud de la diálisis, el líquido azucarado del frasco grande pasará á través del pergamino y se pondrá en contacto con la levadura; pero ésta, incapaz de pasar por el papel pergamino, sólo dialisará sus partes solubles. Al cabo de algunas horas, sobre todo á las 25, se desprenderá un gas en el tubo y pasará á una de las campanas introducidas en el mercurio. Este gas es el ácido carbónico puro. Al mismo tiempo el líquido contenido en el tubo central se cargará de alcohol al contacto directo con la levadura.

Nada parecido sucederá en el frasco. En él no se producirá ni alcohol ni ácido carbónico. La sacarosa primitiva del líquido no ha sido transformada, cambiándose en una mezcla de dos azúcares nuevos, glucosa y levulosa, siendo igual la composición de la una y de la otra.

Este fenómeno es producido bajo la influencia de un agente especial de uno de esos fermentos solubles, de los cuales ya nos hemos ocupado y cuya actividad tanto influye en las reacciones intraorgánicas.

En el caso de la levadura, este fenómeno soluble es la invertina, substancia albuminoide, específica, que segrega la levadura de cerveza y también algunas otras levaduras. Se la puede extraer del líquido del frasco grande de que hemos hablado, precipitándola por el alcohol y lavándola con el agua alcoholizada. La menor cantidad de esta invertina disuelta en el agua y vertida en una solución de sacarosa, desdobra en seguida la molécula de este azúcar en glucosa y levadura, materias azucaradas directamente fermentescibles, mientras que la sacarosa no lo era.

Pero en el tubo obturado con papel pergamino, la glucosa y la levulosa debidas á la hidratación del azúcar de caña que ha servido de alimento á las células de levadura, se han transformado, casi peso por peso, la primera al principio, y después la segunda, en

alcohol y ácido carbónico, sin que la levadura haya consumido una cantidad muy sensible de oxígeno, y esta cantidad de oxígeno absorbido puede todavía llegar á ser casi imponderable si se toman las debidas precauciones.

Haciendo fermentar el azúcar, la levadura ha producido calor que ha desaparecido; pero una parte de la energía latente tomada á la sacarosa primitiva ha desaparecido durante la formación de las nuevas células. Para una molécula de glucosa transformada en el sistema nuevo, alcohol + ácido carbónico, han debido producirse 71 calorías. Los hechos demuestran que el calor producido y desaparecido durante la fermentación no es igual al correspondiente á la cantidad que hemos expresado en calorías.

Para tomar las cifras que han dado los experimentos más precisos bajo la influencia de algunos gramos de levadura elíptica, 1000 gramos de sacarosa transformables por la invertina en 1055 gramos de glucosa y levulosa fermentescibles, han dado:

Alcohol vínico.	506'15 gramos.
— propílico.	0'02 —
— isobutílico	0'015 —
— amílico	0'51 —
Eter enantílico.	0'03 —
Glucol isobutilénico.	1'58 —
Glicerina.	28'30 —
Ácido acético	2'05 —
— succínico.	4'52 —
Materias nitrogenadas del líquido, no dosificadas.	» —
Ácido carbónico	492'95 —
TOTAL.	4036'41 gramos.

Al mismo tiempo se han producido 15 gramos de levadura de cerveza nueva, que han tomado menos de 0'15 gramos de oxígeno del aire disuelto en el líquido ó de la atmósfera.

En lugar de hacer vivir la levadura en la ausencia ó casi en la ausencia del aire, hagámosla fermentar en un líquido aireado sin cesar; en seguida va á cambiar su modo de funcionamiento. En estas nuevas condiciones se desarrollará en paquetes ramosos y vivaces, cuyo peso para 1000 gramos de azúcar desaparecido será superior á 250 gramos en el estado seco. Pero no formará ya el alcohol á expensas del azúcar. El 75 por 100 á lo menos de la glucosa desaparecerá transformada por una poderosa respiración, en sustancias hidrocarbonadas, grasas y albuminoides, con las cuales el microorganismo construye sus nuevas células.

La levadura ha arrebatado el nitrógeno de estas sustancias proteicas de nueva formación á los cuerpos hidrogenados de donde ha vivido, como sales amoniacales, amidos y productos extractivos del caldo de la levadura, sulfatos y fosfatos que le ha proporcionado el azufre de sus albuminoides y el fósforo de sus nucleínas.

En definitiva, con estas materias nitrogenadas ó minerales excrementicias, y los 250 gramos de azúcar desaparecidos y no transformado en agua y ácido carbónico, la levadura ha producido 102 gramos de albuminoides, 7 gramos de grasas, 15'7 gramos de celulosa, 110 gramos de materias amiláceas, 2'1 gramos de ácidos orgánicos diversos, y ha asimilado 14 gramos de materias minerales diversas.

Cultivada así en presencia de un gran exceso de aire, la levadura consume en una hora próximamente la octava parte de su peso de oxígeno, es decir, 284 veces más próximamente que un hombre despierto, en reposo, en el mismo tiempo y para el mismo peso.

El estudio de la vida de la levadura de cerveza nos conduce á algunas consideraciones generales de importancia.

Consideraciones generales sobre los fermentos figurados. — Un mismo organismo, una misma célula puede vivir en condiciones muy diferentes, respirando abundantemente en el aire ó viviendo casi sin oxígeno libre. En cada uno de estos dos casos la levadura vive y se desarrolla muy diferentemente. Cuando absorbe libremente el oxígeno en exceso, quema las tres cuartas partes del azúcar que se le presenta y dispone así de la gran cantidad de energía que resulta. En estas condiciones transporta esta energía en gran cantidad sobre los materiales de que dispone, fabrica substancias albuminoides y se multiplica rápidamente.

Si por el contrario vive al abrigo ó casi al abrigo del aire, y por consiguiente del oxígeno, no puede utilizar, por el mismo medio, el potencial químico del azúcar, sino que por un mecanismo muy diferente, entonces se ocupa en desdoblarse 95 por 100 próximamente del peso de la glucosa primitiva, en alcohol y ácido carbónico.

Una pequeña cantidad solamente de la energía química del azúcar que aquélla descompone, queda disponible, y la levadura la aprovecha para construir nuevas células, pero entonces en una proporción mucho más débil con relación al débil potencial desaparecido.

La rapidez de desarrollo y reproducción de la célula está por consiguiente en relación más bien con la cantidad de energía que ha quedado disponible que con la naturaleza misma del alimento. Las condiciones que cambian, viniendo á faltar el oxígeno, hacen que se modifique el funcionamiento, y aunque los principios constitutivos de la célula, los materiales protoplásmicos esenciales queden lo mismo, los productos formados, los productos de desasimilación cambian completamente, siendo ácido carbónico y alcohol si la célula carece de aire, ácido carbónico y agua si tiene aire en abundancia.

En el caso en que viva sin aire ó con una cantidad de aire insuficiente, fabrica principalmente materias combustibles, reservas hidrocarbonadas, alcohol, glicerina y aun substancias alcalóidicas,

verdaderas ptomainas que su análisis minucioso ha demostrado acompañan siempre á la fermentación alcohólica. Con el aire en exceso, por el contrario, la levadura sólo forma materiales inertes incombustibles, el agua y el ácido carbónico.

Ya veremos que á la manera de la levadura de cerveza, las glándulas y los tejidos de los animales superiores pueden funcionar en presencia de una cantidad de aire abundante ó insuficiente, y que los resultados de estos dos modos de funcionar son paralelos á los que acabamos de comprobar para la célula de levadura de cerveza, que vive bajo uno ú otro de estos dos estados.

La levadura que se desarrolla sin aire no vive indiferentemente de todo alimento hidrocarbonado soluble, sino que tiene necesidad de azúcar. Todavía necesita que este azúcar sea la glucosa, levulosa ó cuerpos de esta familia.

El azúcar de leche, la sacarosa misma, no le convienen en absoluto. No basta, por consiguiente, que un alimento sea soluble, ni aun transformable en alcohol y ácido carbónico por hidratación y desdoblamiento, para alimentar esta levadura; es necesario que el azúcar de leche ó la sacarosa sean previamente modificados, asimilados por el pequeño organismo. Aquí podemos analizar este notable mecanismo de la asimilación. La célula segrega un fermento soluble, la invertina, que por hidratación transforma desde luego la sacarosa en glucosa y levulosa, y este fenómeno puede producirse independientemente de la fermentación alcohólica y fuera de la célula, como ya hemos visto. Solamente después de esta transformación es cuando los azúcares formados son á propósito para fermentar. Ya hemos visto que ocurren fenómenos semejantes en el organismo animal; los fermentos solubles formados en las células especiales digieren y modifican los productos de células diferentes.

Por último, hemos de hacer constar que la energía de que dispone la célula de levadura en el curso de la fermentación del azúcar de caña proviene de dos orígenes; por una parte de la hidratación de la sacarosa y por otra del desdoblamiento de ciertos azúcares en alcohol y ácido carbónico, siendo estos dos procesos sucesivos é independientes. La oxidación no interviene en ninguno de los dos casos para producir el calor correspondiente á esta transformación.

Encontraremos también en los animales orígenes múltiples independientes de las oxidaciones, para la energía de que disponen.

En resumen, con el azúcar, el agua y algunas materias minerales y nitrogenadas la levadura de cerveza produce alcohol, grasas, la celulosa, hidratos de carbono, materias albuminoides, glicerina, ácido succínico y otros ácidos en débil cantidad, y ácido carbónico en abundancia. Esta levadura no se apropia la substancia nutritiva, el azúcar, que se le presentaba, sino que ha modificado profundamente este azúcar, hidratándolo y desdoblándolo después en su mayor parte; ha utilizado la energía que resultaba de estas

transformaciones para fabricar y organizar los materiales más semejantes entre ellos químicamente y necesarios para el desarrollo de sus nuevas células. En el caso en que la célula funciona al abrigo del aire, los productos correspondientes á 1000 gramos de sacarosa desaparecida dan una suma de 1036 gramos comprendido el ácido carbónico que se desprende.

Al mismo tiempo se han formado 15 gramos de levadura que toma del líquido de cultura 2'5 gramos próximamente de materias nitrogenadas. En suma, 1000 gramos de sacarosa ó 1055 de glucosa correspondiente nos dan 1036 gramos + 12'5 gramos = 1048 gramos de productos diversos. El oxígeno consumido se eleva apenas á 0'15 gramos. Ha habido, pues, fijación del agua sobre el azúcar, pero inversamente deshidratación parcial de las glucosas formadas al principio. Esta deshidratación corresponde principalmente á la formación de materias proteicas.

Todos los organismos estudiados hasta aquí consumen oxígeno en mayor ó menor proporción, los unos abundantemente como el fermento acético ó el vinico, los otros como el fermento láctico ó alcohólico en muy débil proporción.

Estos pequeños seres mueren en el ácido carbónico puro. La misma levadura necesita una cantidad muy pequeña de oxígeno, y aun cuando en apariencia está enteramente privada de él, revive al contacto de los vestigios de oxígeno que se encuentran en el líquido de cultura y llega á ser floreciente y se reproduce activamente si se le da aire en abundancia.

Todos estos organismos se llaman aerobios. Sin embargo, el último, la levadura de cerveza, que casi puede vivir sin oxígeno, nos da el término de paso á los organismos siguientes que son anaerobios, esto es, que no tienen necesidad del oxígeno para vivir y que este mismo gas puede matarlos en ciertos casos aun en muy débiles proporciones.

Tenemos como primer ejemplo de este nuevo modo de existencia el fermento butírico. Es éste un pequeño organismo formado por bastoncillos muy ágiles, especie de vibriones que aparecen en los líquidos albuminoides, y particularmente en la leche después que ésta ha sufrido la fermentación láctea y ha desaparecido todo el oxígeno. Se reproduce rápidamente por segmentación transversal y se le encuentra á menudo en los líquidos putrefactos en el estado de cadenas de artículos renitentes y flexuosos sobre sus articulaciones.

Sembremos el fermento butírico en una solución hervida y fría de lactato de cal adicionado con algunas sales minerales como fosfatos y sulfatos de amoníaco, de potasa y de magnesia. Llenemos con este líquido un globo y su tubo de desprendimiento, de modo que el aire no intervenga absolutamente, y por último, coloquemos el conjunto á una temperatura de 25°.

En seguida se desprenderán gases formados por el hidrógeno y

el ácido carbónico en proporción generalmente variable, mientras que el lactato de cal se transformará incesantemente en butirato.

El hidrógeno puede, en el curso de la fermentación, desaparecer en un momento dado y puede producirse un poco de alcohol butírico, sin duda por reducción del ácido butírico gracias á este hidrógeno que no se desprende y que utiliza el vibrión. En una palabra, este pequeño ser posee un modo de obrar, de sentir y de conducirse variable bajo la acción de las menores influencias.

Pero lo que lo diferencia de los seres precedentes es su sensibilidad para el oxígeno. Si se le expone al aire haciendo pasar por ejemplo algunas burbujas de este gas sobre el líquido, desaparece todo movimiento del vibrión butírico y la fermentación desaparece también ó languidece. El pequeño organismo se afila por sus dos extremos, condensa su substancia en un punto central que se hace más brillante, sus dos extremos se vacían y desaparecen constituyéndose un esporo que resistirá casi indefinidamente la acción del aire para reproducir el vibrión el día en que se le colocará en un terreno conveniente privado de oxígeno.

He aquí el tipo del organismo anaerobio, y su modo de funcionar sugiere dos consideraciones:

1.^a En condiciones fáciles de analizar, el vibrión butírico se apodera de una molécula de tres átomos de carbono, el ácido láctico, y construye con ella una molécula más compleja, la cual contiene cuatro átomos del mismo elemento, por manera que realiza una verdadera síntesis orgánica.

2.^a El sistema final contiene más energía, 729 calorías que el sistema inicial, próximamente 636 calorías. Es necesario por consiguiente que el vibrión tenga la propiedad no solamente de construir células más complejas que aquellas de donde procede, sino también la de almacenar el calor sensible ambiente, y de transportarlo bajo la forma de energía química latente sobre los productos de su actividad, fenómeno comparable al que sucede en el glomérulo clorofiliano.

Veamos aún otro ejemplo de funcionamiento anaerobio de estos seres inferiores. Se encuentra en la leche descompuesta y el caldo abandonado al aire una bacteriácea, el *tyrotrix urocephalum*, formado por bastoncillos cilíndricos próximamente de un μ . de diámetro y que se mueven con rapidez. Alárganse en hilos que se enredan y forman islotes gelatinosos transparentes. Se les distingue muy bien en la leche echada á perder y se segmentan dando células aisladas ó agrupadas de dos en dos.

Sembrada esta bacteriácea en albúmina, ó todavía mejor en la leche pura, este organismo menos vulnerable para el oxígeno que el precedente hace desaparecer desde el principio este gas que fija sobre una parte de las materias orgánicas de que dispone y lo reemplaza por el ácido carbónico. Entonces ataca la materia albuminoide de la leche, destruye una parte de ella y desprende dos vo-

lúmenes de ácido carbónico y un volumen de hidrógeno, al mismo tiempo que transforma otra porción en peptonas con las cuales pueda alimentarse, no produciendo desprendimiento alguno gaseoso.

Viviendo en estas condiciones con una vida puramente anaerobia, excreta el ácido valerianico, ptomainas diversas, un poco de amoníaco, de leucina y de otros amidos, de tirosina, y por último de urea. Las materias grasas y el azúcar de leche son completamente respetados por este microorganismo.

El funcionamiento de este pequeño ser es interesante en muchos sentidos. De igual modo que la levadura de cerveza, puede vivir en el oxígeno, en cuyo caso quema en parte los materiales nitrogenados de que dispone y crea una atmósfera favorable al ácido carbónico.

Obrando entonces en un medio que le conviene mejor, segrega una pepsina que peptoniza los albuminoides. Sólo toca á estas últimas sustancias y las cambia en los mismos productos en que se transforman los tejidos de los animales: amidos, ácidos grasos, leucina, tirosina, urea y cuerpos grasos. Produce estas modificaciones sin ninguna intervención del ácido libre, y hay que fijarse en que este modo de dislocación de la molécula albuminoide en productos de la misma naturaleza que los que derivan del funcionamiento de los tejidos animales, y en particular la formación de la urea sin intervención del oxígeno, no es propiedad exclusiva de esta sola bacteria. Se han señalado los mismos efectos á otras muchas cuya relación no corresponde á este lugar.

Hemos de deducir de estos hechos, que al menos en este caso la urea no es un producto de oxidación de los albuminoides. Seríamos llevados demasiado lejos de nuestro propósito si hubiéramos de seguir deduciendo todas las consecuencias que se desprenden de los hechos citados y que estarían fuera de lugar en un libro de la índole del presente.

Manera de obrar de los fermentos solubles. — Ya hemos dicho en el lugar correspondiente cuanto se relaciona con la naturaleza y propiedades de las diastasas; ahora sólo añadiremos algunos detalles por lo que se refiere á su manera de obrar en el mecanismo de la nutrición. Algunas de estas sustancias, principalmente las que tienen la propiedad de hidrolisar las materias albuminoides, pertenecen al parecer por su composición á la clase de las sustancias albuminoides. Las que no son á propósito para hidrolisar los hidratos de carbono se apartan sensiblemente de las materias albuminoides de su composición. Los fermentos solubles 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 ninguna acción sobre ellos y el calor que destruye su actividad á los 50 ú 80° lo hace en virtud de la extrema complicación de estos cuerpos y de los diversos estados de hidratación que pueden y deben cambiar su constitución.

CAPÍTULO XXXVII

Nutrición por los alimentos.—Higiene de la alimentación.—Féculas.—Harina de trigo.—
Dosificación del agua.—Dosificación de las cenizas.—Dosificación de las materias
grasas.—Dosificación de la acidez.—Dosificación del gluten.—Dosificación de los
residuos.—Apreciación del valor en pan de las harinas.—Falsificación de las harinas.

BIBLIOGRAFÍA.—Fleurent: *Anal. chim.*—Engel: *Chim. biol.*—Behal: *Chim. org.*—
Legrand: *Recherch. sur l'alim.*

Nutrición por los alimentos. Higiene de la alimentación. — En los capítulos anteriores hemos dado una idea general de la nutrición, explicando el mecanismo de la asimilación y desasimilación y fijando el valor de cada uno de los elementos que contribuyen al resultado.

Igualmente hemos visto las transformaciones que se realizan para dar lugar á la producción de la energía bajo sus dos formas de calor y trabajo. Pero es indispensable, dado el carácter práctico de nuestro libro, decir algo sobre las condiciones que han de reunir los alimentos para contribuir á la nutrición, así como los inconvenientes que se siguen no utilizando los medios que ofrece la química para elegir las sustancias alimenticias en condiciones favorables.

Por esta razón dedicaremos algunas consideraciones prácticas y daremos los procedimientos más apropiados que tienen aplicación en esta importante rama de la Química biológica.

Féculas. — Desempeñan éstas un papel importante en la alimentación, y por tanto conviene hacer de ellas un estudio de aplicación en las sustancias que más abundantemente las contienen.

Los tubérculos que contienen las féculas con abundancia son muchos, pero la patata es de los más usuales. Los procedimientos químicos que permiten dosificar la fécula en estos tubérculos son algo complicados, pero por regla general puede obtenerse un resultado práctico obrando de la siguiente manera:

Se admite comúnmente que existe una relación constante entre la densidad de un tubérculo y su riqueza en fécula. Esta proposición no es absolutamente exacta, pero se aproxima bastante á la realidad para que pueda deducirse de la medida de la densidad de un lote de estos tubérculos la riqueza aproximada en fécula.

Para evaluar esta densidad existen ya muchos aparatos; la balanza hidrostática de Reimann, el aparato de Stohman, etc.; pero entre todos estos aparatos unos son de un precio relativamente elevado y otros de un manejo delicado, y por consecuencia su empleo hasta hoy está poco generalizado.

Para hacer esta operación más fácil, MM. Aimé Girard y Fleurent han pensado que sería posible adoptar disposiciones más sencillas que las empleadas hasta aquí, y establecer por la medida de la densidad de un lote de patatas un aparato de precio modesto y que responda á una suficiente exactitud. (Figura 119.)

El aparato que han imaginado está representado en la citada figura y reproduce en condiciones que aseguran la exactitud de las medidas, la disposición clásica de Arquímedes, reposando la determinación de la densidad sobre la medida del volumen de agua

desalojada por un kilogramo de tubérculos, cuya medida es dada por la simple lectura de un vaso graduado.

Este aparato, designado por los autores con el nombre de *Feculómetro*, comprende principalmente un cubo de plancha de hierro con una capacidad de 5 litros próximamente y que lleva en su parte superior un alza ensanchada, en cuyo interior puede colocarse un cilindro de rejilla metálica movable y tan ligero como es posible.

En este cubo se ponen previamente las patatas sostenidas por la rejilla, y sumergiéndolas en un volumen medido de agua, desalojan el que corresponde á su propio volumen.

Para medir la cantidad de agua desalojada, los autores emplean un globo graduado cuyo cuello lleva una escala correspondiente entre 12 por 100 y 15 por 100 de fécula, tanto más grande cuanto la cantidad de agua salida es menos abundante.

En resumen, para hacer uso del feculómetro se opera de la manera siguiente:

1.º Estando la rejilla colocada dentro del cubo de hierro, se llena éste hasta uno ó dos c. sobre la llave, de agua tomada á la temperatura de la habitación donde se opera; se abre la llave y se deja caer el agua en un vaso cualquiera, siguiendo atentamente el

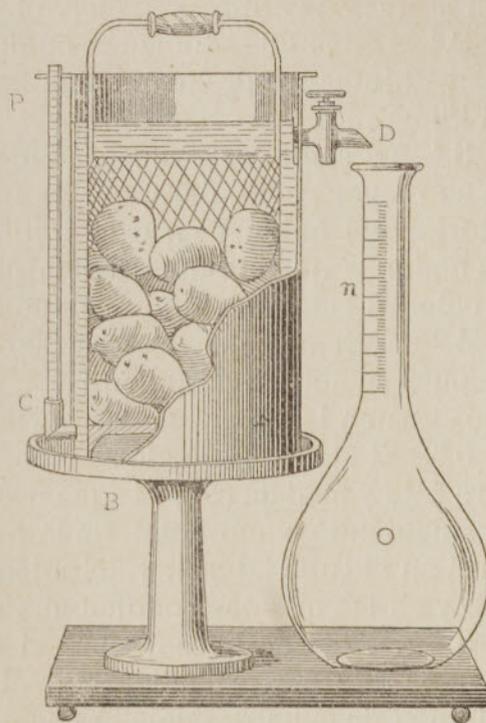


FIG. 119
Feculómetro.

descenso del nivel en el tubo lateral. Cuando se ve que éste se aproxima á la línea de enrase, se gira suavemente la llave para hacer que la caída del agua sea más lenta; y por último, en el momento preciso en que la línea de curvatura de este nivel se toca con la línea de enrase, se cierra bruscamente la llave.

2.º Las patatas tomadas cuidadosamente como muestra, lavadas y enjutas, se pesan en una balanza ordinaria en la cantidad de un kilogramo.

3.º La rejilla es levantada entonces de modo que salga del agua en su mayor parte, pero, sin embargo, de modo que quede en el interior del cubo; y en esta rejilla se ponen una á una, y evitando los choques que producirían la proyección del agua hacia afuera, se colocan las patatas que componen el kilo pesado.

4.º Se hace bajar poco á poco la rejilla hasta el fondo del cubo, después se agita ligeramente y con un movimiento circular para que suban á la superficie las burbujas de aire arrastradas.

5.º El globo graduado se coloca entonces debajo de la llave, se abre ésta y se deja caer el agua desalojada por el kg. de los tubérculos, siguiendo como antes de la primera operación el descenso del nivel en el tubo lateral, y deteniendo la salida en el momento preciso y en las mismas condiciones que cuando se produjo el enrase.

6.º Se lee entonces sobre el cuello del globo graduado la graduación que corresponde al nivel del agua. Ésta expresa en cc. el volumen de agua desalojado por el volumen de patatas sometidas al experimento. Una tabla impresa unida al aparato da la riqueza centesimal en fécula anhidra, que indica la lectura de la graduación.

He aquí la tabla indicada que da la cantidad de fécula por 100, correspondiente á la cantidad de agua vertida en el globo.

Cantidad de agua vertida en el globo	Fécula por 100	Cantidad de agua vertida en el globo	Fécula por 100	Cantidad de agua vertida en el globo	Fécula por 100
875	27'20	893	22'50	911	17'50
876	27	894	21'90	912	17'30
877	26'70	895	21'70	913	17'00
878	26'50	896	21'50	914	16'90
879	26'40	897	21'20	915	16'60
880	25'90	898	20'90	916	16'20
881	25'50	899	20'70	917	16
882	25'20	900	20'50	918	15'80
883	24'90	901	20'10	919	15'50
884	24'70	902	19'90	920	15'10
885	24'50	903	19'70	921	14'90
886	24'20	904	19'40	922	14'70
887	23'90	905	19	923	14'50
888	23'70	906	18'80	924	14'30
889	23'40	907	18'60	925	14
890	23'10	908	18'40	926	13'70
891	22'90	909	18'20	927	13'50
892	22'70	910	17'70	928	13'10

Harina de trigo. — En el examen de esta substancia alimenticia hay que dosificar: el agua, las cenizas, el gluten, los residuos, el valor del pan, las materias grasas y los ácidos. También se han de tener en cuenta las falsificaciones.

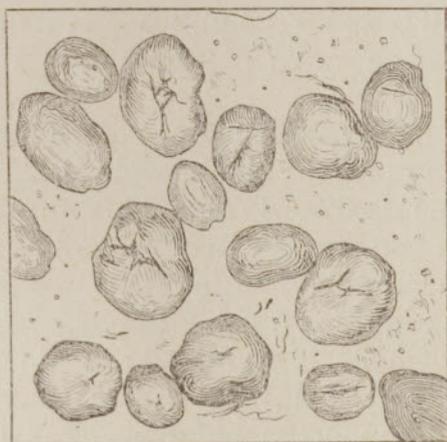


FIG. 120
Fécula de patatas.

Dosificación del agua. — En un pequeño frasco de fondo plano, de cristal, tapado al esmeril, se ponen 5 gramos de harina; se lleva el frasco á la estufa á 100° hasta conseguir el peso invariable. Así se tiene por diferencia de peso la cantidad de humedad que se relaciona á 100.

Dosificación de las cenizas. — En una cápsula de platino tarada se ponen 5 gramos de la muestra de harina. Se pone al rojo obscuro el horno de Mufla, y se introduce en él la cápsula. La harina se quema y deja un voluminoso residuo carbonizado. En este momento se eleva la temperatura hasta el rojo, y la masa carbonizada continúa quemándose y pronto quedan solamente algunas cenizas blancas, generalmente fundidas, cuyo peso se toma después de enfriamiento.

En esta dosificación se puede empezar la carbonización sobre un mechero de gas, pero es preciso que esta operación se haga á una temperatura lo más baja posible.

Dosificación de las materias grasas. — He aquí una manera sencilla de practicar esta dosificación: en un frasco tapado al esmeril se colocan 20 gramos de harina y se recubren con 100 cc. de éter á 66° ó con bencina cristalizante, y se abandona 48 horas agitando frecuentemente. Por último, se filtra rápidamente el líquido que sobrenada en un pequeño frasco graduado y se recogen 50 cc. que se evaporan en un pequeño vaso ó cápsula de cristal tarada. El peso de materia grasa encontrado por diferencia y multiplicado por 10 da la cantidad por 100.

Dosificación de la acidez. — Se pesan 10 gramos de harina y se les introduce en un frasco cerrado al esmeril con 50 cc. de alcohol

á 90°. Se abandona 48 horas, agitando frecuentemente. Se toman 20 cc. del líquido alcohólico, se añaden algunas gotas de tintura de cúrcuma y se gradúa con una solución semidecinormal de potasa hasta que una gota haga virar en rojo anaranjado. Se anota el número de cc. de solución empleados que suponemos sea N.

El cálculo $N \times 0.00245 \times 25$ indicará la cantidad de ácido contenido en 100 de harina, cuya cantidad estará calculada en ácido sulfúrico.

La solución semidecinormal de potasa se prepara tomando 50 cc. de la solución normal y dilatándola hasta 1 litro. Cada cc. de esta solución representa 0.00245 de ácido sulfúrico.

Para preparar la tintura de cúrcuma se toma un peso conocido de raíz de cúrcuma en polvo, se la lava con alcohol aguado y se la seca. Se la trata en seguida en caliente por cuatro veces su peso de alcohol y se filtra después de algunas horas de contacto.

Conviene ensayar esta tintura con la solución decinormal de potasa, para lo cual se vierten algunas gotas de tintura en 20 cc. de alcohol y se anota el número de cc. ó décimas de solución semidecinormal necesarias para obtener el viraje al rojo anaranjado. En la práctica de los ensayos se resta este número así encontrado de la cifra hallada en las diferentes graduaciones antes de efectuar el cálculo precedente.

Dosificación del gluten. — Se comienza por disponer sobre una cubeta colocada bajo un chorro de agua un tamiz de seda del número 40 ó 60, previamente mojado.

Hecho esto se coloca en una cápsula tarada de porcelana 33.33 gramos del producto que se va á ensayar, se vierte en un agujero hecho en medio de la harina una cantidad de agua, variable según las cantidades, de 14 á 16 cc. de agua, por regla general 15 cc. Por medio de un agitador se empieza á desleir la harina en esta agua, y cuando la pasta llega á ser bastante consistente para poderla tocar con el dedo, se limpia el agitador con la mano derecha y se malaxa la pasta para incorporar toda la harina contenida en la cápsula. Si la cantidad de agua está bien elegida, la pasta obtenida se trabaja y se le da vueltas entre las manos durante algún tiempo sin que sea pegajosa.

Obtenida así la masa, se abre la llave del agua produciendo un pequeño chorro; entonces se trabaja la pasta teniéndola en la mano derecha y presentándola por todos lados al agua que cae.

El gluten se separa, se aglomera entre los dedos y se ve entonces que se desprende el agua cargada de almidón, que alguna vez arrastra un poco de gluten y residuos de toda especie.

El almidón atravesando el tamiz cae en la cubeta. El gluten y los restos más gruesos, si los hay, quedan sobre la seda.

Cuando el gluten ha sido privado de la mayor parte del almidón forma una masa elástica sólida. Entonces se aumenta la cantidad de chorro de agua, se recogen las partículas de gluten arrastradas

sobre el tamiz y se trabaja vivamente entre las manos el trozo de gluten obtenido, hasta que el agua que pasa no contenga ningún vestigio de almidón.

Se tara un vidrio de reloj cuyo fondo esté ligeramente untado con vaselina y se coloca en él el trozo de gluten obtenido secándolo á una temperatura de 105 á 110°. Se le pesa, y el resultado encontrado multiplicado por 3 indica la proporción de gluten contenida en 100 de harina.

Para ciertas harinas, como las que hace tiempo están fabricadas y las de calidad inferior, es necesario algunas veces hacer la pasta con agua tibia, dejarla reposar próximamente una hora y emplear para malaxarla el agua á 45° á fin de facilitar la extracción del gluten, que sin estas precauciones no sería posible alguna vez.

Dosificación de los residuos. — M. Girad ha demostrado que la cubierta del grano de trigo y por consiguiente los residuos que deja después de pasar por los cilindros ó las muelas, no son digeribles para el hombre. Mége-Mouriés antes que él había demostrado que á la presencia de estos restos debe ser atribuída la producción de panes mal desarrollados, con miga escasa y grasa, de coloración gris ó morena, de acidificación rápida. De esta manera demuestra que el pan de tales condiciones debe ser rechazado, no solamente porque es inútil para la alimentación, sino también porque tales residuos perjudican á la calidad del pan.

Tales consideraciones han hecho que M. Girad busque un procedimiento preciso y científico que permita valuar aún en las harinas superiores la proporción exacta de estas substancias.

Para hacer esta evaluación es preciso desde luego separar del gluten y del almidón la totalidad de estos residuos mezclados con los primeros, para lo cual bastan los procedimientos del análisis ordinario. La operación se realiza de la manera siguiente:

Se pesan 10 gramos de harina, preparados en pasta por medio del agua caliente; se abandona esta pasta una media hora dejándola en reposo, malaxándola por último bajo un chorro de agua como se ha hecho para extraer el gluten de la harina.

En tales condiciones todos los residuos son arrastrados con el almidón y separados del gluten. Todos por otra parte tienen dimensiones superiores á las de los granos de almidón, de manera que para separarlos del depósito amiláceo basta pasar éste por un tamiz de seda muy fino, del número 220 por ejemplo. Todos los residuos se encuentran entonces reunidos sobre la tela de seda.

Al parecer nada hay más sencillo después de obtener este resultado que poner estos residuos sobre un filtro, secarlos y determinar su peso.

Sin embargo, sería errónea esta manera de discurrir.

Efectivamente, no todos estos residuos son nocivos para la calidad del pan; muchos de ellos en el curso de la fermentación y de la cocción permanecen inactivos, tales son los residuos del pericar-

pio, los de la testa y las barbas que erizan la extremidad del grano; solamente tienen una acción perjudicial los que contienen la cerealina que produce el pan de 2.^a clase graso y pesado, y por otra el aceite cuyo enranciamiento rápido da á la harina un sabor de jabón. Entre éstos no se han de contar más que los salvados enteros, los residuos de la membrana diastásica y por último los fragmentos del germen. (Fig. 121.)



FIG. 121

Harina.

Separar unos de otros es cosa imposible y distinguirlos sólo puede conseguirse por un procedimiento práctico y empleando al efecto el microscopio.

Al efecto se han construido células cuadrículadas análogas á las empleadas en el hematímetro.

Estas células miden un décimo de milímetro de profundidad; el fondo está dividido en cuadrados de un milímetro de lado, de manera que la célula, estando cubierta por un vidrio delgado, da una disposición tal que cada cuadrado representa la proyección horizontal de un décimo de milímetro cúbico.

Por otra parte, se ha preparado una mezcla de glicerina y de jarabe *crystal*, cuya densidad y viscosidad son tales que estos residuos permanecen indefinidamente suspendidos en este líquido.

Separados del gluten y del almidón, estos residuos son recogidos sobre un pequeño filtro de seda del número 220; este filtro cuidadosamente enjugado entre hojas de papel chupón y juntamente con los residuos, se pone en un pequeño vaso graduado donde se les cubre con algunos cc. del líquido viscoso del cual hemos hablado. Por medio de una varilla de cristal se opera poco á poco la mezcla de los residuos con el líquido, y después, cuando aquéllos están regularmente repartidos, se deposita una gota del líquido sobre el fondo de la célula cuadrículada, la cual se cubre con el vidrio delgado llevándolo al microscopio para examinarlo con el debido aumento hasta que sea de 60 á 80 diámetros.

Fijándose desde luego sobre el primer cuadrado, el observador examina sucesivamente los diferentes residuos que encuentra calificando individualmente cada uno de ellos, mientras que un ayudante va tomando nota exacta. Después de examinar el primer cuadrado se hace lo mismo con el segundo y así sucesivamente hasta recoger 10 observaciones. El número de residuos de cada especie reconocidos así, representa el número de ellos que contiene un milímetro cúbico de la muestra, y por consiguiente 10 miligramos de harina si estos residuos procedentes de 10 gramos de harina han sido diluidos en 1 cc. del líquido de glicerina-glucosa.

Apreciación del valor en pan de las harinas. — Todos los métodos aconsejados hasta ahora para apreciar la calidad digestiva del pan obtenido por medio de harinas sometidas al análisis son defectuosos y ninguno es capaz de dar en este camino resultados seguros.

Los estudios hechos detenidamente por M. Fleurent sobre la constitución química del gluten de los cereales le han decidido á fundar sobre esta constitución el siguiente método, que da siempre resultados ciertos y que por tanto sería muy conveniente que tomara carta de naturaleza en la práctica.

El gluten de las harinas de trigo está formado por una mezcla de dos productos principales: uno la glutenina, materia pulverulenta; otro la gliadina, materia viscosa, fluida, que sirve de aglutinante á las materias de la primera substancia.

Estos dos productos entran en la constitución de los diferentes glútenes en proporciones relativas, dándoles mayor ó menor elasticidad y desiguales aptitudes para la fermentación y la cocción. Un gluten muy rico en glutenina es seco y quebradizo, no se esponja fácilmente y da después de la cocción una masa compacta. Un gluten muy rico en gliadina se comporta bien en la fermentación porque es tierno, pero en la cocción la gliadina se solubiliza antes de coagularse, se escapan los gases producidos durante la fermentación y la pasta se aplasta formando igualmente una masa apenas porosa, dando por consiguiente la apariencia de un pan sin levadura. El autor ha demostrado que las harinas que se comportan mejor durante el trabajo completo de la panificación son las que poseen un gluten cuya composición centesimal es la siguiente:

Glutenina	25
Gliadina	75

Para apreciar realmente las cualidades de la harina para obtener una buena panificación, es indispensable conocer la composición centesimal del gluten contenido en dicha harina, de manera que se pueda comprobar si es idéntica á la precedente, si se aproxima á ella ó se aleja mucho. Para conocer esta composición se opera de la manera siguiente:

Prepárase previamente alcohol á 70°, en el cual se disuelve una

cantidad de potasa cáustica equivalente á 3 ó 3·5 gramos de potasa por litro de alcohol. Se toma la graduación exacta de esta solución por medio del ácido sulfúrico decinormal y se calcula esta graduación en carbonato de potasa.

Hecho esto se extrae de la manera ordinaria el gluten de 33·33 gramos de la harina que se va á examinar. Se pone este gluten en un mortero, se le recubre con la solución alcohólica potásica precedente y se tritura suavemente durante algunos minutos hasta que comience la impregnación de la masa elástica por el líquido cáustico.

En seguida se decanta el líquido en exceso en un frasco de 200 cc. próximamente, de cuello ancho y con tapón esmerilado. En seguida se machaca enérgicamente el gluten que queda en el mortero y se completa así la penetración por el líquido alcohólico potásico.

Se vierte en el frasco la masa que comienza á disgregarse y se la recubre con el mismo líquido alcalino, haciendo de manera que en toda la operación se empleen exactamente 83 cc. de este líquido. Después se lava el mortero con el alcohol de 70° sin potasa, se vierte el líquido del lavado en el frasco, se añaden fragmentos ó perlas de cristal, se tapa y se agita vivamente con la mayor rapidez y durante bastante tiempo.

En estas condiciones, bajo la acción de choques repetidos, se ve cómo se opera rápidamente la disgregación del gluten, y agitando de tiempo en tiempo durante una hora esta disgregación queda completamente terminada. Queda entonces un líquido opaco que no contiene trozos de grosor apreciable, pero que tiene en suspensión la glutenina pulverulenta insoluble y en disolución la gliadina.

En el mismo frasco se hace penetrar entonces una corriente de ácido carbónico con objeto de saturar la potasa y de ayudar á la separación de la glutenina ligeramente emulsionada. Entonces se decanta el líquido por medio de un embudo que no deje pasar los fragmentos de vidrio, haciéndolo pasar á un frasco graduado de 150 á 200 cc., se lava el primer frasco con alcohol de 70°, sin potasa, y se completa el volumen hasta el trazo de graduación.

Hecho esto se filtra para separar la glutenina y se toman 50 cc. del licor filtrado que se evapora á sequedad, terminando la operación á 105°. De esta manera se puede pesar el extracto obtenido que representa la gliadina contenida en 50 cc. de líquido más una cantidad de carbonato de potasa.

Llamando A á la cantidad de carbonato de potasa contenida en un cc. del líquido alcohólico primitivo, es fácil observar que la cantidad que se ha de restar para 50 cc. del líquido completado hasta 150 estará dada por la expresión siguiente:

$$\frac{A \times 8 \times 50}{150}$$

Deduciendo, pues, la cifra obtenida por este cálculo del peso del extracto, se tiene la cantidad de gliadina contenida en 50 cc., y multiplicando esta cifra por 9 resulta la cantidad de gliadina contenida en 100 gramos de harina.

Si se resta esta cifra de gliadina de la cifra que indica la cantidad por 100 de gluten, que debe haberse determinado aparte, se tendrá de esta manera la cantidad de glutenina. En este caso se refieren las dos cantidades á 100 de gluten.

Así es, por ejemplo, que en una harina que contenga 7'47 por 100 de gluten, se ha encontrado que este gluten está constituido por

Glutenina	1'85
Gliadina	5'62

Lo que da para la composición centesimal de este gluten:

Glutenina	24'75
Gliadina	75'25

Después de numerosos análisis, el autor ha podido comprobar que la composición centesimal del gluten de las harinas de trigos puestas actualmente en el mercado, varía entre los límites siguientes:

Glutenina	de 18 á 40
Gliadina	de 82 á 60

Hecho así el análisis, se deducirán las consecuencias según las siguientes reglas:

1.^a Cualquiera que sea la cantidad de gluten contenido en una harina, ésta dará un pan tanto mejor desde el punto de vista de su desarrollo, y por consiguiente de su fácil digestión, en cuanto su gluten se aproxime más á la composición centesimal siguiente:

Glutenina	25
Gliadina	75

ó sea la relación de $\frac{1}{3}$.

2.^a El pan hecho con una harina en la cual la glutenina llegue á 20 y la cantidad de gliadina á 80 por 100 del gluten total, ó sea la relación $\frac{1}{4}$, se desarrolla bien en la fermentación pero se aplasta y se vuelve compacto en la cocción. Para esta harina el agua que se emplea normalmente para el trabajo es demasiada y la pasta no puede ser hecha sino con un exceso del producto.

3.^a Cuando el gluten de una harina llega á la composición centesimal:

Glutenina	34
Gliadina	66

ó sea próximamente á la relación $\frac{1}{2}$, la parte obtenida no se des-

arrolla ni en la fermentación ni en el horno y el pan queda compacto é indigesto.

4.^a Si se toma como tipo el pan hecho con la harina cuyo gluten presenta la composición centesimal indicada al principio, el pan hecho con una harina cuyo gluten se separa del 2 por 100 por encima ó por debajo de esta composición, presenta ya la diferencia que prácticamente se puede observar con facilidad. (Fig. 122.)

Falsificación de las harinas. — Generalmente las harinas se falsifican de dos maneras diferentes:

1.^a Por adición de materias minerales.

2.^a Por adición de fécula de patatas ó de harinas extrañas.

La adición de sustancias minerales como sulfato de cal ó de barita, creta, cal, alún, carbonatos de sosa y de magnesia, porcelana pulverizada, etc., se reconoce fácilmente por la proporción de cenizas encontradas. Esta proporción para las harinas buenas es de 0'5 á 0'6 por 100 y jamás pasa de 0'8 ó 0'9. Siempre que en las harinas blancas se encuentre un tanto por 100 de cenizas más elevado, hay que sospechar la existencia de la falsificación del producto, y un examen cualitativo de las cenizas hará descubrir fácilmente la sustancia añadida.

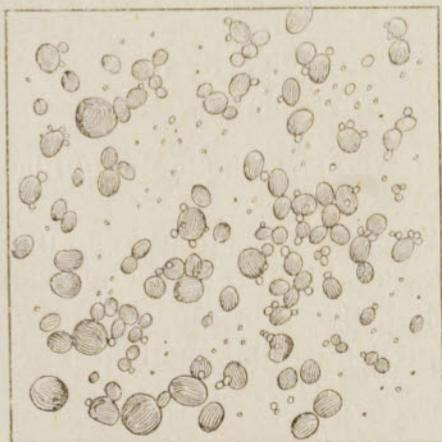


FIG. 122

Almidón de trigo.

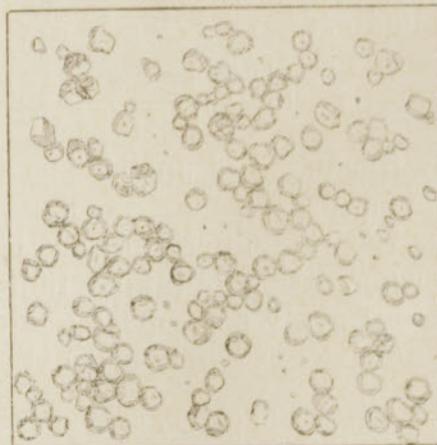


FIG. 123

Almidón de maíz.

En cuanto á la adición de fécula de patatas ó de harinas extrañas, hay que recurrir al microscopio para reconocerla. Los almidones contenidos en las diversas variedades de gramíneas, son en efecto de formas y de dimensiones diferentes, y con un poco de costumbre se reconocerán fácilmente cuando están mezcladas.

Al efecto damos á continuación las figuras que representan el aspecto de estos almidones sobre el portaobjetos del microscopio con un aumento de 180 diámetros. (Fig. 123.)

La fécula de patatas es la que presenta mayores dimensiones, encontrándose en granos gruesos ovoides é irregulares.

El almidón de trigo, más pequeño que la fécula, tiene la forma de esferoides de dimensiones desiguales:

El almidón de maíz, de más pequeñas dimensiones que el precedente, representa en sus granos la forma poliédrica.

El almidón de arroz en granos de forma poliédrica igualmente, pero de dimensiones mucho menores que los granos de almidón de maíz.

Por consiguiente, si se coloca sobre el portaobjetos del microscopio una pequeña cantidad de harina y se examina con cuidado, se reconocerá por el aspecto del almidón si la harina es pura, y si está mezclada, cuál es la naturaleza de la mezcla.



FIG. 124

Almidón de arroz.

Frecuentemente se añade como falsificación de la harina el producto de la moltura de las judías. El almidón de éstas aparece en granos elípticos un poco irregulares, menos gruesos que los granos de fécula y más que los de almidón de trigo.

Para reconocer la harina de judías se podrá emplear uno de los procedimientos siguientes:

Se deslíe la harina en agua y se la deja en contacto durante media ó una hora. Después de este tiempo se filtra y se añade al líquido filtrado ácido acético. Si la harina contiene la de las judías, se tendrá un precipitado blanco de legúmina, soluble en un exceso de ácido acético. (Fig. 124.)

También se puede operar de la manera siguiente: se humedece con agua el interior de una cápsula de 11 c. de diámetro y se embadurnan sus paredes con 1 ó 2 gramos de la harina que se ha de ensayar, cuidando de no ponerla en el fondo de la cápsula. Se coloca sobre este fondo otra cápsula más pequeña que contenga ácido nítrico, y se recubre el conjunto con un disco de vidrio, elevando la temperatura sin que el ácido llegue á la ebullición.

Cuando la harina ha tomado un tinte amarillo, á excepción del borde superior que debe aún permanecer blanco, se retira la cápsula de ácido y se la reemplaza por una cápsula que contenga amoníaco. Se abandona el todo al aire, y en estas circunstancias, aunque la harina no contenga más que el 4 por 100 de la de judías, la parte media toma una coloración roja. La harina de arvejas da la misma coloración.
