



VIII

APLICACION DE LA MICROSCOPIA AL ANALISIS BROMATOLOGICO EN LAS HARINAS

La práctica del análisis bromatológico lleva consigo problemas muy complejos, especialmente cuando se trata de determinar cualitativamente las mezclas y adulteraciones en los alimentos.

Un examen organoléptico basta a veces para definir la pureza de un producto, pero esto ocurre sólo por excepción y por ello hay que recurrir para informar con seguridad en una gran mayoría de problemas que la bromatología plantea, a los métodos de análisis químico.

Es ineludible también la aplicación del análisis químico en aquellas investigaciones cuyo principal objeto sea la determinación cuantitativa de la mezcla o adulteración que en un producto se sospeche. Existen, sin embargo, productos, como son las harinas y residuos de molinería entre otros, en los que para establecer un criterio acerca de su calidad y pureza, fallan los métodos químicos, y por consiguiente es indispensable recurrir como único medio a la ayuda del microscopio,

Por disponer en la actualidad en este Centro de Cerealicultura de numerosas preparaciones microscópicas permanentes de estos productos y de suficiente práctica en su reconocimiento, creemos de positivo interés exponer los métodos y las técnicas de que nos servimos para llevar a cabo esta clase de investigaciones.

Ahora bien: como en el diagnóstico, sobre todo cuando se trata de adulteraciones o mezcla de productos, juegan importantísimo papel los elementos y tejidos que constituyen las membranas y tegumentos o capas protectoras del albumen de los cereales, intentaremos dar conceptos claros sobre su característica y diferenciación.

Entre la familia de las gramíneas, son los cereales de gran cultivo los que principalmente nos han de interesar en este trabajo. Todos ellos contienen, como es sabido, en el endospermo de sus semillas gran cantidad de granos de almidón como sustancia de reserva.

El centeno (*Secale cereale*) y el trigo (*Triticum*) en sus diferentes variedades y especies son los que producen las harinas panificables más corrientes, sin que por ello menospreciemos la importancia que tienen la cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa*), maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*) en la alimentación humana.

Algo indicaremos también sobre las características que revisten los almidones de patata y leguminosas, aunque sin entrar en el detalle con que lo haremos al describir el de los cereales.

En el proceso de la molturación, los granos de

los cereales se trituran, dando lugar a productos de diferente aspecto y denominación. Así, desde la elaboración más sencilla como es el perlado de las cebadas y arroces hasta las harinas de flor más blancas y puras, hay una verdadera gama de productos de cuya pureza nos da una buena idea su índice de extracción. A mayor índice de extracción la harina es más basta, tiende, por decir así, a ser más integral; en una palabra, contiene más salvado, o lo que es lo mismo más residuos membranosos y tegumentales del grano.

Pero en la molturación no hay que olvidar que a la vez que tiene lugar la trituración del grano se verifica una verdadera separación de elementos del mismo, dando lugar a dos clases de productos; uno, la harina propiamente dicha, en la cual va la mayor parte del almidón contenido en el endospermo del grano, y otro el salvado y demás subproductos constituidos por las capas protectoras o tegumentos de la envoltura y primeras del albumen. Ahora bien: esta separación de productos no es completa, existiendo lo mismo almidón en el salvado que restos de tegumentos y pelos en las harinas. Estos residuos tegumentales en las harinas serán tanto mayores cuanto más bastas sean éstas; pero aun en las más puras o de más baja extracción siempre se distinguen a través del microscopio aquellos elementos. Precisamente en este hecho es donde nos basamos para diagnosticar y definir la adulteración, calidad o mezcla de una muestra de harina, ya que tanto los granos de almidón como los pelos y residuos mem-

branosos del pericarpio de los cereales ofrecen características específicas bien definidas y son siempre suficientes para informar con garantía en cualquier mezcla o adulteración que investiguemos.

Siendo uno de los métodos que se emplean en el estudio microscópico de las harinas, y precisamente en los casos más dudosos, la investigación y diferenciación de residuos tegumentales del pericarpio, que como ya hemos indicado acompañan siempre a las harinas, es preciso dar una idea aunque sea somera, sobre la constitución anatómica de las capas tegumentales que constituyen la envoltura de los cereales.

Por no existir grandes diferencias en la estructura del pericarpio de los cereales estudiaremos anatómicamente y con más detenimiento un grano de trigo, indicando todas cuantas características ofrezcan sus elementos.

ALMIDÓN, TEGUMENTOS Y PELOS.—Este estudio lo realizaremos en los restantes cereales ya indicados, que servirá para el diagnóstico de calificación, adulteración o mezcla en las harinas. Finalmente describiremos las técnicas y métodos de que nos servimos para hacer las preparaciones rápidas o temporales en la investigación de almidones, pelos y tegumentos de las muestras de harinas.

TRIGO

El grano de trigo es un fruto que consiste en un delgado y seco pericarpio (que no es más que la cubierta externa del grano maduro) que ha cre-

cido íntimamente sobre la semilla, dándose el nombre de semillas al contenido maduro del saco embrionario; es decir, al germen, endospermo, y sus más íntimas cubiertas. Como es sabido, a un fruto de estas características se le denomina grano o carióspside.

ESTRUCTURA DEL GRANO DE TRIGO.—Observados al microscopio los cortes transversales y longitudinales de un grano de trigo, se distinguen cinco estructuras bien diferenciadas que son:

1. Pericarpio.
2. Epispermo: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Testa.} \\ \text{Endopleura.} \end{array} \right.$
3. Capa de aleurona, por otros autores denominada capa digestiva.
4. Endospermo, albumen o parénquima almidonoso.
5. Embrión o germen.

El pericarpio está a su vez constituido por tres diferentes membranas que son: el epicarpio, el mesocarpio y el endocarpio. El conjunto de estas tres membranas constituye la envoltura real del grano de trigo.

Se da el nombre de almendra al conjunto de "capa de aleurona", "Albumen" y "Embrión". Hoy día se considera el grano de trigo como compuesto de una almendra encerrada en una envoltura de cinco membranas que de la más externa a la más interna se designan como sigue:

Epicarpio.	} Estas tres estructuras membranosas constituyen el <i>Pericarpio</i> .
Mesocarpio.	
Endocarpio.	

Testa. | Formando estas dos capas el
Endopleura. | *Epispermo*.

Las tres primeras o Pericarpio se consideran prácticamente como real envoltura del grano y las denominaremos tegumentos externos del mismo, y las otras dos, es decir, la Testa y Endopleura las calificaremos de tegumentos internos, aun cuando sean los verdaderos tegumentos. Así, pues, de ahora en adelante cuando empleemos la palabra tegumento nos referiremos a los externos que constituyen el Pericarpio, y más concretamente a las membranas que forman las dos primeras estructuras, es decir al Epicarpio y Mesocarpio.

Adelantaremos que la Testa y Endopleura no poseen una estructura bien definida y capaz de servir para diferenciación con las correspondientes de otros cereales. Sobre todo la Endopleura, formada por tejido celulósico poco característico, cuyo estado proviene de la digestión incompleta de los tegumentos del óvulo por efecto del proceso digestivo que tiene lugar durante la maduración. De suerte que tanto la Testa como la Endopleura son tejidos íntimamente adheridos a la capa de aleurona y no tienen por sí valor alguno de diagnóstico en microscopia.

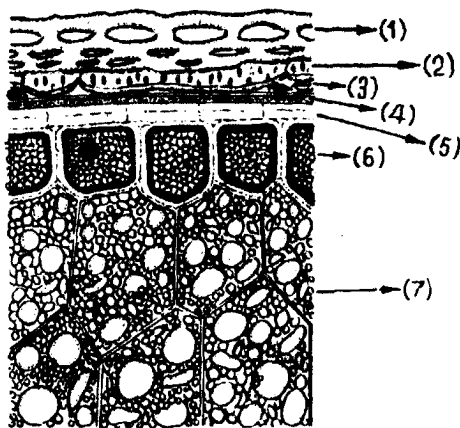
Durante muchos años ha existido, y aun hoy día existe entre algunos autores, verdadera desorientación y falta de acuerdo en lo que se refiere a la estructura y denominación de las diferentes envolturas; confundiéndose por algunos el epispermo con el endocarpio y éste con el mesocarpio.

Para evitar toda confusión estudiaremos cada

una de las partes que constituyen el pericarpio deteniéndonos especialmente en las dos primeras, es decir, en el Epicarpio y Mesocarpio que, repetimos, son la base para diagnosticar los casos dudosos en mezclas y adulteraciones.

En la figura núm. 1 está representado el corte transversal de un grano de trigo y las diferentes

Fig. 1.—TRIGO.
Corte transversal de un grano de trigo.



- | | |
|--|---------------|
| (1) <i>Epicarpio</i> . Varias capas de células longitudinales. | } Pericarpio. |
| (2) <i>Mesocarpio</i> . Células transversales. | |
| (3) <i>Endocarpio</i> . Células tubulares. | } Epispermo. |
| (4) <i>Testa</i> o epidermis propia de la semilla. | |
| (5) <i>Endopleura</i> (residuos celulares). | } Endospermo. |
| (6) <i>Aleurona</i> . Capa de una sola hilera de células. | |
| (7) <i>Albumen</i> amiláceo y glutinoso.
(200 aumentos.) | |

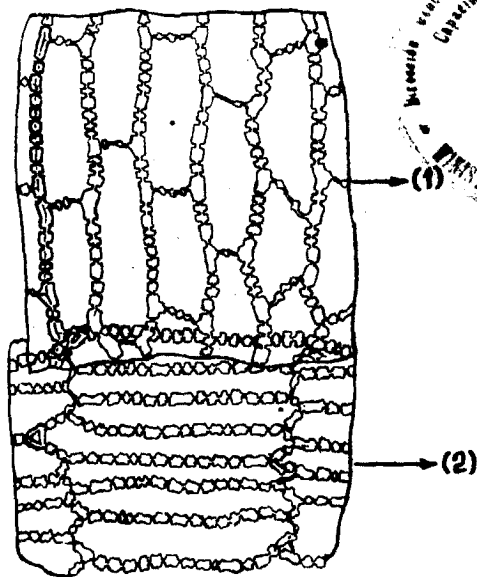
capas y envolturas que rodean el albumen. Quedan señaladas con claridad las delimitaciones de sus diferentes estructuras que a continuación estudiaremos.

EPICARPIO.—Si mojamos un cierto número de granos de trigo con agua ligeramente alcalina (potasa o sosa al 1 por 100) y frotamos los granos humedecidos unos contra otros con ayuda de un lienzo no muy fino, desprenderemos de estos granos una delgada membrana incolora que es el Epicarpio o epidermis de algunos autores.

Está formada de hileras de células alargadas en el sentido de la mayor dimensión del grano. Sus paredes longitudinales son más gruesas que las transversales y fuertemente punteadas, talmente parecen sartas de perlas. Hacia la extremidad superior del grano, es decir en la región donde se insertan los pelos, estas células longitudinales se hacen más irregulares, como poliédricas, y algunas redondeadas, de ellas emergen los pelos que, abundantes, crecen en esta región del grano. Es en esta membrana del pericarpio donde se asientan los estomas y son estos estomas los que dan la rugosidad al grano (fig. 2).

En la figura núm. 2, las células señaladas con la indicación (1) son las que constituyen el epicarpio (llamadas células longitudinales), que, con las transversales, del Mesocarpio, son las más importantes para definir o diagnosticar la calidad o mezcla de una harina. El epicarpio posee por lo general dos o tres capas de células. En la figura 2 se representa la más externa. Las células que for-

Fig. 2.—TRIGO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales
del trigo.



- (1) Células del epicarpio (longitudinales).
(2) Células del mesocarpio (transversales).
(200 aumentos.)

man las capas más interiores, aun siendo longitudinales, se diferencian algo de las definidas anteriormente, no ya tan sólo por su irregularidad, sino por el menor engrosamiento de sus paredes laterales y lo poco destacado de sus puntuaciones. Además, entre sí, dejan lagunas bien aparentes,

cosa que no ocurre en la capa externa. Es la presencia de estas células en la parte más interna del epicarpio lo que hizo creer en la presencia de dos membranas distintas, denominándose por algunos autores a la capa de células longitudinales más externa, epicarpio, y a la más interna, Mesocarpio; pero estas capas no pueden separarse una de otra y constituyen conjuntamente una sola membrana.

En resumen, la distinción del epicarpio y mesocarpio es fácil de establecer al microscopio, ya que el primero está constituido, como hemos visto, por células alargadas en sentido del eje mayor del grano, o longitudinales, en tanto que el mesocarpio, como a continuación indicaremos, está formado por células transversales o perpendiculares a las anteriores y bien características.

MESOCARPIO.—Si como hicimos precedentemente después de haber desprendido el epicarpio de los granos, humedecemos éstos con lejía más fuerte (al 3 por 100) durante una hora y los frotamos nuevamente con un lienzo, desprenderemos una segunda membrana, más gruesa, dura y menos quebradiza que la precedente, que es el Mesocarpio.

El Mesocarpio está formado por células cuya dirección es perpendicular a aquéllas del epicarpio, lo que hace que se las designe por el nombre de células transversales.

Forman un tejido muy homogéneo y resistente y en sus células es donde están contenidos los gra-

nos de clorofila, que antes de la maduración del grano le da a éste su tonalidad verdosa.

Sus células (fig. 2) están alargadas perpendicularmente al eje mayor del grano y por eso su denominación de células transversales. Redondeadas en sus extremidades son más regulares y menos angulosas que las células longitudinales. Poseen un espesor y puntuaciones parecidos a los del epicarpio; tan largas como éstas o aproximadamente igual, raras veces mayores; paredes transversales o terminales con puntuaciones anchas pero no espesadas y unidas en forma de tejadillo, sin dejar meatos entre sí.

ENDOCARPIO.—La tercera zona o tegumento que constituye el pericarpio está formada por un tejido mal definido de células en forma de tubo, o tubulares. No interesa por su poca diferenciación y características para el diagnóstico microscópico de harinas. Esta capa se desprende con el Mesocarpio (fig. 3).

TESTA.—Separadas las capas precedentes aparece el grano brillante y de una coloración amarillenta o rojiza. Este tejido que a nuestra vista se ofrece es compacto y muy resistente y es la Testa o verdadera epidermis de la semilla.

No se puede desprender la Testa del resto del grano como hicimos con el epicarpio y mesocarpio, e incluso los mismos aparatos de molinería desprenden esta membrana unida con las siguientes (Endopleura) y capa de aleurona.

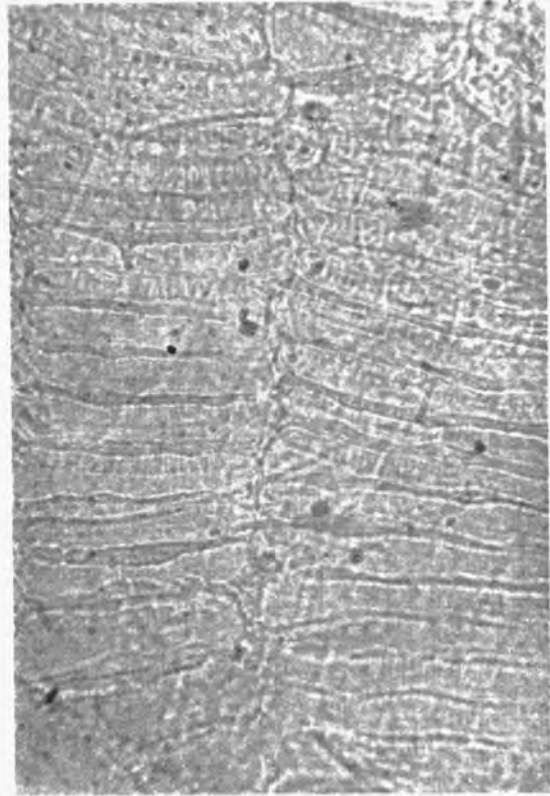
La Testa, ya sea coloreada en amarillo como en rojo, está constituida por células aplanadas y

Fig. 3.—TRIGO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del trigo.



Micro original del Centro de Cerealicultura, mostrando las células longitudinales del epicarpio del trigo.

Fig. 4.—TRIGO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del trigo.

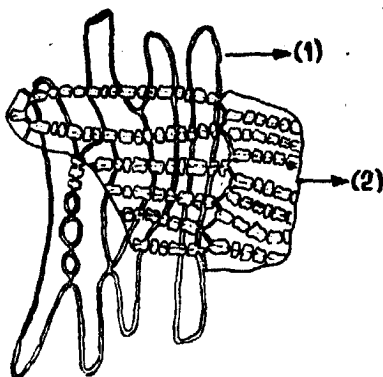


Células transversales del mesocarpio del trigo. Micro obtenida de una preparación permanente original del Centro de Cerealicultura.

fuertemente apretadas unas contra otras, formando una especie de malla. Puede considerarse la Testa como la parte más resistente de la envoltura (figuras 4, 5 y 6).

En su parte más externa, está compuesta de cé-

Fig. 5.—TRIGO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del trigo.



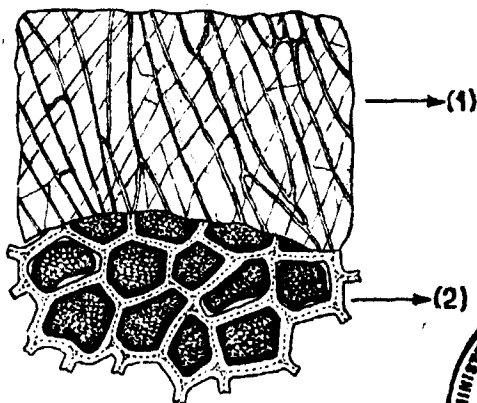
- (1) Células del endocarpio (tubulares).
(2) Células del mesocarpio (transversales), situadas en plano superior.

(200 aumentos.)

lulas con tendencia rectangular, estrechamente aplicadas unas contra otras, y de paredes muy delgadas, bastante más largas que anchas. Su dirección sensiblemente regular y constante en la misma capa, varía cuando se observa de una capa a otra; en una su dirección marcha sensiblemente

paralela al gran eje del grano, mientras que en otra capa su dirección se desvía hacia la perpendicularidad con la anterior. Esta membrana, aun siendo importante en la estructura del grano no juega ningún papel en los análisis microscópicos.

Fig. 6.—TRIGO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del trigo.



- (1) Células en malla de la testa.
(2) Células de la capa de aleurona.
(200 aumentos.)



ENDOPLEURA.—Intimamente unida tanto a la testa como a la capa de aleurona se encuentra otra capa de células, no diferenciadas, que rodean a esta última. (Ver fig. 1.) Estas células hialinas mal definidas y diferenciadas son celulósicas y pueden considerarse como restos de células transfor-

madras por las diastasas en el proceso de maduración del grano.

ENDOSPERMO.—Inmediatamente a la Endopleura comienza el endospermo o tejido nutritivo cuya capa más externa es la de aleurona, constituida por gruesas células de sección rectangular, casi cuadrada, con ángulos redondeados. En los cereales esta capa está formada por una sola hilera de células, excepto en la cebada que lo está por tres o cuatro. Las paredes de estas células son espesas y de superficie convexa del lado del albumen. (Ver figuras 1 y 6).

Estas células están fuertemente coloreadas en amarillo y no muestran en su interior granos de almidón.

Muchos autores suponen falsamente que en esta capa reside el gluten, y la denominan capa de gluten, cuando realmente debía denominarse capa fermentativa, ya que, en el interior de estas células de aleurona y durante el proceso germinativo se forman gran cantidad de fermentos. La sustancia albuminoidea que constituye el gluten se halla en las células almidonosas del albumen y entremezclada con los granos de almidón.

A esta capa de aleurona se une el tejido celular del endospermo formado por células poliédricas de forma irregular fuertemente unidas entre sí por paredes delgadas (fig. 1). Dentro de estas células se encuentra una sustancia nitrogenada llamada gluten y en suspensión una gran cantidad de granos de almidón.

Las células almidonosas del endospermo adquie-

ren mayor tamaño en el centro del grano que en la periferia; es decir, las células centrales se encuentran más desarrolladas y proporcionalmente contienen en su interior mayor número de gránulos gruesos de almidón.

La parte periférica del albumen es de un color más grisáceo que la parte central, y este hecho se debe a encerrar estas células mayor cantidad de gluten, siendo también más resistentes.

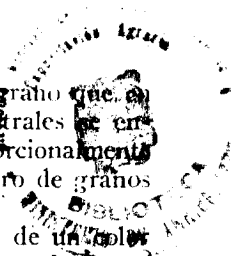
La cantidad de gluten disminuye, y por consiguiente la blancura aumenta, a medida que nos dirigimos al centro del grano.

La mayor resistencia de las células periféricas se comprende por la mayor condensación de materias nitrogenadas que da lugar a una mayor cohesión y mayor dureza que la materia amilácea.

Esta dureza depende igualmente de la naturaleza del suelo y de la temperatura que ha existido durante la maduración del grano. Cuanto más rico en nitrógeno sea el suelo en que se cultive y más elevada la temperatura, más seca y más endurecida será la capa periférica del albumen.

Naturalmente que esta dureza y esta tonalidad en la coloración depende en gran parte de la variedad de trigo.

Hasta qué punto la reacción al medio hace variar la dureza del trigo y la blancura de su harina en una determinada variedad, sería un problema interesantísimo a estudiar en nuestra nación; pero que esta dureza y esta blancura varía, dentro de la misma variedad, con el medio en que se la cultive es un hecho cierto.



Podemos, pues, dividir en tres capas bien diferenciadas el albumen de un grano de trigo:

1.º La parte periférica en contacto con la capa de aleurona. Esta capa es la más dura y resistente. Proporciona la harina más grisácea y rica en gluten que en castellano se denomina moyuelo o tercerilla.

2.º La región media, un poco menos dura y que proporciona harinas más blancas.

3.º La parte central, la más blanda y que suministra las más blancas harinas de flor.

ALMIDÓN.—Interesantísimo para el diagnóstico de harinas por medio del microscopio es este hidrato de carbono de fórmula no bien definida, que en forma de granos o corpúsculos se halla encerrado en gran cantidad como sustancia de reserva en el citoplasma de las células poliédricas del albumen.

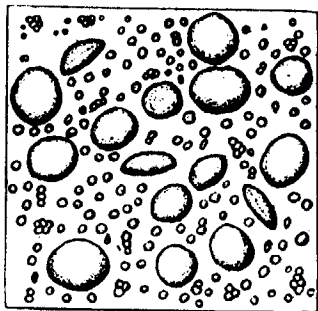
Se acostumbra a reservar el nombre de “almidón” para el que procede de los frutos (cereales, leguminosas, etc.), empleándose el nombre de fécula para los almidones extraídos de raíces, tubérculos, tallos, etc.

Los granos de almidón no son homogéneos; hay en ellos determinado punto, o núcleo, generalmente central (aun cuando en algunos no lo sea, como en la patata y otros), que a veces se distingue del resto de la masa. Esta masa que envuelve al núcleo tampoco es homogénea y presenta una serie alternante de capas claras y oscuras muy visibles en ciertos almidones como el de la patata y menos

visibles en otros, que revela una estratificación por zonas de mayor o menor refringencia.

En muchos almidones se observan grietas, ranuras o hendiduras muy características que a ve-

Fig. 7.—TRIGO.
Almidones.



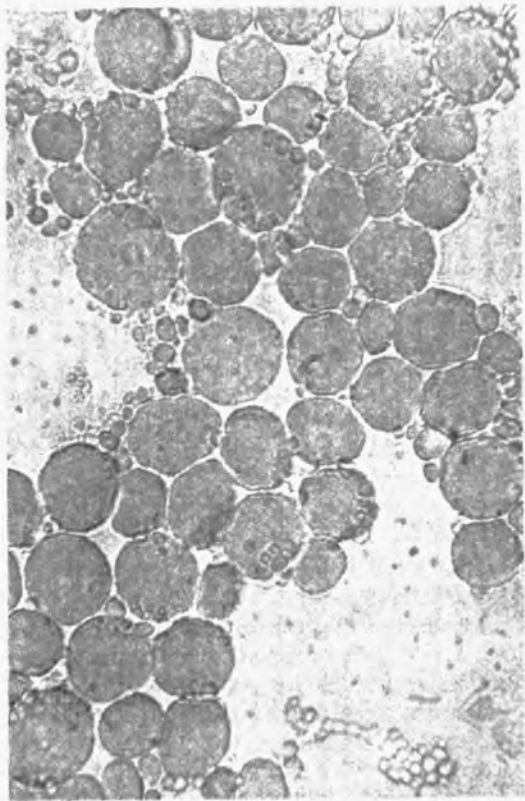
Almidón de trigo, mostrando la forma y proporción más característica de sus granos (200 aumentos).

ces bastan para definir y calificar el producto de donde proceden.

La forma, tamaño, núcleo, estratos o capas que rodean a éste, y las grietas o hendiduras, son caracteres específicos de los almidones. Por ser a veces fundamental en el diagnóstico microscópico de las harinas el estudio del almidón, lo trataremos de describir en cada cereal con el detalle necesario para su reconocimiento y diferenciación.

ALMIDÓN DEL TRIGO (figs. 7 y 8).—Se observa la presencia de dos clases de granos de almidón, que se diferencian por su tamaño, faltando gene-

Fig. 8.—TRIGO
Almidones.



Granos de almidón de trigo. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

ralmente las formas intermedias. Los granos grandes han alcanzado su completo desarrollo dentro de las células del endospermo, mientras que los pequeños, en vías de formación o crecimiento han quedado reducidos a servir de material de relleno entre los granos grandes y las paredes celulares.

Forma.—Los granos gruesos muy regulares y claros y de forma circular o un poco elíptica. Formas secundarias, con apariencia de bandeja o de grano de trigo.

Los granos pequeños redondeados o globosos.

Tamaño.—Grandes, 30 a 40 micras. Pequeños, de 2 a 10 micras. No suelen existir tamaños intermedios.

Núcleo y grietas.—Raramente se advierte núcleo central y poquísimas veces aparece agrietado. Detalle curioso: únicamente los que tienen forma de grano de trigo presentan, de vez en cuando, una ranura longitudinal que semeja el surco ventral del mismo.

Calentada la harina a 60° durante una hora, aumentan de tamaño y se observan claramente las capas concéntricas apareciendo agrietamiento en los bordes.

Estratos o capas que rodean al núcleo.—Muy raramente se pueden observar. Si se somete a la temperatura de 60° durante un cierto tiempo, las grietas aparecen radiales.

Pelos.—Ya hemos indicado que en el trigo crecen una serie de pelos insertos en el vértice opuesto al germen. Estos pelos emergen de las células longitudinales que constituyen el epicarpio.

Por poseer características acusadas los pelos de algunos cereales, sirven a veces como elemento de reconocimiento microscópico en las adulteraciones o mezclas de harinas.

Fig. 9.—TRIGO.
Pelos.



Reproducción a 200 aumentos de un pelo de trigo. Se observa claramente la finura de su cavidad axial o lumen comparativamente con el grosor de las paredes del pelo. Es característica en estos pelos la forma de la base o inserción.

Los pelos de trigo (fig. 9) poseen paredes más gruesas que la cavidad axial, extremo básico o de inserción en el grano, poliédrico, de diedros obtusos y punteado.

Lumen estrecho. El grosor de la membrana in-

terior es mayor que la anchura de la cavidad axial o lumen.

De todas las partes constitutivas del grano, que con más o menos detalle hemos estudiado, nos interesan en microscopia de harinas los siguientes elementos:

- 1.º Almidón.
- 2.º Epicarpio con sus células longitudinales.
- 3.º Mesocarpio y sus células transversales.
- 4.º Pelos.

En muchos casos bastará la observación al microscopio de una preparación de almidón para dictaminar su procedencia, mezcla o adulteración. Pero no siempre basta el estudio del almidón de una harina para informar con seguridad sobre su calidad o pureza y en casos tales recurriremos a técnicas y métodos diferentes para llevar a cabo la observación de los pelos y tegumentos; entendiéndose por tegumentos al epicarpio y mesocarpio solamente, ya que las demás envolturas no tienen de por sí características diferenciales suficientes para basar un diagnóstico.

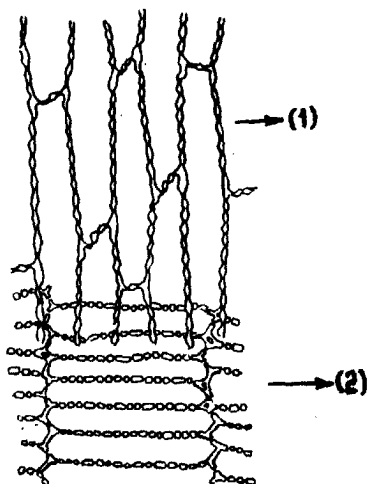
Estos cuatro elementos serán, pues, los que estudiemos en los restantes cereales.

Otras especies de trigos, como el durum, polonicum, turgidum, compactum, dicoccum y spelta, ofrecen variantes en las estructuras tegumentales y almidones, con respecto a las descritas para el vulgare. Como ejemplo de estas variaciones indicaremos las del spelta.

Las células longitudinales del epicarpio son casi exactas a las del centeno, incluso las células trans-

versales del mesocarpio se diferencian muy poco de las de este cereal. Las paredes transversales de las células transversales del espelta no poseen puntuaciones y si bien no tienen tanto grosor o espe-

Fig. 10.—ESPELTA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del trigo espelta.

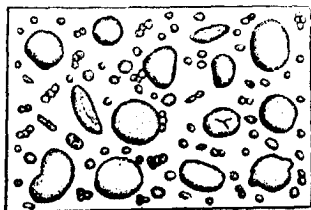


- (1) Células longitudinales del epicarpio.
(2) Células transversales del mesocarpio.
(200 aumentos.)

samiento como las del centeno, sí existen meatos entre ellas, cosa que como indicamos nunca ocurre en el trigo vulgar.

El almidón del espelta es de dimensiones me-

Fig. 11.—ESPELTA.
Almidones.



Formas características y proporciones a 200 aumentos de los granos de almidón del trigo espeleta. El grano de forma de habichuela o riñón es confundible con el de cebada, y el que aparece agrietado, con el del centeno.

nores que el correspondiente del trigo. No tan regular, sino más bien parecido al de la cebada y a veces en forma de riñón (fig. 11).

Los estratos o capas que rodean al núcleo son frecuentes.

Estos granos de almidón se parecen al del centeno, por cuanto aparecen muchos de ellos con capas concéntricas y agrietadas en el centro en forma de estrella de tres puntas.

Los granos pequeños se aglomeran a veces y no poseen la forma tan marcadamente redondeada como los correspondientes del trigo.

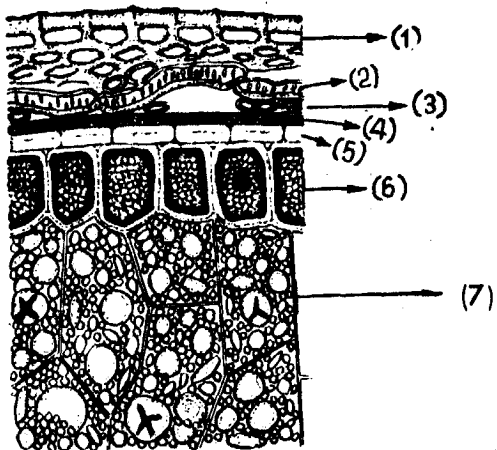
Los pelos de este cereal se diferencian bastante de los del trigo, ofreciendo una especie de transición de los de éste a los del centeno.

La figura 12 nos muestra el corte transversal de un grano de centeno, que no se diferencia funda-

mentalmente del representado en la figura 1 para el del trigo.

EPICARPIO.—La diferencia esencial y caracterís-

Fig. 12.—CENTENO (*Secale cereale*).
Corte transversal de un grano de centeno.

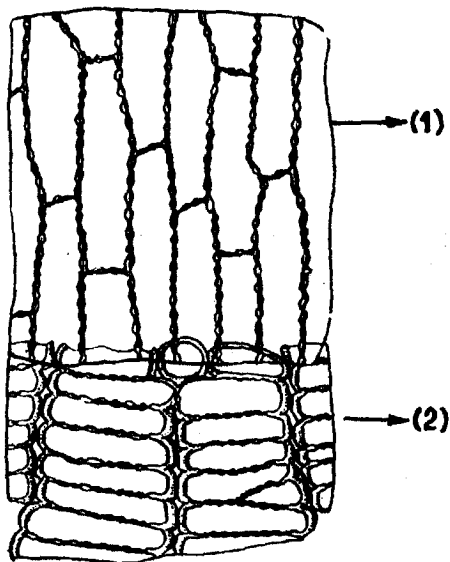


- | | |
|--|--|
| (1) <i>Epicarpio</i> . Células longitudinales. | } Importantes para el diagnóstico microscópico de las harinas. |
| (2) <i>Mesocarpio</i> . Células transversales. | |
| (3) <i>Endocarpio</i> . Células tubulares. | |
| (4) <i>Testa</i> . | |
| (5) <i>Endopleura</i> . | |
| (6) <i>Aleurona</i> . | |
| (7) <i>Albumen amiláceo</i> . | |
- (200 aumentos.)

tica de las células longitudinales que constituyen este tejido, si las comparamos con las correspondientes y ya descritas en el trigo, es que las pare-

Fig. 13.—CENTENO.

Constitución anatómica de las membranas tegumentales del centeno.

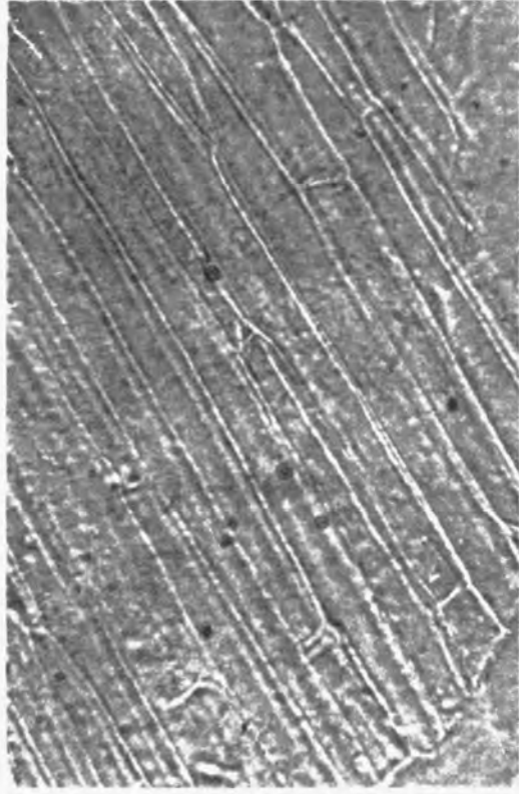


- (1) Células longitudinales del epicarpio.
- (2) Células transversales del mesocarpio; los espesamientos terminales de estas células y los meatos que a veces se observan son características de diferenciación para este cereal.
(200 aumentos.)

des son mucho más delgadas y las puntuaciones más irregulares y débiles (fig. 13).

MESOCARPIO (fig. 13).—Las células transversales que forman esta membrana tienen todavía más

Fig. 14.—CENTENO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del centeno.



Células longitudinales del centeno, en las que podemos observar sus paredes más delgadas y menos punteadas que las correspondientes del trigo. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

valor para el análisis microscópico. Estas del centeno son de menor tamaño que las longitudinales; en cambio en el trigo, las células transversales tienen mayores dimensiones, igualándose a las longitudinales. Además las paredes comunes de las células transversales del centeno, es decir las paredes más cortas, son gruesas y arqueadas, careciendo de puntuaciones. Este engrosamiento o espesamiento es característico, así como los meatos que a veces se observan, y estos dos caracteres son decisivos en la distinción de una y otra cubierta.

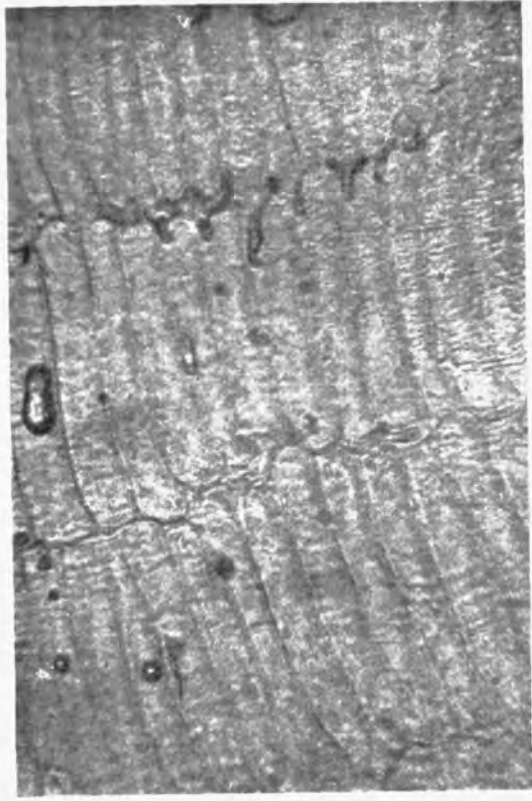
En las figuras 14 y 15 se puede observar las diferencias descritas y la relativa facilidad con que se distinguen de las correspondientes del trigo representadas en las figuras 3 y 4.

ALMIDÓN.—Se observa la presencia de dos clases de granos de almidón, grandes y pequeños, con formas y tamaños intermedios. En el trigo ya indicamos que esa transición en tamaño entre los grandes granos de almidón y los pequeños no era corriente.

Forma.—Irregularmente redondeados, aproximadamente circulares o elípticos. Los grandes, de dimensiones superiores a los mayores del trigo y son más hialinos en los bordes. Las formas accesorias o secundarias son de judía, arriñonados o abombados irregularmente. Los granos pequeños aproximadamente redondos.

Tamaño.—Los grandes de 45 a 60 micras. Intermedios de 25 a 40. Pequeños de 3 a 10. Los tamaños intermedios son muy abundantes.

Fig. 15.—CENTENO.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales del centeno.

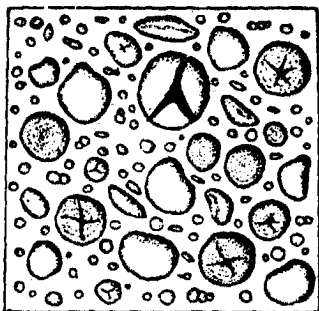


Células transversales del centeno con sus extremidades engrosadas o espesadas, y en las que se distinguen los meatos que dejan entre sí estas extremidades. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

Núcleo y grietas.—Núcleo central, y numerosos granos grandes con grietas centrales en forma de estrella de 3-5 puntas, que recuerda la marca del automóvil “Mercedes”.

Calentando la harina de centeno durante una

Fig. 16.—CENTENO.
Almidones.



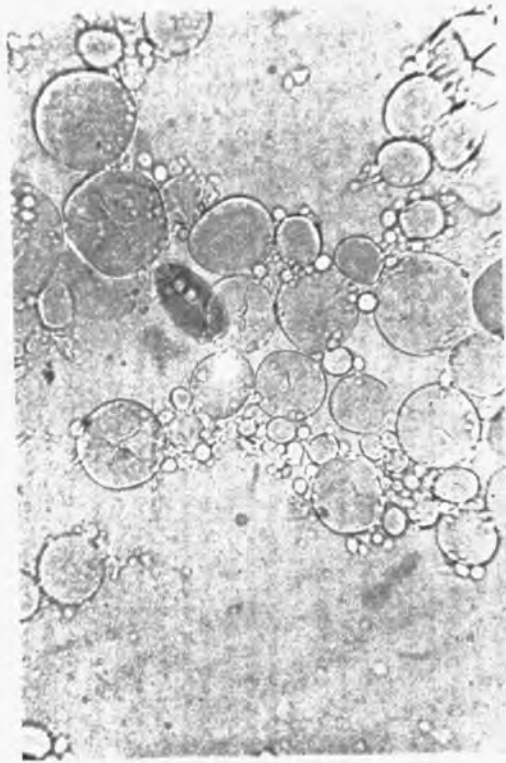
Almidón de centeno. Formas, dimensiones y características observadas a 200 aumentos.

hora a 60° se hace general en los granos tanto la aparición de las capas concéntricas al núcleo, como la de grietas centrales en estrella.

Estratos o capas que rodean al núcleo.—La estructura zonal es a veces visible, aumentando esa visibilidad por calentamiento a la temperatura indicada.

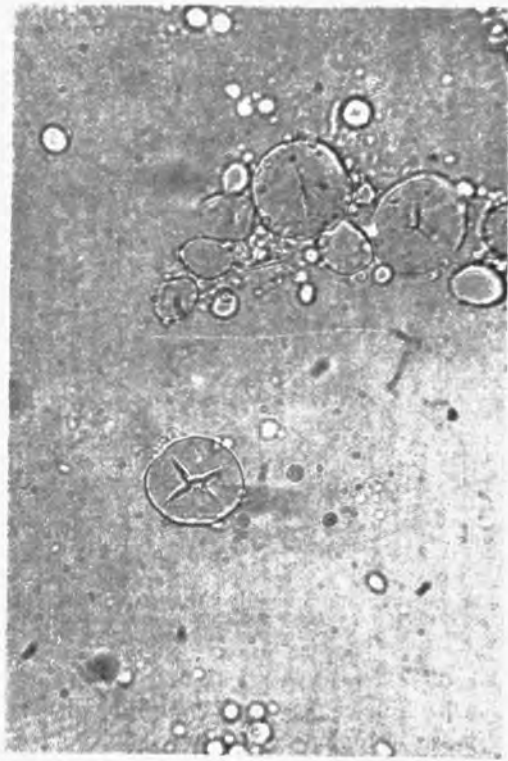
Pelos: En los pelos del centeno se hallan tam-

Fig. 17.—CENTENO.
Almidones.



Granos de almidón de centeno. Claramente se observan las grietas o hendiduras centrales en forma de estrella. Asimismo, las zonas concéntricas al núcleo en algunos de ellos y los granos de tamaño intermedio dan carácter de gran valor para el reconocimiento de este almidón al microscopio. (Micro original del Centro.)

Fig. 18.—CENTENO.
Almidones.

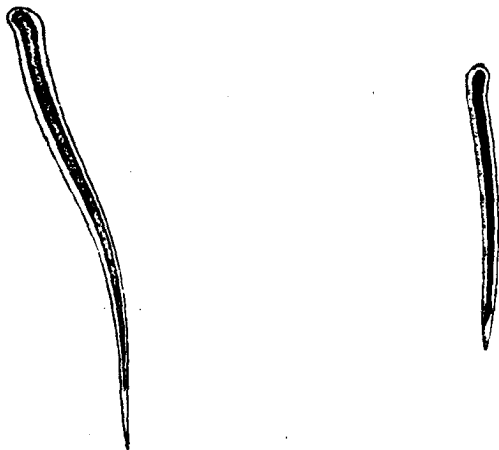


La acción de una temperatura de 60° durante una hora sobre la harina de centeno diluida en agua hace resaltar extraordinariamente las figuras o grietas centrales en los granos de almidón, como nos lo muestra la micro representada en esta figura. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

bién notables diferencias con los descritos en el trigo.

La cavidad axial o lumen es muy engrosada y

Fig. 19.—CENTENO.
Pelos.

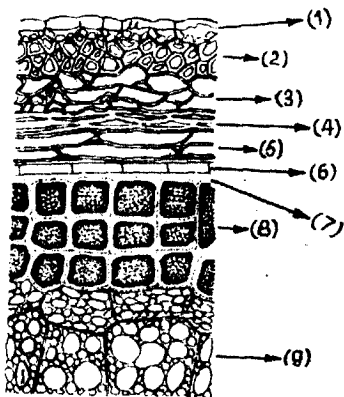


Pelos de centeno a 200 aumentos. Sus características son: tener el lumen o cavidad axial muy engrosado, comparativamente a las paredes del pelo, y poseer la base del mismo redondeada.

más ancha que las paredes del pelo. El extremo básico o de inserción redondeado.

Cebada (*Hordeum vulgare*): Los granos de cebada permanecen unidos íntimamente a las glumillas que los rodean y con las cuales crecen y se desarrollan; sólo por excepción se desprenden en

Fig. 20.—CEBADA.
Corte transversal de un grano de cebada.



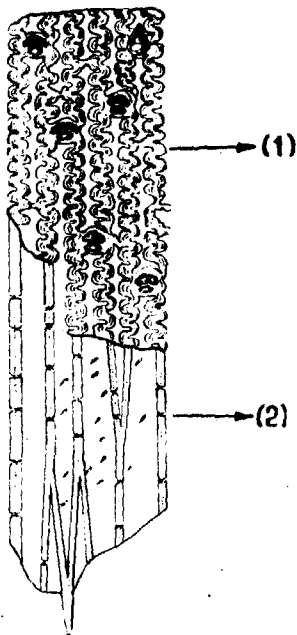
- | | |
|--|---------------|
| (1) Epidermis externa de la glumilla, importante para el diagnóstico microscópico. | } glumilla. |
| (2) Hipodermo de la glumilla. | |
| (3) Parénquima esponjoso de la glumilla. | } pericarpio. |
| (4) Células longitudinales del epicarpio. | |
| (5) Células transversales del mesocarpio. | |
| (6) Testa. | |
| (7) Endopleura. | |
| (8) Capas de aleurona (por lo general tres hiladas). | |
| (9) Células amiláceas del endospermo. | |
- (200 aumentos.)

las variedades que denominamos cebada desnuda, o sea en la cebada celeste (*H. coeleste*) y trifurcada (*H. trifurcatum*).

Un corte transversal de grano de cebada corriente nos lo muestra la figura 20, cuyos elementos constitutivos son los siguientes:

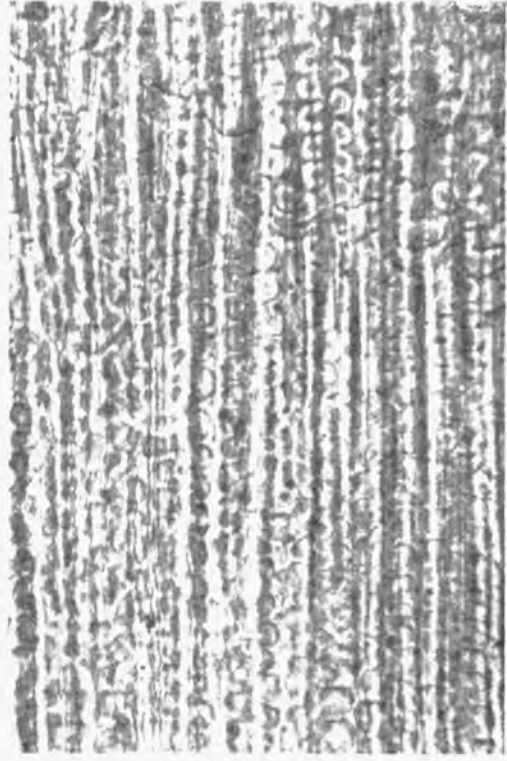
1.º *Epidermis externa de la glumilla.*—Está

Fig. 21.—CEBADA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales
de la cebada.



- (1) Epidermis de la glumilla, con sus dos clases de células: las largas, de paredes festoneadas u onduladas, y las cortas, emparejadas y entremezcladas con las anteriores. Esta envoltura es interesantísima, y por ella se reconoce gran número de adulteraciones con este cereal.
- (2) Células fibrosas estrechas y alargadas del hipodermo de la glumilla.

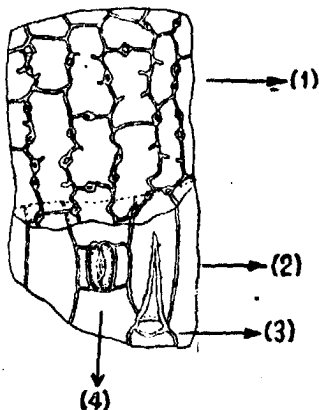
Fig. 22.—CEBADA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales de la cebada.



Células festoneadas u onduladas, denominadas por algunos autores silíceas, de la epidermis de la glumilla de cebada. Es tan clara su diferenciación, que no necesita encontrarse la importancia que estas células poseen para el diagnóstico microscópico. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

constituida por dos clases de células, unas largas y otras cortas. Las largas de paredes gruesas y como rizadas u onduladas, dándole un aspecto característico; a estas células muchos autores las denominan células silíceas, por su riqueza en ese mineral: como incluídas entre ellas se hallan las células cortas que, en grupos de a dos, van de trecho en trecho entremezcladas entre las grandes; de las dos células cortas una es redondeada y la otra en forma de cuarta de luna. Esta envoltura es muy característica y su reconocimiento en las

Fig. 23.—CEBADA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales de la cebada.



- (1) Células del parénquima esponjoso de la glumilla.
- (2) Células de la epidermis interna de la misma.
- (3) Pelos cortos de la cebada de base ensanchada.
- (4) Estomas.

preparaciones nos da la seguridad de la presencia de cebada en las mismas.

La micro representada en la figura 22 nos muestra el poder de diferenciación de esta envoltura.

2.^o *Hipodermo*.—Constituído por varias capas de células estrechas y alargadas de estructura fibrosa. Esta capa no es tan interesante como la anterior para el diagnóstico microscópico.

3.^o *Parénquima esponjoso*. — Constituído por varias capas de células irregulares con paredes en cadeneta (no tiene interés en el análisis microscópico) (fig. 23).

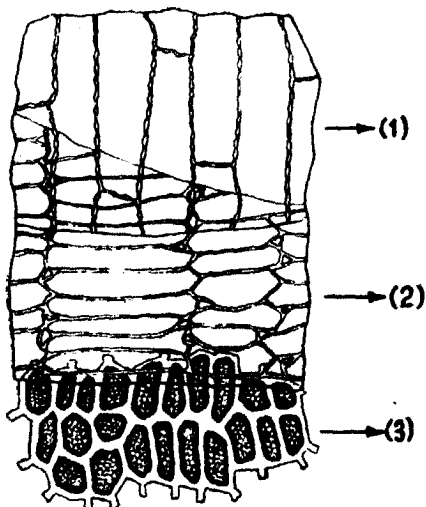
4.^o *Epidermis interna* (fig. 23). — Esta capa, unida íntimamente a la anterior, está formada por células de paredes delgadas, entre las cuales se encuentran distribuídos transversalmente estomas y longitudinalmente colocados entre las células alargadas, pequeños pelos de base ensanchada. (Poco interesante para el análisis).

5.^o *Epicarpio*.—Formado por células longitudinales parecidas a las del centeno.

6.^o *Mesocarpio* (fig. 24). — Las células transversales que lo constituyen se diferencian con facilidad de las del trigo y centeno, además de tener dos capas poseen numerosos espacios intercelulares.

7.^o El tercer tegumento o endocarpio constituyó por células tubulares no se reconoce fácilmente en la cebada, además de no poseer esta capa poder alguno de diferenciación.

Fig. 24.—CEBADA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales de la cebada.



- (1) Células longitudinales del epicarpio.
- (2) Células transversales del mesocarpio.
- (3) Células de aleurona.

8. ^o Testa.		La testa sin colorear y la endopleura con sus células hialinas no tienen interés para el análisis.
9. ^o Endopleura.		

10. *Aleurona*.—Seguidamente a las últimas capas descritas comienza la capa de aleurona que se diferencia del trigo, centeno y demás cereales por estar compuesta de tres capas o hiladas de célu-

las, en lugar de una sola como ocurre en aquellos cereales.

ALMIDÓN (figs. 25 y 26).—El almidón de la cebada consta de dos clases de granos: grandes y pequeños, con pocos tamaños intermedios. Son los que más fácilmente se confunden con los del trigo.

Forma.—Los granos grandes son, por lo general, redondeados y de gran parecido a los grandes del trigo, aunque no son tan regularmente redon-

Fig. 25.—CEBADA.
Almidones.

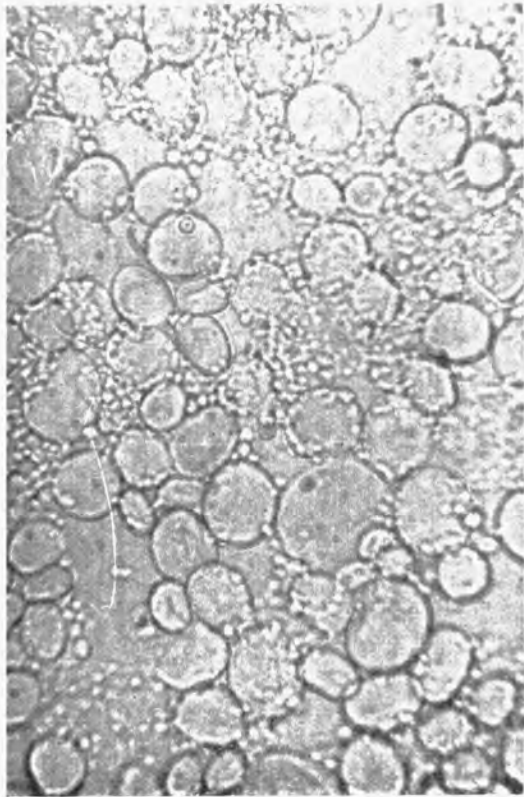


Almidón de cebada. Formas más características observables en preparaciones de cebada. Los granos en forma de riñón y la irregularidad de otros muchos nos dan indicios de diferenciación con el almidón de trigo, que, por cierto, tiene gran parecido con éste.

deados ni tan grandes. Posee algunos en forma de riñón, jibosos y angulosamente redondeados, sirviéndose de ellos para su diferenciación con los del trigo.

Los granos pequeños, de menores dimensiones que los correspondientes del trigo, son redondea-

Fig. 26.—CEBADA.
Almidones.



Almidón de cebada. En esta micro se puede observar el gran parecido que este almidón tiene con el del trigo. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

dos, y algunos angulosos o en forma de huso, algunos verdaderamente diminutos.

Tamaño.—Los grandes de 20 a 30 micras. Los intermedios de 20 a 30 micras. Los pequeños de 1 a 5 micras.

Núcleo y grietas.—Núcleo central y alargado, pocas veces se observan grietas en él. Estas características no se observan fácilmente.

Estratos o capas que rodean al núcleo.—Los estratos o capas concéntricas son frecuentes si se someten las harinas a calentamientos como indicamos para el trigo y centeno.

Pelos.—Raramente se observan. Son pequeños y de base ensanchada (ver fig. 23).

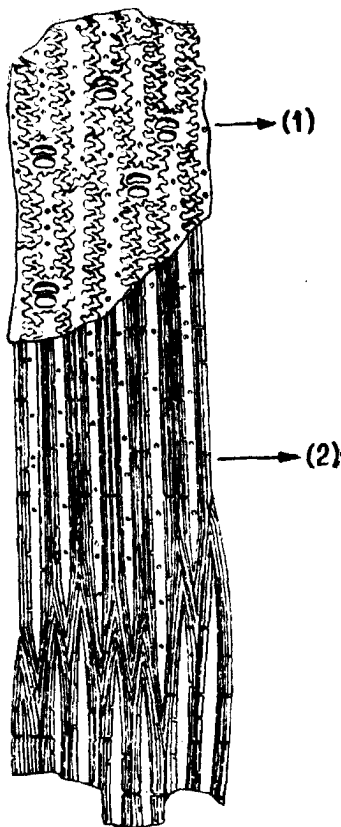
AVENA (AVENA SATIVA)

Los granos de avena están también rodeados de las glumillas, pero al revés de la cebada no crecen unidas al grano y por ello es fácil separarlas del mismo por medios mecánicos y de hecho así se hace, ya que estas glumillas no tienen valor alguno para la alimentación.

Contrariamente a lo que sucede en los demás cereales, de la total superficie del grano de avena crecen gran cantidad de pelos largos.

La epidermis externa de la glumilla de la avena (fig. 27) consta como la de la cebada de dos clases de células, largas y cortas. Las células largas son parecidas a las correspondientes de la cebada (ver fig. 21), diferenciándose en que en la avena las membranas onduladas o festoneadas es-

Fig. 27.--AVENA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentá-
les de la avena.



- (1) Epidermis de la glumilla de avena, con sus dos clases de células, largas de paredes onduladas y cortas emparejadas, entremezcladas con las anteriores.
- (2) Celulosas fibrosas del hipodermo de la glumilla de avena.

tán más separadas entre sí y estas mismas ondulaciones son más agudizadas y con sus vértices nudosos. Las células cortas, dispuestas en series longitudinales y entremezcladas con las largas, se hallan, o bien aisladas—caso poco frecuente—o bien emparejadas; en este último caso una es elíptica y la otra en forma de cuarto de luna, como en la cebada.

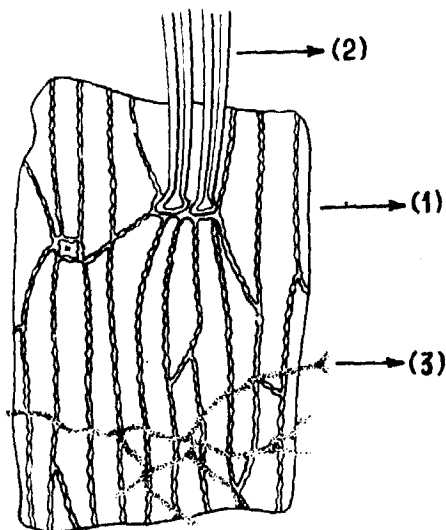
Debajo de esta capa de células onduladas, por otros autores silíceas, se halla la estructura hipodérmica fibrosa, diferenciándose de las correspondientes de cebada por la mayor anchura de sus paredes.

El parenquima esponjoso y la epidermis interna se diferencian también de la estructura indicada al describir los de la cebada (ver fig. 23) en detalles que no especificamos, ya que estas capas no tienen valor alguno para el análisis y diagnosis de harinas.

La estructura de los tegumentos del pericarpio muestra cómo en los cereales anteriores las mismas características de células longitudinales, transversales y tubulares. Únicamente las células longitudinales, que constituyen la primera capa tegumental, poseen caracteres suficientes para poder diferenciarlas de las longitudinales del trigo, centeno y cebada (fig. 28).

Estas células son de paredes delgadas y con estrangulaciones o puntuaciones poco pronunciadas. La principal característica es que a veces se concentran varias, precisamente en la inserción de los pelos, que en este cereal crecen abundantemente y

Fig. 28.—AVENA.
Constitución anatómica de las membranas tegumentales
de la avena.



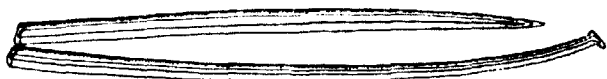
- (1) Células longitudinales del epicarpio de avena, mostrando la concentración de estas células en los puntos de inserción de los pelos.
- (2) Pelos de avena creciendo por parejas y con el estrechamiento característico en su base, como tobillos.
- (3) Micelio desarrollado del "Ustilago avenae".

emparejados por toda la superficie del grano. Estos pelos, de paredes gruesas, con dimensiones muy superiores a los de los demás cereales y que a veces llegan a alcanzar los 2 milímetros, poseen caracteres suficientes para distinguirlos y clasifi-

carlos. La anchura máxima del pelo la adquiere hacia el centro y en su inserción o base sufre una pequeña y peculiar escotadura en forma de tobillo (fig. 29).

Es muy frecuente observar debajo de las células longitudinales un micelio hialino del hongo "Ustilago avenae" como producto de la germinación de las esporas del mismo durante la floración.

Fig. 29.—AVENA.
Pelos.



Pelo partido de avena. Su longitud, la anchura de su parte central y el estrechamiento de la base son sus principales características.

En la avena estas esporas se hallan entre las glumillas y el grano (ver fig. 28).

La testa y endopleura (incoloras) del grano de avena son más delgadas que en los cereales ya tratados y no poseen valor alguno para el análisis.

La capa de aleurona es sencilla y de paredes delgadas las células que la constituyen.

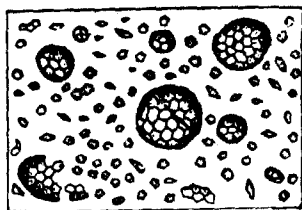
En el endospermo, las células contienen en su mayoría almidón, pero también entremezclado con él se halla una sustancia protéica y por consiguiente es muy nutritiva.

ALMIDÓN.—El almidón de la avena tiene dos clases de granos; compuestos y sencillos. Los compuestos lo son a veces por varias decenas de sen-

cillos poliédricos y otros lo son de dos o tres nada más; es decir, que desde el emparejamiento hasta la reunión de varias decenas hay toda la transición de compuestos. Característico de estos granos compuestos es que tienden a conglomerarse los sencillos en forma redondeada y regular.

Los granos sencillos de almidón de la avena son característicos y de relativamente fácil diferencia-

Fig. 30.—AVENA.
Almidones.



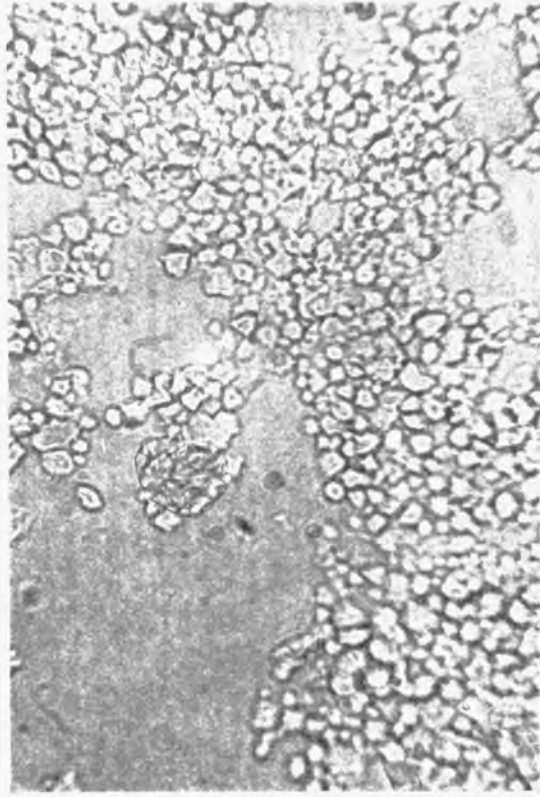
Almidón de avena, con sus dos clases de granos: compuestos y sencillos. En estos últimos se pueden observar las diferentes formas que caracterizan a este almidón, sobre todo los husillos, que no se distinguen en las preparaciones de arroz.

ción con los del arroz. La forma redondeada o globosa es corriente, pero también lo es la de huso o de lágrima, especialmente los de forma de husillo dan carácter al almidón de la avena.

Desde luego, este almidón y el del arroz son parecidísimos y sólo a fuerza de práctica pueden caracterizarse (fig. 30).

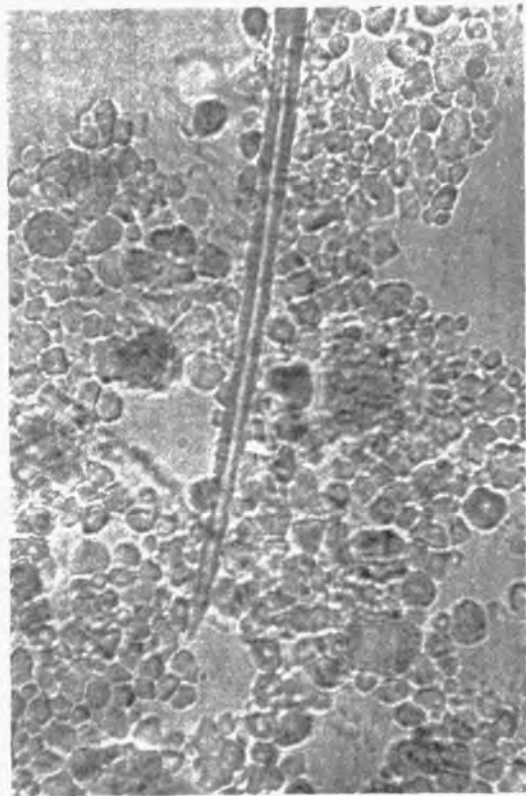
Forma.—Granos compuestos ovales o redondea-

Fig. 31.—AVENA.
Almidones,



Micro original del Centro de Cerealicultura, mostrando un grano compuesto y los sencillos del almidón de avena.

Fig. 32.—AVENA.
Almidones.



Almidón de avena. En el centro del campo se destaca la parte terminal de un pelo característico de este cereal. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

dos, a veces están constituidos por 80 y aun más, sencillos.

Granos simples o sencillos, poliédricos, algunos redondeados, en forma de husillo, más o menos perfecto o encorvado, lágrima o en forma de limón.

Tamaño.—Compuestos: de 5 a 30 micras. Simples: de 1 a 5 micras.

Núcleo, grietas, estratos o capas.—No se distinguen al microscopio (figs. 31 y 32).

MAIZ (ZEA MAYS)

El grano de maíz bien limpio muestra los mismos tegumentos y capas que los demás cereales (fig. 33).

El pericarpio está, desde luego, mucho más desarrollado que en los demás cereales, debido a su mayor número de capas de células longitudinales y transversales del epicarpio y mesocarpio.

También se puede observar en la figura las células tubulares.

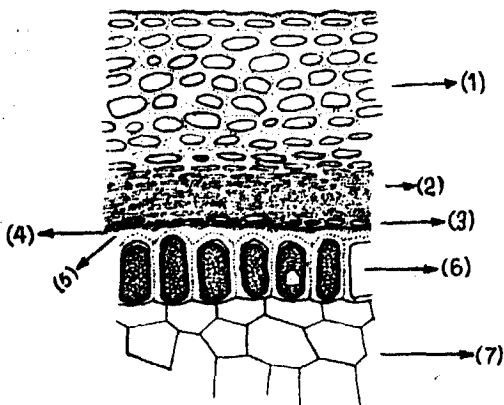
Tampoco ofrece nada característico la testa y la endopleura.

La capa de aleurona es sencilla, es decir, constituida por una sola hilada de células.

ALMIDÓN.—El almidón del maíz es muy característico y únicamente con el del sorgo (*Andropogon sorghum*) pudiera confundirse.

Forma.—Los granos procedentes de la capa periférica, o región córnea, son francamente poliédricos con aristas agudizadas y con grietas la ma-

Fig. 33.—MAIZ.
Corte transversal de un grano de maíz.



- (1) Epicarpio muy desarrollado, con numerosas capas de células longitudinales.
- (2) Mesocarpio también desarrollado y conformado por varias capas de células transversales.
- (3) Endocarpio.
- (4) Testa.
- (5) Endopleura.
- (6) Aleurona.
- (7) Células amiláceas del endospermo.
(200 aumentos.)

yoría. A veces forman grupos o conglomerados de dos o más granos. El almidón que procede de la región central posee los granos más redondeados, a veces arriñonados y siempre con formas intermedias hasta las francamente poliédricos. Las ranuras o estrías centrales no se observan con tanta profusión como en los granos procedentes de la región córnea.

Tamaño.—Muy variable: de 2 a 30 micras. Esta variabilidad da carácter también al almidón de este cereal.

Núcleo y grietas.—Núcleo central y gran mayoría de granos con grietas simples o en forma de estrella, parecidas a las observadas en el centeno.

Fig. 34.—MAIZ.
Almidones.

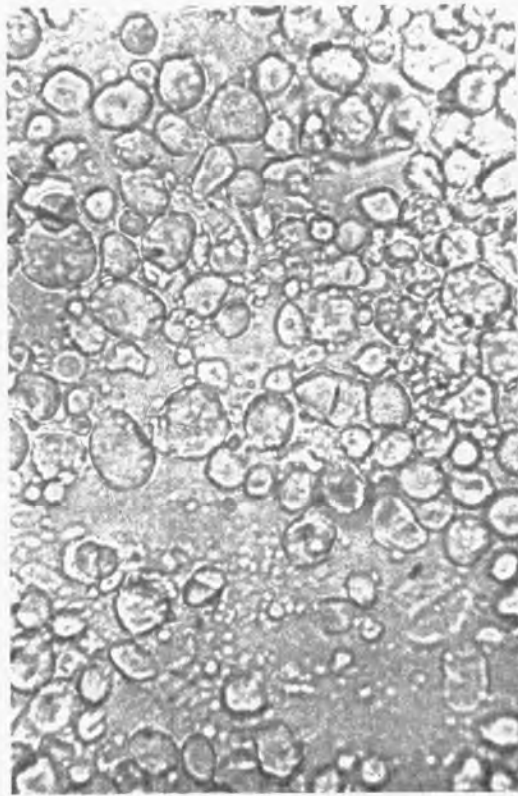


Almidón de maíz. Característico aspecto de los granos de almidón de este cereal. Sus formas poliédricas con aristas agudizadas, las ranuras y estriás centrales y la variabilidad de sus dimensiones los hacen de fácil reconocimiento en los análisis de harinas. El almidón representado procede de la parte córnea o periférica de un grano de maíz.

Estratos o capas.—No observables al microscopio.

En los productos que proceden del cereal poco descascarillado, además de los granos característicos de almidón, se encuentran células completas del endospermo y trozos de la capa de aleurona sobre la que no es raro percibir las células tubulares de la última capa del pericarpio. Aunque no es frecuente en las harinas de maíz, sí se distinguen a veces los tejidos membranosos del zuro que van adheridos a los granos poco limpios. En cam-

Fig. 35. MAIZ.
Almidón.



Aspecto que ofrece el almidón de maíz a través del microscopio. Los granos de forma redondeada o arrionada proceden de la parte central del endospermo del grano. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

bio, en los subproductos de este cereal es corriente su observación.

ARROZ (ORYZA SATIVA)

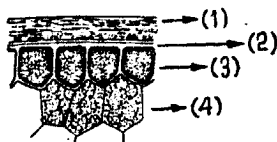
Las glumillas de esta gramínea después de la recolección se separan fácilmente. También en el perlado desaparece el pericarpio e incluso la capa de aleurona y el embrión.

Por el hecho de que en la elaboración del arroz desaparezcan todos estos elementos es de fácil diagnóstico su harina, ya que se hará exclusivamente atendiendo a los granos de almidón.

Estructura del grano de arroz (fig. 36).

Como podemos observar en la figura, el pericarpio con sus tres capas es muy estrecho y mucho más lo es la testa y endopleura. Las células que

Fig. 36.—ARROZ.
Estructura anatómica del corte transversal de un grano de arroz.



- (1) Pericarpio muy tenue constituido por sus tres estructuras.
- (2) Testa y endopleura, también de poquísimo grosor.
- (3) Capa de aleurona.
- (4) Células del endospermo amiláceo.
(200 aumentos.)

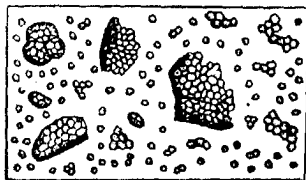
componen la capa de aleurona están constituidas por paredes muy delgadas.

Sólo para los subproductos es interesante el estudio e identificación de las estructuras tegumentales en las que pueden observarse las células longitudinales, transversales, tubulares y de aleurona.

Las glumillas del arroz se diferencian fácilmente de las de cebada y avena, tanto por sus células epidérmicas como por las fibrosas del hipodermo. Las primeras están fuertemente silicificadas, por lo que para su observación se requiere la maceración en la mezcla de Schulze, las paredes de estas células son onduladas pero con escotaduras muy profundas que parecen en zig-zag. En cuanto a las fibrosas del hipodermo tienen la forma de doble sierra, con dientes muy salientes.

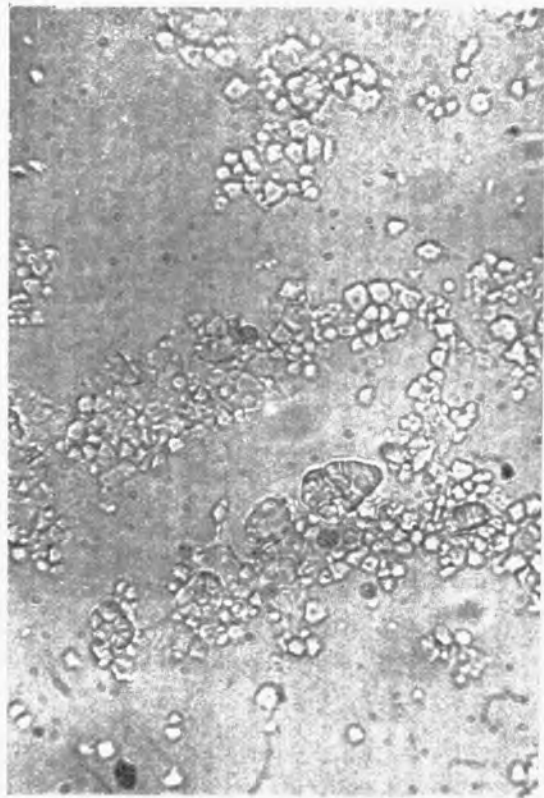
Realmente, por la cantidad de sílice que las células epidérmicas contienen, estas glumillas no tienen aplicación alguna en la alimentación, empleán-

Fig. 37.—ARROZ.
Almidones.



Formas que corrientemente se observan en los granos compuestos y sencillos del almidón de arroz (200 aumentos).

Fig. 38.—ARROZ.
Almidones.



Granos compuestos y sencillos característicos del almidón de arroz. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

dose como elemento aislador para empacar y raramente para adulteraciones o falsificaciones de productos alimenticios, que en estos casos son de fácil reconocimiento al microscopio.

ALMIDÓN.—Debido al perlado que sufre el arroz y a la desaparición total de sus tegumentos y germen, las harinas procedentes de esta gramínea son las más blancas, conteniendo sólo por excepción algunas células de aleurona.

Las células del endospermo están repletas de granos de almidón que son muy pequeños, poliédricos y parecidísimos a los de avena.

Forma.—Dos clases de granos, sencillos y compuestos.

Los primeros son francamente poliédricos y con aguzadas aristas, siendo rarísima la forma redondeada y no aparecen las formas de limón, lágrima o husillo tan frecuentes en el almidón de la avena.

Los granos compuestos son conglomerados de sencillos, raramente ovales y menores que los compuestos de la avena. Adquieren una forma irregular y muy corrientemente aparecen como si los granos compuestos se hubieran roto con fractura irregular.

Tamaño.—Los granos compuestos hasta 30 micras. Los sencillos de 2 a 10 micras.

Núcleo y grietas.—Raramente visibles.

Estratos o capas.—No observables al microscopio.

CARACTERISTICAS M A S SALIENTES QUE REVISTEN LOS ALMIDONES DE LEGUMINOSAS Y PATATA

Indicaremos algunos caracteres de estos almidones, ya que si no es corriente, sí se adulteran o mezclan a veces las harinas de cereales con las procedentes de estas plantas.

Las figuras 39, 40, 41, 42, 43 y 44 nos muestran

Fig. 39.—JUDIA.
Almidones.



Característico aspecto del almidón de judía (200 aumentos).

formas y características de esta clase de almidones, entre los cuales los principales son los siguientes:

Forma.—Las formas de riñón, elípticas, redondeadas, ovales con escotaduras o de habichuela, son las más frecuentes.

Tamaño.—Es muy variable y de 3 a 70 micras existe toda la variabilidad en sus dimensiones. Las habas y judías son las leguminosas que poseen los granos de almidón mayores; siendo los de lenteja,

Fig. 40.—JUDIA.
Almidones.



Almidón de leguminosas. Característico aspecto que ofrece el almidón de la judía, con sus hendiduras centrales bifurcadas en sus extremidades. Los granos de almidón de esta leguminosa son de los que poseen mayores dimensiones. (Micro original del Centro de Cereales cultura.)

Fig. 41.—GARBANZO.
Almidones.



Almidón del garbanzo, con las características inherentes a los almidones de las leguminosas. Comparando esta reproducción con la figura 39, se advierten las menores dimensiones de estos granos en relación con los de la judía (200 aumentos).

guisante y garbanzos los de tamaño más reducido.

Núcleo y grietas.—Casi todos los granos poseen numerosas grietas o hendiduras, a veces muy anchas las centrales y con fisuras o radiaciones que, partiendo de ésta, se bifurcan y ramifican especialmente en sus extremidades.

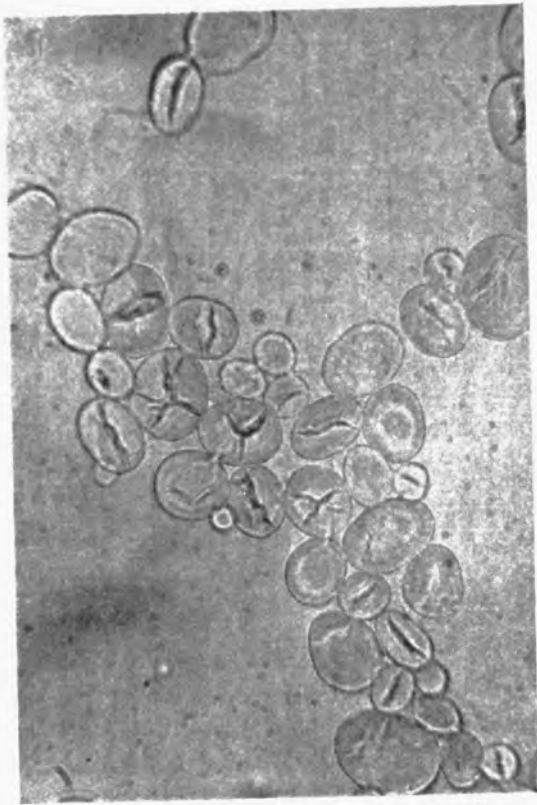
Estratos o capas.—Se observan con mucha claridad.

ALMIDON DE PATATA

El almidón o fécula de este tubérculo es muy característico, pudiéndose confundir solamente con la “*Maranta arundinacea*” con la “*Curcúma angustifolia*”, e incluso con el “Arrowroot” o “*Cannas edulis*” e “*indica*”.

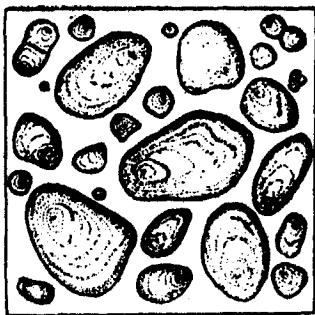
Forma.—Granos sencillos, algunos enormes, de contornos irregulares pero redondeados. Algunos granos tienen forma de concha u ostra, hacha, cu-

Fig. 42.—GARBANZO,
Almidones.



Los granos de almidón del garbanzo, de menores dimensiones que los de la judía, presentan bien acusados los caracteres de los de todas las leguminosas. (Micro original del Centro de Cerealicultura.)

Fig. 43.—PATATA.
Almidones.



Almidón de patata con sus formas más frecuentes y sus capas concéntricas alrededor del núcleo excéntrico (200 aumentos).

ña u ovales. A veces se ven granos compuestos de dos o tres sencillos, englobados en un solo contorno.

Tamaño.—De 2 a 110 micras están representadas todas las dimensiones.

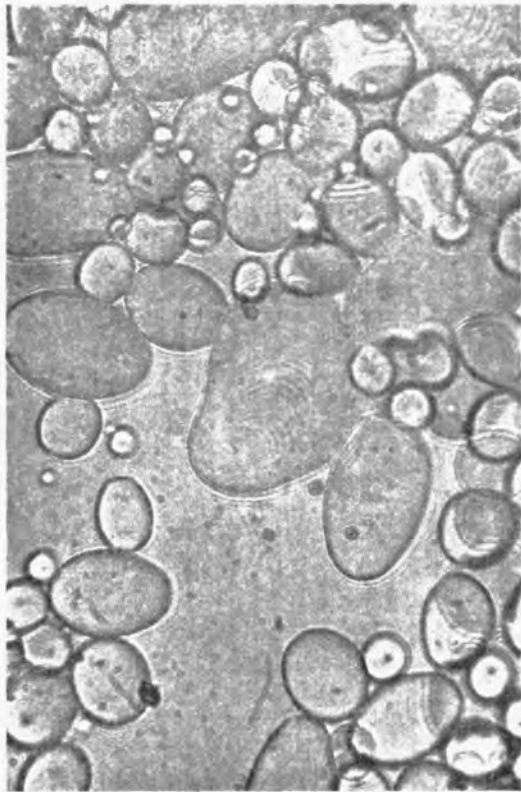
Núcleos y grietas.— Núcleo excéntrico, siendo rarísimas las grietas.

Estratos o capas.—Muy claras, siendo muy acusadas en las zonas cercanas al núcleo.

MATERIAL PRECISO PARA LLEVAR A CABO EL RECONOCIMIENTO RAPIDO DE HARINAS

Un microscopio, con la combinación de ocular y objetivo para 200 aumentos bastaría, pero lo más conveniente es poseer colocados en el revólver

Fig. 44.—PATATA.
Almidones.



Forma que más corrientemente se observa en el almidón de la patata. Las capas concéntricas alrededor del núcleo excéntrico se destacan claramente en esta micro.

del aparato, dos objetivos, el núm. 10 que puede servir como buscador—y el núm. 40 de Zeiss para fijar las observaciones, con el ocular núm. 10 multiplica por 10 los aumentos dados por los objetivos.

Varios porta-objetos.

Idem cubre-objetos, bien sean cuadrados de 18 × 18, 20 × 20 o bien redondos.

Recipientes o cápsulas pequeñas de cristal.

Un par de cápsulas de porcelana de tamaño mediano.

Un mechero de alcohol y trípode para calentar las cápsulas de porcelana.

Varillas de vidrio.

Una pequeña espátula de metal.

Una lanceta triangular para recoger los sedimentos y colocarlos sobre el porta-objetos para su reconocimiento.

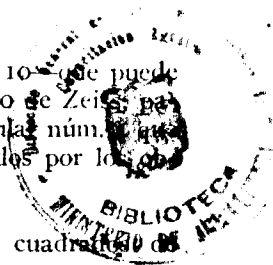
Aceite de clavo.

Potasa cáustica de concentraciones 1,5 por 100, 12,5 por 100.

Acido clorhídrico concentrado.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE MÁS SENCILLA APLICACION PARA LA OBSERVACION DE LOS ALMIDONES Y TEJIDOS TEGUMENTALES

ALMIDONES.—Para confeccionar preparaciones rápidas que nos permitan observar al microscopio el almidón contenido en una muestra cualquiera de harina, se tomará con una espátula una peque-



ña porción de la muestra a estudiar, diluyéndola con un poco de agua en un pequeño recipiente o cápsula de cristal. Con una varilla bien limpia de vidrio se removerá la harina hasta que todas sus porciones queden bien empapadas en el agua. Hecho esto, se dejará reposar unos minutos, mientras se limpian y secan bien los porta-objetos y cubre-objetos que emplearemos. Con la misma varilla que nos servimos anteriormente, se toman unas gotas del líquido almidonado, dejándolas en el centro del porta-objetos. Se recubren estas gotas con un cubre-objetos y se lleva la preparación al microscopio, observándola primero con el objetivo débil y afinando en esta observación los aparatos de iluminación (diafragma, condensador y espejo). Escogido el campo se mueve el revólver para continuar la observación con el objetivo de mayor aumento.

A veces es conveniente para hacer resaltar las estrías o hendiduras de los granos de almidón, calentar a 60-62° y durante una hora la muestra diluída en agua. A esta temperatura los granos se hinchan y resquebrajan, y este resquebrajamiento tiende a hacerse, según la naturaleza de la harina, por las zonas en que suelen aparecer las estrías en contados granos de almidón cuando la observación se hace en frío.

Como en el curso de este estudio hemos indicado repetidamente, no suele bastar la observación de los almidones para informar con seguridad sobre la naturaleza de una harina, y es por lo que recurriremos en la mayoría de los casos para el

diagnóstico a estudiar los tegumentos o cubiertas y los pelos que en mayor o menor proporción se hallan siempre en las harinas, aun en aquéllas de más baja extracción o de primera calidad.

PELOS Y TEGUMENTOS.—*Primer método* (denominado de enriquecimiento).— Consiste en una simple ebullición de la harina con agua, con lo cual las partículas del salvado, más ligeras, se trasladan con los pelos a la superficie, junto con la espuma que se produce en la ebullición.

Se procede de la forma siguiente:

Un gramo de harina de la muestra en cápsula de porcelana se hierva con 250 c. c. de agua, removiendo con varilla de vidrio; de la espuma que forma el líquido en ebullición se toman varias porciones, que se llevan a otros tantos portaobjetos, cubriéndolos con laminillas. Se dejan secar y se introduce por bajo del cubreobjeto una gota de esencia de clavo, se observan al microscopio, iniciándose siempre ésta con el objetivo débil para reanudarla con el fuerte una vez que encontremos en el campo una porción digna de estudio. Estas preparaciones sirven para identificar los trozos de cubiertas, pero, sobre todo, los pelos que en gran número acompañan a las harinas. En lugar de aceite de clavo se puede emplear potasa cáustica al 1,5 por 100.

Segundo método (llamado de sacarificación).— Su fundamento es la transformación del almidón de la harina en azúcar soluble, quedando el salvado, junto con la albúmina, como residuo insoluble. Se procede en la forma siguiente:

Se toma un gramo de harina y se deslíe en unas gotas de agua, añadiendo después, y siempre removiendo con una varilla de vidrio, 110 c. c. de agua. Se hierve el líquido obtenido, y durante la ebullición se incorpora 1 c. c. de ácido clorhídrico concentrado para transformar en azúcar el almidón. Al cabo de diez minutos de cocción se decanta y el poso se arrastra con la menor cantidad posible de agua mediante un frasco lavador, dejándolo reposar todavía media hora. Transcurrido este tiempo, se toma con una pipeta un poco de depósito formado, llevándolo a un porta-objetos, se añade una cantidad muy pequeña de potasa cáustica (al 1,5 por 100) y se tapa con la laminilla o cubreobjeto.

Por este método se observan especialmente las partículas de salvado, aun cuando se pueden encontrar también pelos del cereal.

Tercer método (original del Centro de Cerealicultura).—Este método, además de ser el más rápido, es el que nos ha suministrado los mejores resultados.

Consiste en difundir un poco de harina (como medio gramo) en unos 100 c. c. de agua y en cápsula de porcelana. Se calienta la mezcla, añadiendo al iniciarse el calentamiento 10 ó 12 gotas de ácido clorhídrico concentrado, dejando hervir durante un par de minutos, agregando entonces 10 ó 12 gotas de potasa cáustica al 12,5 por 100 y dejándolo en ebullición durante cinco minutos más. Hecho esto, se retira la cápsula de la llama de alcohol, y a los cinco minutos de reposar se de-

canta, dejando únicamente el poso con la menor cantidad posible de agua. Es de importancia no esperar mucho tiempo con la sedimentación, pues en este caso se sedimentan también los grumos de albúmina, que no se han disuelto y que entorpecen la observación microscópica, mientras que los tejidos del salvado, es decir, los tegumentos y algunos pelos, que son los que interesan, son los primeros en sedimentarse.

Procediendo de esta forma y haciendo dos o tres preparaciones, con los posos recogidos en la forma indicada anteriormente, es seguro poder observar los residuos tegumentales y con claridad suficiente para diagnosticar la observación.

ADULTERACIONES O MEZCLAS DE HARINAS Y NORMAS E INDICACIONES PRACTICAS PARA SU RECONOCIMIENTO

Con lo que llevamos dicho podríamos distinguir y calificar cualquier muestra de harina que procediera de los cereales estudiados, y por consiguiente, comprobar la existencia de cualquier mezcla o adulteración en ellas. Para facilitar, sin embargo, el reconocimiento cualitativo de estas mezclas, creemos de interés dar esquemáticamente las normas más sencillas para la calificación de los cereales mezclados en los diversos casos que se nos presenten, e incluso indicaremos las dificultades con que a veces se tropieza en el diagnóstico de ciertas mezclas.

Hemos de advertir que al hablar de mezclas y

adulteraciones de harinas, nos referimos a las que pudieran existir en éstas entrando como componentes únicamente los cereales, no extendiendo el estudio a la mezcla de harinas con sustancias extrañas, tales como: compuestos minerales (calcita, yeso, baritina, tierra de infusorios, alumbre y sulfato de cobre); cornezuelo, neguillón; esporas de tilletia y ustilagos; harinas de paja y madera y de otro gran número de productos susceptibles de entrar en las falsificaciones, por no ser el objeto del presente trabajo.

Es convenientísimo poseer preparaciones permanentes, tanto de almidones como de tegumentos y pelos de los cereales puros, con objeto de contrastar y comparar las muestras sometidas a análisis.

MEZCLAS DE :

Trigo-Centeno :

Estudiaremos primero el almidón en frío, y luego, en caliente. En la mayoría de los casos bastará la observación de los almidones para definir los componentes de la mezcla, teniendo en cuenta el cuadro sinóptico que a este trabajo acompaña.

El hecho de presentarse granos grandes con grietas y de tamaño variable como transición entre los grandes y los pequeños, es indicio casi seguro de la presencia de centeno. En sospecha de esta naturaleza, se harán preparaciones de residuos tegumentales y pelos, adquiriendo por su observación seguridad en el diagnóstico.

El diagnóstico de la mezcla inversa, es decir, Centeno-Trigo, sólo puede hacerse por la observación de tegumentos y pelos.

CUADRO SINOPTICO PARA FACILITAR EL RECONOCIMIENTO AL MICROSCOPIO DE LAS HARINAS

	ALMIDÓN	CÉLULAS LONGITUDINALES DEL EPICARPIO Y DE OTROS TEJIDOS	CÉLULAS TRANSVERSALES DEL MESOCARPIO Y DE OTROS TEJIDOS	PELOS
TRIGO	Granos grandes, muy regulares, claros y de forma circular o elíptica; algunos poseen la apariencia de bandeja o grano de trigo. Granos pequeños, redondeados o globosos. Muy escasos los granos de tamaño intermedio. Grietas: muy raras. Tamaño: de 30 a 40 micras los grandes.	Las paredes longitudinales de estas células son más gruesas que las transversales. Aparecen fuertemente puntuadas y dan la impresión de rosarios o sartas de perlas.	Las extremidades de estas células están redondeadas, pero sin dejar meatos entre sí. Son más regulares o menos angulosas que las longitudinales, y su colocación en el tejido es regular y en empalizada o tejadillo. La longitud de estas células es aproximadamente igual a las longitudinales, con puntuaciones parecidas y grosor análogo.	De paredes más gruesas que la cavidad axial o lumen. Base del pelo, poliédrica y puntuada, con diédros obtusos. Lumen muy estrecho.
TRIGO ESPELTA (como ejemplo de otras especies).....	Los granos son de menores dimensiones que los del trigo corriente. Tampoco tienen tanta regularidad, pareciéndose por ello más a los de cebada. Algunos, por aparecer agrietados en estrella, se asemejan a los del centeno.	Casi iguales a las del centeno.	Parecidísimas a las del centeno, y aun cuando no poseen puntuaciones las paredes terminales, no tienen el característico espesamiento de aquél; pero sí es fácil observar meatos entre el tejadillo que forman las extremidades de estas células.	Se diferencian bastante de los del trigo, ofreciendo una especie de transición de los de éste a los del centeno.
CENTENO	Irregularmente redondeados, aproximadamente circulares o elípticos y con bordes hialinos. Algo mayores que los del trigo. A veces se observan formas de judía o arrañonadas. Los granos pequeños, aproximadamente redondos. Muchos granos, de dimensiones intermedias entre los grandes y los pequeños. Dimensiones de los grandes: de 45 a 60 micras. Grietas muy frecuentes y en forma de estrella característica.	Las paredes de estas células son mucho más delgadas y sus puntuaciones más irregulares y débiles que las del trigo.	De gran valor para el análisis microscópico. De menor tamaño que las longitudinales. Las paredes transversales, es decir, las más cortas, son engrosadas y arqueadas, careciendo de puntuaciones, y a veces se observan meatos entre ellas.	La cavidad axial o lumen es muy engrosada y más ancha que la parte del pelo. La base de inserción, redondeada.
CEBADA	Granos grandes redondeados y muy parecidos a los del trigo, aunque algo menores y no tan regulares. Es frecuente encontrar las formas de riñón, gibosas o angularmente redondeadas. Muchos granos, de dimensiones intermedias. Los granos pequeños, redondeados y de menores dimensiones que los del trigo; algunos, angulosos o en forma de huso. Los grandes, de 20 a 30 micras. Sin grietas.	Parecidas a las del centeno. Estas células no tienen valor para el reconocimiento de este cereal. En cambio, lo tiene, y mucho, la epidermis de la glumilla, constituida por células muy características, de paredes gruesas y rizadas u onduladas, denominadas silíceas. La presencia de estas células en una preparación nos da seguridad de la existencia en ella de cebada.	Posee dos capas de estas células, dejando entre sus extremidades numerosos espacios libres o meatos. En este cereal, el diagnóstico lo haremos basándonos en las células silíceas de la epidermis de la glumilla.	Raramente se observan, y esta ausencia nos da carácter en el reconocimiento. Son pequeños y de base ensanchada.
AVENA	Parecidísimo al del arroz. Granos compuestos, lo pueden ser desde dos a varias decenas de sencillos. Tienden a conglomerarse en forma redondeada u ovalada. Granos sencillos en forma redondeada o globosa; pero es frecuente las de huso, lágrima y limón, que dan carácter a este almidón.	De paredes delgadas, con estrangulaciones o puntuaciones poco exageradas. A veces se observan varias concentradas en un punto, de donde emergen los pelos, por lo general emparejados. La epidermis de la glumilla, parecida a la de la cebada, se diferencia de ésta por la mayor separación de las paredes festoneadas u onduladas de las células silíceas. También las células fibrosas fácilmente se diferencian de las de cebada.	No poseen caracteres suficientes para el diagnóstico microscópico.	Numerosos pelos, que crecen por toda la superficie del grano, contrariamente a lo que sucede en los demás cereales. Son característicos por su gran longitud, llegando a veces a los 2 milímetros. La anchura de su parte central y el estrechamiento en forma de tobillo de su base o inserción son también peculiares de este cereal.
MAÍZ	Los granos procedentes de la capa periférica o córnea son francamente poliédricos, con aristas agudizadas y con grietas centrales la mayoría. A veces forman grupos o conglomerados de dos o más granos. Los procedentes de la región central son algo redondeados, pero con formas intermedias hasta los poliédricos, no observándose en ellos tan frecuentemente las grietas. Dimensiones: de 2 a 30 micras. Esta variabilidad también da carácter a estos almidones.	En los productos que proceden de este cereal poco descascarillado se pueden observar células completas del endospermo y abundantes trozos de la capa de aleurona. También se perciben con frecuencia células tubulares de la última capa del pericarpio. Los tejidos membranosos del zuro que van adheridos al grano se observan con alguna frecuencia, y su presencia da mucha seguridad en el reconocimiento.		
ARROZ	Muy parecidos a los de la avena. Granos compuestos; lo están por conglomerados de sencillos, no formando generalmente masas ovaladas, y desde luego, de menores dimensiones que los compuestos de la avena. Lo más frecuente es una forma irregular y como si se hubieran partido con fractura desigual. Granos sencillos, poliédricos y con aguzadas aristas, muy rara la forma redondeada y no apareciendo las formas de limón, lágrima y husillo, tan frecuentes en la avena.	Sólo para los subproductos es interesante el estudio de las estructuras tegumentales, en las que pueden observarse las células que forman los diferentes tejidos. Las células silíceas de las glumillas se diferencian fácilmente de las de cebada y avena, ya que están mucho más cargadas de sílice y sus paredes son más fuertemente onduladas, con escotaduras muy profundas, que la dan apariencia de zig-zag. Las células fibrosas del hipodermo tienen forma de doble sierra, con dientes muy salientes.		
LEGUMINOSAS	Formas muy características de riñón, elípticas, irregularmente redondeadas u ovals con escotaduras de habichuelas. Tamaño muy variable. Las habas y judías son las leguminosas que poseen los granos de almidón de mayores dimensiones, siendo los de lenteja, guisante y garbanzo los de tamaño más reducido. Con numerosas grietas o hendiduras, a veces muy anchas, las centrales, y con fisuras o radiaciones que partiendo de éstas se bifurcan o ramifican hacia sus extremidades.			
PATATA	Granos sencillos, algunos enormes, hasta de 110 micras; de contornos irregulares, pero redondeados. Con formas de concha u ostra, hacha u ovalados. A veces se perciben algunos granos compuestos por dos o tres núcleos englobados en un solo contorno. El núcleo es siempre excéntrico y rodeado de capas bien visibles.			

Trigo-Cebada:

Por el estudio del almidón, que deberemos hacer primeramente, es muy difícil definir con seguridad esta adulteración, aun cuando pueda sospecharse por la irregularidad de sus granos. Con toda seguridad se define esta mezcla al estudiar la preparación de tegumentos, ya que la observación de células silíceas de las glumillas de la cebada nos proporciona el dato más seguro en el diagnóstico.

La mezcla contraria es de muy difícil determinación, y sólo por la observación de pelos del trigo pudiera definirse.

Trigo-Avena:

El estudio del almidón es bastante seguro, si en la mezcla entra mucha avena, por observarse los granos compuestos de ésta. En caso contrario, estudiaremos los tegumentos y pelos, de cuyas características no podemos dudar.

La mezcla contraria, avena con adición de pequeñas porciones de trigo, es muy difícil por la observación de los almidones, tegumentos y pelos.

Trigo-Arroz:

Si hay grandes proporciones de arroz, por el almidón se puede determinar con seguridad la mezcla. En caso contrario, es muy difícil, ya que no podemos recurrir al estudio de los tegumentos del arroz, por no aparecer éstos en sus harinas.

La mezcla recíproca es de fácil diagnóstico, tanto por el almidón como por los tegumentos y pelos del trigo.

Trigo-Maíz:

Por el almidón se puede determinar la mezcla cualitativa y acercarnos incluso a la cuantitativa

en repetidas observaciones en diferentes preparaciones de la misma muestra. Es interesante asegurarnos más estudiando los residuos tegumentales.

La mezcla inversa es de fácil determinación, más que por los almidones, por los pelos y tegumentos.

Centeno-Cebada:

Por los almidones en frío y en caliente se puede sospechar la composición de esta mezcla. Para dictaminar con toda seguridad, se recurre a la preparación de residuos tegumentales y pelos.

La mezcla de centeno en cebada es muy fácil por la observación de los almidones.

Centeno-Avena:

Por la observación del almidón, tegumentos y pelos, esta mezcla es de tan fácil determinación como la anterior. La mezcla de centeno en avena no ofrece dificultad estudiando el almidón.

Centeno-Arroz:

Difícil diagnosticar, a menos de que el arroz entre en gran proporción y podamos distinguirlo con claridad en las preparaciones de almidón. La adulteración contraria es, por el contrario, facilísima de comprobar, tanto por la observación de los almidones como por la de los tegumentos del centeno.

Centeno-Maíz:

De relativa fácil determinación, por el estudio del almidón. La mezcla contraria es todavía más fácil si cabe, por los almidones y tegumentos característicos del centeno.

Cebada-Avena:

Si existe mucha avena, basta con el estudio de los almidones; en caso contrario, recurriremos a

las preparaciones de tegumentos y pelos, quedando por este medio, y con toda seguridad, determinada la composición de la mezcla. Cuando sobre la cebada se mezcla la avena, por el almidón se puede determinar con seguridad esta adulteración.

Cebada-Arroz:

La observación de almidones es el único dato en el que realmente podemos basarnos para el diagnóstico. La adulteración contraria es muy sencilla de advertir, por la determinación de almidones y tegumentos de la cebada.

Cebada-Maíz:

Fácil su estudio y determinación por los almidones. La mezcla contraria también es de comprobación muy sencilla, tanto por el almidón como por los tegumentos de la cebada.

Avena-Arroz:

Difícilísimo su diagnóstico. Por el contrario, la mezcla de avena en arroz es sencilla su observación al estudiar los residuos tegumentales de la avena.

Avena-Maíz:

De diagnóstico fácil por la observación de almidones. La adulteración Maíz-Avena tampoco ofrece dificultad al estudiar los tegumentos.

Arroz-Maíz:

Muy fácil el reconocer esta mezcla, por el estudio de los almidones. Por el contrario, la adulteración inversa, Maíz-Arroz, es muy difícil, a menos de no tener una gran proporción de arroz la mezcla.