

La aplicación de la Microscopía al examen de productos agrícolas

Por el Dr. A. RIMBACH

Profesor de Botánica en el Instituto Nacional de Agronomía

Los compradores de productos agrícolas e industriales tienen muchas veces interés en cerciorarse acerca de la legitimidad, calidad y pureza de las materias que adquieren. La determinación del valor de tales mercaderías se hace en cuatro diferentes maneras:

1.º Por examen organoléptico, es decir por la apreciación de la apariencia exterior de la materia, su tacto y color, su olor o sabor.

2.º Por examen físico, averiguándose el peso específico, la dureza, el comportamiento ante el calor, la luz, etc.

3.º Por examen químico, investigándose por análisis la calidad y la cantidad de los componentes.

4.º Por examen microscópico, descubriéndose la forma que un objeto presenta cuando se lo mira con aumento.

Mi propósito es dar algunas explicaciones sobre este último método, sobre la aplicación de la microscopía al examen de productos agrícolas.

El examen microscópico se emplea con preferencia en aquellas sustancias que no son homogéneas como, por ejemplo, el azúcar o la cera, sino que poseen una estructura interior característica: se emplea por consiguiente en la mayor parte de los productos derivados de los reinos animal y vegetal, como ser café, yerba mate, tabaco, drogas, fibras, madera, harina, marfil, cuerno. En tales casos, el examen microscópico, en unión con el empleo de reacciones químicas bajo el microscopio, es decir con reacciones micro-

químicas, es muchas veces el único que puede dar resultado exacto. En algunos casos, como en el examen superficial de semillas o maderas, basta el microscopio simple de poco poder; pero comunmente se precisa el microscopio compuesto de aumento considerable. Para que un objeto pueda ser estudiado bajo el microscopio de lentes poderosos, dicho objeto tiene que ser diáfano. Los polvos de vegetales, las harinas, las fibras, la levadura, constan de suyo de partículas tan diminutas, que poseen la delgadez y transparencia suficientes. Pero en las substancias espesas y opacas como son madera, cuerno, hueso, semillas, hay que sacar, por medio de una navaja fina, láminas tan delgadas, que la luz pueda pasar por ellas. Todos estos objetos se observan comunmente dentro de una gota de agua, entre dos láminas delgadas de vidrio.

Para ilustrar la manera en que la investigación microscópica puede ser útil en el examen de productos agrícolas o industriales, escogeré como ejemplos tres productos: las harinas, las fibras y las maderas.

Las Harinas

La harina es una mercadería pulverulenta, obtenida por la molienda de las semillas de cereales o leguminosas. En forma de harina se presenta también en el comercio el almidón sacado de órganos vegetativos, como de los tubérculos de papa, achira, mandioca. El elemento principal de todas las harinas es el almidón. Esta substancia tiene siempre la forma de granillos pequeñísimos, los que en cereales y leguminosas van acompañados de diminutas partículas de proteína o glúten y de fragmentos de las membranas celulares. Las diferentes clases de harina se pueden reconocer por el tamaño y la forma de los granos de almidón, que son constantes y característicos para cada una de las especies vegetales. Por consiguiente se puede descubrir también, en ciertos casos, si ha habido mezcla de varias clases de harina, o falsificación.

Nos limitaremos a examinar la harina de cereales, comprendiendo bajo esta denominación maíz, arroz, avena, trigo, centeno y cebada.

La harina de maíz es caracterizada suficientemente por la forma de sus granos de almidón. Estos son todos aproximada-

mente iguales entre sí, relativamente pequeños, midiendo la quincuagésima parte de un milímetro en diámetro, poliédricos con las aristas afiladas. Es muy característica una grieta estrellada que presentan en su centro, como también la ausencia de toda estriación de su masa.

Muy distintos son los granos amiláceos del arroz. Miden el doble de los del maíz; pero son granos compuestos por muchos granitos parciales, y en la harina comunmente se encuentran disueltos en sus componentes. Dichos granitos parciales miden a lo más la centésima parte de un milímetro, son poliédricos, de aristas afiladas y de aspecto cristalino y además poseen un punto central llamado también núcleo o hilo, bien pronunciado. Típicos para esta harina son los granitos de tres aristas prolongadas en punta aguda.

Parecido es el almidón de avena. Consta igualmente de granos compuestos de forma globular, y éstos como los granitos parciales poseen aproximadamente las mismas dimensiones que los del arroz. Pero el punto central es poco visible; y los granitos parciales son por parte redondeados, y — lo que es característico para la avena — poseen con frecuencia la forma de un limón, con uno o ambos extremos prolongados.

De las precedentes difieren considerablemente las harinas de trigo, centeno y cebada, por la circunstancia de contener dos clases de granos bien diferenciados, a saber: granos grandes, lenticulares, y granos chicos, esféricos o angulosos, que no miden sino la quinta parte del diámetro de los primeros. Sin embargo, entre sí los granos amiláceos de los tres cereales mencionados son tan parecidos, que es imposible diferenciarlos con seguridad. Se impone pues la necesidad de buscar otros caracteres. Tales caracteres se encuentran en las partículas de afrecho, que se hallan en la harina en mayor o menor cantidad.

Debemos tener en cuenta, que el grano de los cereales representa, botánicamente considerado, no una semilla solamente, sino un fruto; porque fuera de la semilla verdadera conserva aún la pared del antiguo ovario, transformado en pericarpio, hallándose dicho pericarpio y la cáscara de la semilla, ambos delgados, en conexión íntima. En el grano de cebada sin embargo hay una excepción, puesto que, además de lo dicho, este grano queda revestido aun por las dos glumillas, que estrechamente lo encierran. Para la determinación de las tres harinas mencionadas debemos fijarnos en las par-

tículas sea del pericarpio, sea de las glumillas, porque éstos órganos presentan caracteres bastante notables en cada una de las especies en cuestión.

Las partículas de las glumillas, que indican la presencia de la cebada, se dan a conocer fácilmente por la ondulación muy característica de sus membranas epidérmicas y por la presencia de pelos cónicos cortos sobre la epidermis. Si una muestra de la harina se reduce a ceniza, la epidermis, que es silicificada, se conserva en forma de un esqueleto siliceo, el que bajo el microscopio deja ver su estructura perfectamente conservada.

Para reconocer trigo y centeno nos sirven los trocitos del pericarpio que encontramos en la harina. El pericarpio consta exteriormente de tres capas de células alargadas en dirección longitudinal del fruto; interiormente de una capa de células alargadas también, pero cuyos ejes longitudinales cruzan los de las capas exteriores en ángulo recto, por cuyo motivo estas células llevan el nombre de « células transversales ». Ahora bien: en el trigo, dichas células transversales se tocan con sus costados angostos tan íntimamente, que apenas dejan entre sí espacio intercelular alguno; en el centeno, al contrario, guardan entre sí espacios intercelulares bien pronunciados. Dicha diferencia es la más notable entre trigo y centeno.

Más aún. Trigo y centeno poseen en el extremo superior del grano una barba de pelos unicelulares, los que suelen encontrarse también en la harina. Los pelos del trigo se distinguen de los del centeno en que son más largos, hasta 1 milímetro, de membrana más gruesa y de cavidad más estrecha. He aquí un segundo medio de diferenciación.

Conociendo así los caracteres de las harinas de los cereales, nos será más fácil descubrir cuando ellas están mezcladas con otras. Para este fin es útil tomar en cuenta aun otro elemento, sumamente característico de todos los cereales y de sus productos de molienda, a saber: el tejido de glúten que en forma de una capa delgada rodea el núcleo amiláceo de la semilla, quedando por fuera adherido al tegumento. Los trocitos de este tejido son fáciles de reconocer por la forma poligonal y el contenido denso y oscuro de sus células, y acusan con seguridad la presencia de algún cereal.

¿Y si ha tenido lugar la mezcla con otras harinas extrañas, por ejemplo de papa o de mandioca? Pues bien; en este caso el almidón de papa se reconoce con facilidad por el gran tamaño de sus granos, que oscila entre la vigésima y la décima parte de un milí-

metro; por su forma ovalada con estratificación muy pronunciada; y por el hilo de la estratificación situado excéntricamente en la parte angosta del grano. El almidón de mandioca, que tiene alguna semejanza con el del maíz, muestra numerosos individuos compuestos de dos otros granos parciales; pero como estos últimos con frecuencia se han separado, les queda la forma característica de un timbal.

Las Fibras

Si tuviéramos que examinar fibras, habría que averiguar ante todo si tales fibras son producto animal o vegetal. En el primer caso tendremos que operar comunmente con lana o seda. Estas fibras animales se distinguen de las vegetales desde ya por la coloración amarilla persistente que toman con el ácido pícrico.

Bajo el microscopio se distinguen lana y seda entre sí fácilmente por su forma. Pues la lana es un pelo, un producto de la epidermis, compuesto de numerosas células córneas, que le dan un aspecto escamoso. La seda al contrario, secreción de una oruga, es un hilo muy largo, no interrumpido, a menos que sea por ruptura, muy homogéneo y sin estructura celular alguna.

Con tales fibras animales difícilmente se confundirán las fibras vegetales, porque su elemento constitutivo es siempre la célula vegetal, con su característica membrana celulósica. En el comercio se presentan con frecuencia las fibras de Algodón, Kápok, Lino, Cábano, Ramio, Yute, Pita, Banano y muchas otras.

Entre estas especies debemos formar desde luego dos grupos, tomando en consideración que el algodón, como también el kapok, son pelos vegetales, es decir apéndices epidérmicos, mientras que el lino, el cáñamo y demás fibras, son elementos sacados del interior del cuerpo vegetal. Esta circunstancia nos facilita su reconocimiento.

El algodón representa los pelos nacidos en la superficie de la semilla de varias especies del género *Gossypium*, el algodouero. Son pelos simples, unicelulares, de pocos centímetros de largo. En el beneficio de la planta se arrancan dichos pelos de la semilla. Por consiguiente una fibra que aparenta ser algodón, debe ser un utrículo largo con un extremo roto, mientras al otro extremo conserva todavía su punta natural. Además, el pelo de algodón tiene

la particularidad de ser aplanado y torcido a manera de tirabuzón, en consecuencia de su desecamiento. La membrana es gruesa, pero la luz también ancha. Esta membrana consta de celulosa pura, pues añadiendo yodo y ácido sulfúrico se tiñe de azul.

Fuera de esto, se nota en la superficie de la membrana una capa áspera, muy resistente contra los agentes químicos, la así llamada cutícula, que no se halla sino en la epidermis y sus apéndices. Sumamente característico es el comportamiento del algodón, si se le añade óxido de cobre amoniacal: entónces las fibras, volviéndose azules, se hinchan en su parte celulósica, formando de trecho en trecho vejigas, en cuyos intervalos la cutícula, rompiéndose, se contrae en forma de anillos.

Lo que en el comercio se conoce con el nombre de Kapok y en el Brasil con el nombre de Paina limpa, son igualmente pelos vegetales, que provienen del lado interior de las cápsulas de algunos árboles pertenecientes a la familia del Yuchan o Palo borracho (familia de las Bombaceas). Bajo el microscopio se distinguen del algodón por la falta de torción, la membrana delgada provista de engrosamientos reticulares en su base, y por su lignificación, puesto que con el yodo y ácido sulfúrico no se vuelven azules, sino morenos.

Si ahora nos referimos a aquellas fibras que provienen del interior de los tejidos del cuerpo vegetal, debemos fijarnos en la circunstancia de que las plantas que los suministran, son de dos clases: Las unas, como Lino, Cañaño, Ramio, Yute, son dicotiledóneas; las otras, como Pita, Banano, Formio, son monocotiledóneas. En las primeras, las fibras son exclusivamente elementos de la corteza y pueden separarse con facilidad así de la madera como de los demás tejidos corticales; en las segundas, las fibras son elementos de los haces vasculares y se separan de éstos con mucha dificultad. Estas circunstancias nos facilitan la orientación.

Las hebras del lino, tales como se ofrecen en el comercio, son los haces fibrosos de la corteza de *Linum usitatissimum*. Se componen de numerosas células fibrosas, paralelamente dispuestas. La célula aislada tiene medio centímetro a tres centímetros de largo, paredes muy gruesas, cavidad sumamente estrecha; se adelgaza hacia ambos extremos, los que terminan en puntas finas. La célula carece de torción; pero de trecho en trecho se notan líneas transversales, llamadas de dislocación, consecuencia de la manipulación durante el beneficio. La cutícula no existe, en contraposi-

ción a las fibras arriba mencionadas de origen epidérmico. En el corte transversal las fibras de lino son poligonales con las aristas agudas, y a causa del grosor de la membrana muestran tan sólo una luz puntiforme. Esta particularidad es sumamente característica para el lino, y es también la mejor para distinguirlo del cáñamo.

El cáñamo, que se emplea técnicamente, es un producto análogo del lino, por constar de los haces fibrosos del liber de *Cánnabis sativa*, planta anual como aquél. Las células fibrosas que componen los haces, son más largas que en el lino, y sus extremos adelgazados son a veces bifurcados, principalmente en cáñamo crecido en países cálidos. Es este un carácter sobresaliente para señalar el cáñamo. El ancho de la cavidad celular varía mucho, apareciendo ésta unas veces estrecha como en el lino, otras veces bastante espaciosa. Esto proviene de que las células son con frecuencia aplanadas, como se ve mejor sobre el corte transversal de un haz. En tal corte se nota además, que las aristas de las células poliédricas son redondeadas: otra diferencia importante entre lino y cáñamo.

El ramio, las fibras de la corteza de *Urtica nivea*, es la especie que tiene las células más largas entre todas las plantas textiles pues éstas alcanzan más de veinte centímetros, de manera que bajo el microscopio rara vez se encuentran sus terminaciones. Son también del doble ancho de las del lino y cáñamo. La membrana muestra fisuras longitudinales, características de esta especie. Además, todas las fibras son aplanadas, y por consiguiente de aspecto distinto, según que se miren desde el lado ancho o desde el angosto. El conjunto de estos caracteres hace distinguir suficientemente el ramio de otras fibras.

Mientras que en el lino, cáñamo, ramio, yute y otros, la mercadería consta de fibras liberianas puras, no hay tal en las fibras de pita, banano, formio, palmeras. Pues en todos estos últimos vegetales, como son monocotiledoneos, cada haz fibroso está íntimamente unido a un haz vascular difícil de separar. De aquí es que en el exámen microscópico se ven ordinariamente vasos o tráqueas y también tejido parenquimático adherido a las fibras. Mencionemos de tales fibras sólo dos ejemplos.

La fibra de Pita, producto de varias especies del género *Agave* (entre ellas la más valiosa *Agave sisalana* de Yucatán) muestra bajo el microscopio la cavidad celular amplia y la membrana provista de puntuaciones lineales oblícuas. La reacción química enseña que estas fibras monocotiledoneas son lignificadas, y que no son de

celulosa pura. Además de esto, se encuentran, acompañando a las fibras, tráqueas de varias formas y células parenquimáticas con grandes cristales de oxalato de calcio en su interior. Todas estas particularidades caracterizan bastante la Pita.

Distinta es la fibra de Manila, que se saca de las hojas del banano textil (*Musa textilis*) pues con ésta las puntuaciones de la membrana son redondas, y en el corte transversal las fibras se muestran con un contorno redondeado y de poca cohesión entre sí. Sin embargo, el carácter más distintivo de esta fibra son unas células pequeñas muy silicificadas, llamadas « estegmatas » que en series longitudinales se hallan aplicadas a las fibras. Por la presencia de dichas células silicificadas, que también después de la incineración conservan perfectamente su forma, la fibra de Manila se distingue fácilmente del Formio, al cual en lo demás es muy parecida y tiene las mismas aplicaciones. Esta última fibra se saca de las hojas de *Phormium tenax*, originaria de la Nueva Zeelandia y que frecuentemente se cultiva en los jardines de Montevideo.

Las Maderas

Madera, en el sentido técnico, se denominan el tronco y las ramas de árboles y arbustos librados de su corteza. Propiamente se habla de madera sólo tratándose de coníferas o de dicotiledóneas o sea de árboles de hoja plana, mientras que las monocotiledóneas arborescentes, en primer lugar las palmeras, no suministran madera verdadera.

Lo que en el comercio pasa como « madera de palmeras » se distingue fácilmente de la madera de coníferas y dicotiledóneas, puesto que no es madera en el sentido que acabamos de definir, sino que representa trozos del tallo entero, compuesto por los haces vasculares dispersos por todo el grosor del tronco, dentro de un parenquima flojo, y de los cuales cada uno encierra los elementos de la madera y de la corteza, los que en coníferas y dicotiledóneas se hallan separados. En un corte transversal de madera de palmeras se ven grupos de poros que son las tráqueas, y cada grupo de ellas con su tejido acompañante está rodeado por un estuche de tejido denso y duro que proporciona a la madera su firmeza. Cada grupo de tráqueas con su vaina fibrosa y dura constituye un haz fibro-vascular de forma cilíndrica.

En las coníferas y dicotiledóneas los haces vasculares no forman como en las Palmeras cordones cilíndricos aislados, sino que sus porciones liberianas se encuentran reunidas formando la corteza, en la parte periférica del tronco, y sus porciones vasculares leñosas se hallan unidas hacia el centro, constituyendo un cuerpo sólido: la madera.

Para poder reconocer las maderas, aunque estén superficialmente alteradas o se presenten en partículas pequeñas, hay que familiarizarse con su estructura microscópica, con la forma y disposición de los elementos que las componen.

Por medio del microscopio podemos distinguir tres elementos constitutivos.

1.) Las tráqueas, que son células muertas de membrana leñosa y sirven como órganos conductores del agua. Las hay de dos clases: tráqueas abiertas o vasos que son verdaderos tubos formados por la fusión de series de células sobrepuestas; y tráqueas cerradas o traqueïdas, que conservan su forma celular y en las que el paso del agua se verifica a través de sitios delgados de la membrana, con aspecto de poros, a los que se da el nombre de puntuaciones.

2.) Las fibras, células alargadas de membrana gruesa, que dan al cuerpo leñoso su dureza y resistencia.

3.) Las células parenquimáticas, repletas muchas veces de substancias elaboradas de variada naturaleza. Este tejido es el reservorio del árbol y contiene también las excreciones.

Los vasos y fibras están dispuestos en fajas concéntricas alrededor de la médula del tronco, mientras que del parenquima la mayor parte se halla agrupada en fajas radiales, constituyendo los llamados rayos medulares, denominados vulgarmente vetas, aguas o espejuelos de la madera. El resto del parenquima se encuentra disseminado por entre las fibras y tráqueas, llevando el nombre de parenquina fascicular. Las grandes diferencias que todos estos elementos de la madera presentan en las diferentes especies, en cuanto a su abundancia, extensión, disposición, forma, contenido y demás particularidades, ofrecen preciosos caracteres para distinguir las maderas. Al mismo tiempo determinan la densidad, la dureza, el peso, los dibujos, los colores y la hermosura de estas.

Desde luego podemos reconocer bajo el microscopio la madera de las Coníferas (quiere decir representantes de la familia de los Pinos, Cedros, Cipreses) por tres caracteres: Primero por la falta de tráqueas abiertas. Estas sólo se hallan en los árboles de hoja

plana. En segundo lugar, por los rayos medulares muy angostos y por lo tanto mal visibles. En fin, por las capas anuales bien pronunciadas, debido al fuerte contraste entre tejido denso y tejido flojo en el límite de las producciones anuales.

Determinar los géneros y las especies de las Coníferas es tarea más delicada. Para este fin el microscopio tiene que revelar la existencia o falta de engrosamientos sobre la membrana de las traqueídas, la forma y posición de sus puntuaciones, la forma de los rayos medulares, la existencia o falta de conductos resiníferos.

Así la madera de *Pinus* se reconoce por la presencia de conductos resiníferos y en los rayos medulares relativamente anchos con las células de sus márgenes provistas de engrosamientos denticulados.

La madera de *Araucaria* se distingue por la falta de conductos resiníferos, por los rayos medulares estrechos, el parenquima fascicular muy escaso, y por las puntuaciones de las traqueídas con frecuencia en grupos de dos a tres.

La madera de los árboles de hoja plana es caracterizada por la presencia de tráqueas abiertas o vasos tubiformes, que aparecen sobre el corte transversal como poros de mayor o menor diámetro, sobre el corte longitudinal como canales cilíndricos muy largos. El ancho y la distribución de las tráqueas ofrecen importantes caracteres para la determinación de los géneros. En unos, las tráqueas grandes están igualmente repartidas sobre todo el ancho de cada producción anual: así se comportan *Casuarina*, *Sauce*, *Álamo*, *Nogal*, *Aliso*, *Abedul*, *Plátano*, *Manzano*. En otros, las tráqueas grandes existen sólo en la porción primaveral de cada capa anual, formando allí una faja particular porosa. Es el caso en *Castaño*, *Roble*, *Olmo*, *Morera*, *Tala*, *Fresno*, *Cerezo*, *Ciruelo* y otros.

Para determinar los géneros y especies dentro de estos dos grupos, tenemos que fijarnos en caracteres más minuciosos. Se trata por ejemplo de averiguar, si una muestra de madera es de *Abedul*. Si es en realidad *Abedul*, la investigación, microscópica debe mostrarnos lo siguiente: tráqueas de a lo más un décimo de milímetro de ancho, reunidas en grupos radiales; sus tabiquos perforados en forma de escalera de 10 a 20 escalones, con numerosos puntos de puntuación en forma de rendijas diminutas que en tráqueas vecinas se cruzan; fibras de membrana medianamente gruesa; parenquima fascicular escaso,

En otro caso, si una madera es de Casuarina, debe mostrar al microscopio: tráqueas de a lo más tres décimos de milímetro de ancho, comunmente aisladas, con los tabiques completamente perforados, con puntuaciones en forma de rendijas transversales; ausencia de tilas en las tráqueas; fibras abundantes de membrana muy engrosada y luz sumamente estrecha; rayos medulares unidos por fajas tangenciales de parenquima fascicular, los primeros como los últimos llenos comunmente de contenido obscuro.

Hoy día, con frecuencia, la madera se utiliza en la fabricación del papel, fuera de las fibras procedentes comunmente de tejidos viejos de algodón, lino, etc. Muchos papeles son fabricados de varias materias primas y a menudo se precisa averiguar sus componentes cualitativa y cuantitativamente. Ya por simple vista se hace probable la presencia de madera en el papel por la coloración en rojo que las partículas leñosas toman después de la añadidura de floroglucina y ácido clorhídrico, mientras muchas fibras, como las del algodón y lino, quedan incoloras con dicho reactivo. Bajo el microscopio, las partículas de madera resultan de ordinario compuestas por grupos de células. Si el material es de pino o pinabeto (coníferas usadas con preferencia), entonces se ven fibras leñosas con series longitudinales de puntuaciones sobre sus paredes y cruzadas a veces por trozos de rayos medulares. Si el material consta de fresno o abedul, dicotiledoneas muy usadas, entonces aparecen al lado de las fibras unas tráqueas espaciosas, las que, como ya hemos visto, no existen en la madera de coníferas.

*
* * *

Para saber determinar con exactitud los productos agrícolas o forestales de la naturaleza de los ejemplos mencionados, se requiere bastante conocimiento de la anatomía de los objetos en cuestión y cierta práctica en la investigación microscópica. Cumplidas estas condiciones, el exámen microscópico se presta para numerosas aplicaciones en la apreciación de productos agrícolas, forestales e industriales. Y no solamente eso. Sino la misma aplicación de la microscopía puede ser de utilidad en otras ramas tanto de la práctica como de la ciencia. Mencionaré un solo ejemplo.

Hace pocos años, en las excavaciones arqueológicas de la Sociedad Oriental Alemana, verificadas en el Egipto, se sacó a luz

un pequeño busto de madera, de 10 cm. de alto, retrato de la reina Teje, esposa del rey Anemophis III, una de las obras más perfectas de escultura en madera de los Egipcios antiguos, e interesantísima para la historia, obra elaborada hace 3400 años. El conocido botánico profesor Wittmack de Berlín, por ser autoridad en esta clase de investigaciones, fué encargado de averiguar de cuales materiales estaban hechas las distintas partes de aquella cabeza. Dada la preciosidad del objeto, le permitieron sacar de él sólo unas astillas pequeñas. Sin embargo, estas fueron suficientes para hacer constar, por el exámen microscópico, que, mientras que los ojos eran hechos de un material desconocido y el cabello era imitado por perlas, la cara de la figura estaba hecha con la madera de una Conífera, *Taxus baccata*, las pestañas con la madera de una especie de Diospyros, y el paño que cubre la cabeza, de Acacia nilótica. El microscopio fué en este caso el único medio aplicable para revelar los materiales que el artista egipcio había empleado en aquella época remota.

DR. A. RIMBACH

Profesor de Botánica en el Instituto N. de Agronomía.