

El contenido de hemicelulosas cambia con la maduración de los vegetales. El trigo la contiene de 2 a 3% y una fracción de ésta (0.5 a 0.8%) es de peso molecular bajo y soluble en agua, mientras que la otra es de peso molecular alto e insoluble. La presencia de la primera provoca que la harina del cereal absorba mayor cantidad de agua, lo que reduce el tiempo de amasado y mejora el volumen y la textura del pan. Cuando aumenta el contenido de hemicelulosas insolubles, la calidad global de los productos de la panificación tiende a reducirse.

Presenta una alta capacidad de retención de agua, aun cuando varía con el vegetal: por ejemplo, la hemicelulosa de los frijoles retiene 3.3 g de agua por gramo de polímero, mientras que la de la col 12 g y la del trigo 23 g. Esto hace que sean importantes constituyentes de la fibra dietética, ya que al retener agua forman un bolo que provoca la rápida evacuación fecal.

Almidón

Este hidrato de carbono es parte fundamental de la dieta del hombre desde la prehistoria, además de que después de la celulosa es el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. Se encuentra en cereales, tubérculos y en algunas verduras y frutas como polisacárido de reserva energética. Su concentración varía según el estado de madurez del vegetal, como ocurre con el plátano: en estado verde o inmaduro, el almidón constituye la mayor fracción de los hidratos de carbono, ya que los azúcares son muy escasos; a medida que la fruta madura el polisacárido se hidroliza por la acción de las amilasas endógenas y mediante otros sistemas enzimáticos se sintetizan la sacarosa y la fructosa que se encuentran cuando llega a la plena maduración (vea el cuadro 2.13 y la figura 2.6).

Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de glucosas por enlaces glucosídicos $\alpha(1,4)$, que establece largas cadenas lineales con 200-2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal (figura 2.22), en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa.

Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto, ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones, aunque se han reportado pesos de entre 300 000 y 500 000.

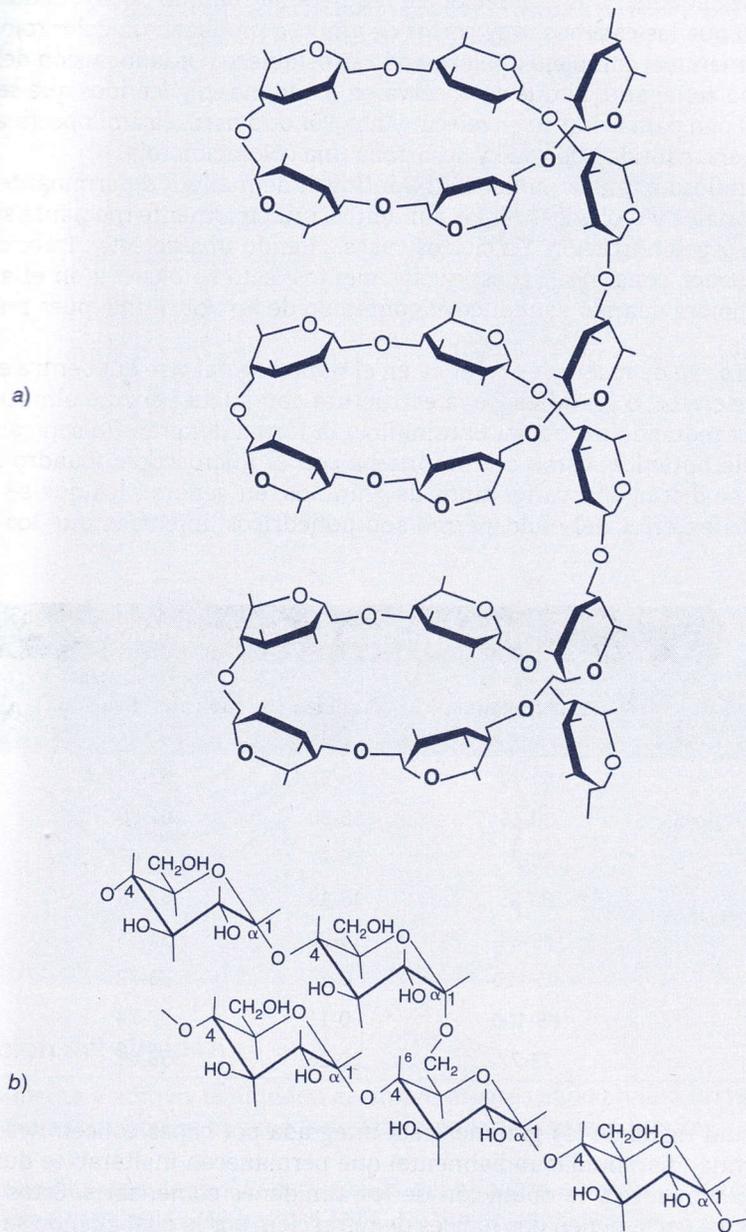
CUADRO 2.13

Cambios en la composición del plátano durante la maduración

Color	Características	Almidón	Azúcares
1	Verde	21.5 - 19.5	0.1 - 2.0
2	Verde con huellas de amarillo	19.5 - 16.5	2.0 - 5.0
3	Más verde que amarillo	18.0 - 14.5	3.5 - 7.0
4	Más amarillo que verde	15.0 - 9.0	6.0 - 12.0
5	Sólo puntas verdes	10.5 - 2.5	10.0 - 18.0
6	Todo amarillo	4.0 - 1.0	16.5 - 19.5
7	Pequeñas áreas de color café	2.5 - 1.0	17.5 - 19.0
8	Grandes áreas de color café	1.5 - 1.0	18.5 - 19.0

Figura 2.22

a) enrollamiento helicoidal de la amilosa; b) estructura química de la amilopectina.



En términos generales, los almidones contienen 15-30% de amilosa y el resto de amilopectina (vea el cuadro 2.14). Cereales como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas "céreas" que están constituidas casi sólo por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal.

El yodo reacciona con la amilosa y genera un fuerte color azul característico debido al complejo que se establece entre una molécula de éste con las glucosas del polímero; para desarrollar adecuadamente la coloración se requiere un mínimo de 40 residuos de monosacárido, por lo que las cadenas muy cortas de amilosa producen un color rojo en lugar de azul. Aparentemente el complejo amilosa-yodo se establece por la inclusión del I_2 en la hélice, mecanismo semejante al que se observa en los monoacilglicéridos que se usan en la elaboración del pan para evitar su envejecimiento. Por otra parte, la amilopectina sólo acompleja una pequeña cantidad de yodo y desarrolla una coloración roja.

Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización. En ciertos casos, cuando una de estas fracciones está en exceso, puede traer consigo algunos inconvenientes; esto se observa en el arroz cocido, cuya calidad mejora cuando se reduce el contenido de amilopectina, pues resulta menos pegajoso.

El almidón sirve de reserva energética en el reino vegetal y se encuentra en pequeños corpúsculos discretos, o gránulos, cuya estructura compacta permite almacenar mucha glucosa en una reducida partícula. El tamaño y la forma del gránulo son característicos de cada especie botánica, como se comprueba con el microscopio (cuadro 2.14). En un mismo cereal se distinguen varios tipos de gránulos; en general, los que se encuentran en la zona más exterior del endospermo son poliédricos, mientras que los del interior son redondos.

CUADRO 2.14

Características de algunos almidones

Tipo	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Tamaño del gránulo (micras)
Maíz	69-74	26-31	62-72	5-25
Maíz rico en amilosa	20-45	55-80	67-80	5-25
Papa	73-77	18-27	58-67	5-100
Arroz	80-85	15-19	62-78	2-5
Tapioca	80-84	16-20	51-65	5-35
Maíz céreo	99-100	0-1	63-72	5-25
Sorgo céreo	99-100	0-1	67-74	5-25
Trigo	73-77	22-26	58-64	11-41

La estructura rígida de los gránulos está integrada por capas concéntricas de amilosa y de amilopectina (distribuidas radialmente) que permanecen inalterables durante la molienda, el procesamiento y la obtención de los almidones comerciales. Estos cuerpos son birrefringentes, es decir, tienen dos índices de refracción, por lo cual cuando se irradian con luz polarizada desarrollan la típica "cruz de Malta"; esto se debe a que dentro del gránulo se localizan zonas cristalinas de moléculas de amilosa ordenadas en forma paralela a través de puentes de hidrógeno, así como zonas amorfas de amilopectina, que no tienen la posibilidad de asociarse entre sí o con la amilosa (figura 2.23). Por lo anterior, los gránulos que contienen una proporción grande de la fracción ramificada no presentan birrefringencia; esta característica, al igual que su espectro de rayos X, se pierde cuando los gránulos alcanzan la gelatinización.

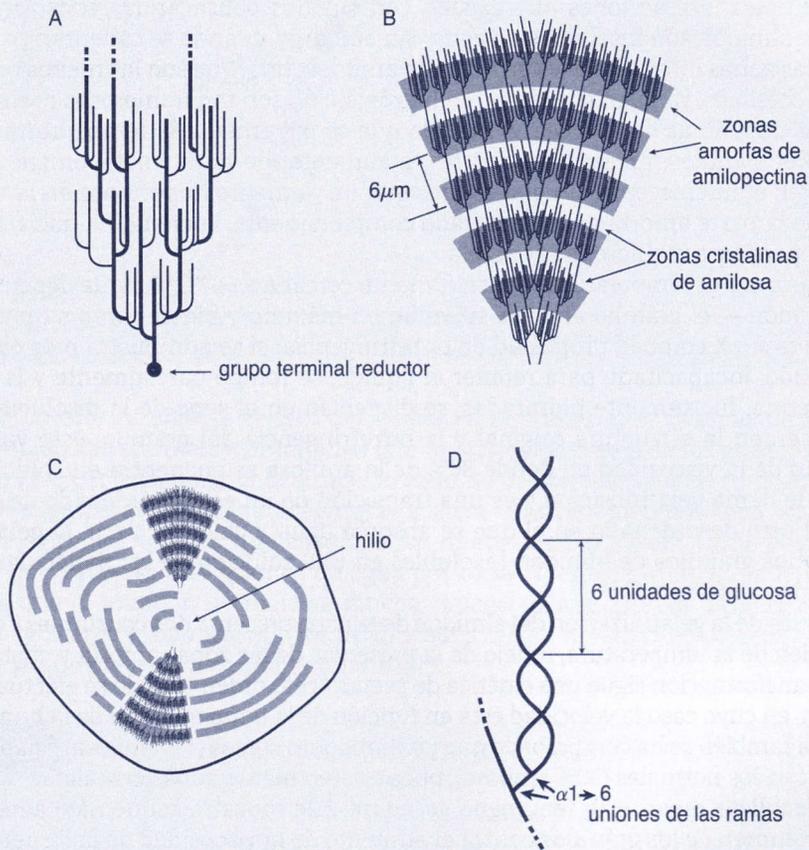
● Obtención

Como ingredien
alimentos. Por e
maíz.

El método I
macerarlos en a
sulfuroso como
contenido de 45
so se desprende
ciones. La suspe
por diferencia d
ducir su conten
seca en tambor

Figura 2.23

Representación de la amilosa, la amilopectina y el gránulo de almidón. a) Estructura de la amilopectina. b) La organización de las regiones amorfa y cristalina que genera las capas concéntricas y de los anillos que se observan al microscopio. c) La orientación de la amilopectina en un corte seccional del gránulo. d) La doble hélice de glucosa que da origen a la cristalinidad del gránulo.¹⁴



● Obtención del almidón

Como ingrediente y aditivo, el almidón es ampliamente usado en la fabricación de muchos alimentos. Por esta razón se obtiene industrialmente de diversas fuentes, principalmente el maíz.

El método llamado de molienda húmeda del almidón consiste en limpiar los granos y macerarlos en agua de 24 a 48 horas a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (se puede añadir entre 0.1 y 0.2% de anhídrido sulfuroso como agente microbiano); en esta etapa el maíz absorbe agua hasta alcanzar un contenido de 45 a 50%, con lo cual se ablanda y se facilita su trituración; durante este proceso se desprende el germen, que se recupera por flotación o mediante un sistema de hidrociclones. La suspensión resultante se muele y se filtra y el almidón se separa de las proteínas por diferencia de densidades. La fracción que contiene el polisacárido se purifica hasta reducir su contenido de proteínas a un valor menor de 0.3%; posteriormente se concentra y se seca en tambor rotatorio o por aspersión.