

Iñaki Etaio Alonso

## 1.1 INTRODUCCIÓN

---

Los cereales han sido uno de los principales alimentos de la humanidad a lo largo de su historia, si no el principal. Se ha reportado que ya desde el noveno milenio antes de nuestra era se cultivaban cereales en la región entre los ríos Tigris y Eufrates, y la referencia a los cereales está presente en numerosas manifestaciones culturales y religiosas de las diversas civilizaciones. La alimentación de muchos pueblos a lo largo de la Historia se ha sustentado de forma mayoritaria en las cosechas de cereales. Aún hoy el aporte energético de la dieta de algunas sociedades está basada casi exclusivamente en el consumo de cereales, muchas veces de un único cereal. El bajo contenido en agua de los cereales supone una fuente concentrada de nutrientes además de posibilitar su conservación durante largos periodos de tiempo.

Además de por su función en la alimentación humana, las plantas de cereal han sido también tradicionalmente utilizadas para la alimentación del ganado e incluso los tallos han sido y son todavía utilizados en la construcción de viviendas en algunos pueblos.

Salvo algunos productos concretos (arroz, algunos cereales de desayuno, algunos aperitivos...) los cereales no son consumidos conservando su integridad, sino que suelen ser transformados (principalmente en harinas) para elaborar multitud de derivados. En cualquier caso, siempre necesitan un tratamiento que aumente la disponibilidad de sus nutrientes y le proporcione una textura adecuada.

En este capítulo se describirán los principales cereales así como su estructura general y composición nutricional para finalizar con una breve descripción de los principales derivados.

## 1.2 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN

---

Los cereales se podrían definir como los frutos secos, enteros y sanos de la familia de las gramíneas, pudiéndose incluir también dentro de esta definición el alforfón o trigo sarraceno (familia poligonáceas), considerado un pseudocereal por algunos autores.

Las gramíneas (familia Poaceae Barnhardt) son plantas angiospermas monocotiledóneas cuya inflorescencia elemental es una pequeña espiga formada por una o más flores protegidas por unas brácteas denominadas glumas. Las especies utilizadas para el consumo humano tienen una altura que oscila desde los 30 cm (caso del teff, cereal típico de Etiopía) hasta los 300 cm (caso del mijo perlado y el sorgo), y suelen ser herbáceas presentando un fino tallo, aunque algunas especies como el sorgo, el mijo perlado o el maíz presentan un tallo grueso que se asemeja al de la caña de azúcar.

Los cereales se pueden considerar ubicuos, ya que son capaces de crecer en condiciones climáticas muy diversas, desde climas semiáridos (sorgo, mijo) o muy cálidos (arroz, mijo) hasta climas fríos (centeno, cebada) e incluso bajo el agua (arroz). Las diversas especies de cereales han ido evolucionando y formando híbridos a lo largo de miles de años para adaptarse a las condiciones climáticas y edafológicas, habiendo tenido la humanidad un papel destacable, al haber seleccionado los cereales que mejor se adaptaban a cada zona y mayor rendimiento ofrecían. Todos estos factores explican la amplia distribución de los cereales por todo el mundo.

Los cereales son organismos vivos, genéticamente programados para que bajo determinadas condiciones ambientales (en las que la temperatura y la humedad son claves) sean capaces de

germinar y dar lugar a una nueva planta que completará su ciclo de vida (anual en gran parte de las especies) dando lugar a multitud de nuevos frutos. Las semillas de cereales contienen todos los nutrientes que la planta recién germinada necesita hasta que es capaz de obtener micronutrientes de la tierra y generar energía por sí misma realizando la fotosíntesis. Hasta ese momento la gran cantidad de almidón almacenado en la semilla será la indispensable fuente de energía de la nueva planta. Ese gran contenido en hidratos de carbono complejos es lo que convierte a los cereales en la base de la dieta de los humanos y de muchas especies animales, en lo que a aporte de energía se refiere.

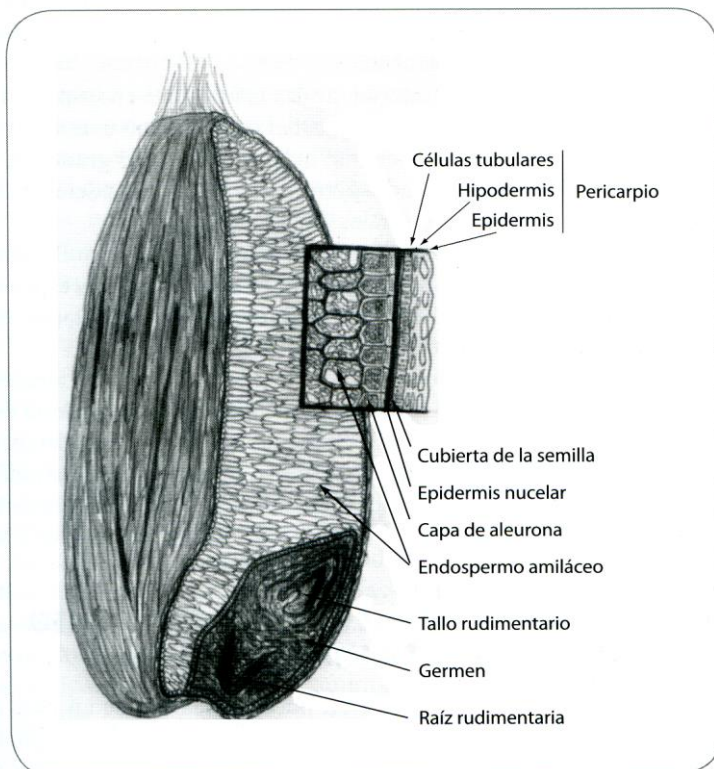
### 1.3 ESTRUCTURA

Aunque existan algunas diferencias en función de la especie o subespecie, todo grano de cereal está constituido básicamente por las mismas partes y en proporciones similares. En este subapartado se tomará como referencia el grano de trigo (véase la Figura 1.1) en lo que a estructura y composición se refiere.

El grano de cereal, denominado cariósipide, está rodeado por las glumas, que serían las "cascarillas" (cubiertas florales desde un punto de vista botánico, que no constituyen parte del grano). En el caso del arroz, la cebada y la avena las glumas están adheridas a la cariósipide, necesitándose para su separación procedimientos más sofisticados que la trilla (la cual es suficiente para el trigo y el centeno).

La cariósipide está formada por la semilla y por el pericarpio que la rodea, estando ambas estructuras íntimamente ligadas. El pericarpio, constituido por diversas capas de células, constituye aproximadamente el 5% del peso del grano. El contenido en agua del pericarpio es muy bajo y las proteínas suponen un 5%, los minerales un 2%, la celulosa un 20%, los lípidos un 0,5% y el resto estaría constituido por presuntas pentosanas.

Figura 1.1. Estructura básica de un grano de trigo.



Fuente: Elaboración propia.

Más al interior del grano se encuentran otras capas que forman parte de la propia semilla: la cubierta o corteza de la semilla (también denominada testa) y la epidermis nucelar. La cubierta de la semilla está a su vez conformada por diversas capas celulares (cutícula exterior gruesa, cutícula interior fina, con una capa adicional pigmentada en algunos cereales) que presentan un espesor de unos 5-8  $\mu\text{m}$ . La epidermis nucelar, también denominada capa hialina, tiene un espesor de unos 7  $\mu\text{m}$  y se encuentra entre la cubierta de la semilla y la capa de aleurona.

La capa de aleurona es, desde un punto de vista botánico, la capa exterior del endospermo y envuelve tanto al endospermo feculento como al germen. Está constituida por una única capa de células de gran espesor y de composición predominantemente celulósica (en otros cereales son varias capas de células).

El germen o embrión supone únicamente un 2,5-3,5% del peso del grano y es muy rico en proteínas (25%), azúcares simples (18%), lípidos (más del 20%), minerales, vitamina E y vitaminas del grupo B. No contiene almidón. En el germen se encuentran la raíz y el tallo rudimentarios de lo que será la futura planta.

El endospermo feculento o amiláceo está constituido por tres tipos de células (periféricas, prismáticas y centrales) y supone en torno al 80-85% del peso del grano.

El grosor de las paredes celulares de estas células varía en función de su ubicación dentro del endospermo (más gruesas más cerca de la capa de aleurona) y de las especies y subespecies de cereal. El grosor de las paredes celulares va a determinar en cierto grado los usos a los que se destine el grano de cereal.

El contenido de las paredes y del interior de las células del endospermo constituirá la harina tras el proceso de molienda. Las células del endospermo contienen abundantes granulos de almidón, siendo éste el componente mayoritario de los granos de cereales. El contenido en proteína de las células del endospermo también es considerable, determinando en gran medida las propiedades funcionales de la harina.

Como se ha señalado, la presencia de glumas, pericarpio y una semilla compuesta por una capa de aleurona, germen y endospermo es común a las diferentes especies de cereales, aunque puedan existir ligeras diferencias en cuanto a grosor de las capas, composición y geometría de las células que las conforman...

En relación a lo que se conoce como salvado, separado de la semilla durante el proceso de la molienda, en el caso del trigo está formado por el pericarpio, la cubierta de la semilla, la epidermis nuclear y la capa de aleurona. Si bien pueden existir ligeras diferencias entre las especies y subespecies de cereales en cuanto a las capas que componen el salvado, la composición bioquímica y el porcentaje del peso que suponen sobre el grano son bastante similares (alrededor del 14% en trigo, 12% en avena, 9% en cebada, 8% en maíz, arroz y sorgo...).

## 1.4 PRINCIPALES CEREALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ALIMENTACIÓN HUMANA

---

Los principales cereales de uso en alimentación pueden clasificarse en base a las tribus y especies típicas de cada tribu: *Triticeae* (trigo, cebada y centeno), *Zeeae* (maíz), *Oryzaceae* (arroz), *Ave+neae* (avena), *Panicaceae* (mijo) y *Andropogoneae* (sorgo). Para algunas de las especies de cereales utilizadas para la alimentación existen miles de subespecies.

### Trigo (*Triticum* spp.)

El trigo es el tercer cereal en cuanto a producción mundial, aunque el primero en lo que se refiere a superficie cultivada y a intercambios comerciales, destacando China, Estados Unidos, India, Rusia y Europa como zonas productoras. Existen multitud de subespecies de trigo por todo el mundo adaptadas a diferentes condiciones climáticas y edafológicas. El trigo se puede clasificar en base a varios criterios:

- En función del *comportamiento en la molturación* se habla de trigos blandos y trigos duros. Tal división se basa principalmente en la fuerza de adherencia entre la proteína y el almidón de las células del endospermo. Dicho grado de unión está determinado genéticamente. En los *trigos duros* las proteínas del endospermo rodean totalmente los gránulos de almidón, a los cuales están firmemente adheridos. Debido a esta fuerte unión la rotura de las células del endospermo durante la molienda tiende a producirse por la pared celular, dando lugar a una harina gruesa formada por partículas relativamente grandes y regulares, resultando además rotos una parte importante de gránulos de almidón. Las paredes de las células del endospermo, constituidas principalmente por hemicelulosa, presentan una alta capacidad de absorción de agua. Los trigos duros son los utilizados para la elaboración de pan y de pasta. En los trigos *blandos* las proteínas del endospermo no cubren totalmente los gránulos de almidón y la unión proteína-almidón no es tan fuerte. Debido a ello, la molienda los separa fácilmente y la proporción de gránulos de almidón rotos es mucho menor. El resultado es una harina fina compuesta por fragmentos irregulares y de menor tamaño que los obtenidos a partir de trigo duro. La pared celular de las células del endospermo es menos gruesa que en los trigos duros y la capacidad de absorción de agua menor. Los trigos blandos se utilizan para elaboración de galletas y bizcochos.
- En función del *comportamiento en la panificación* se habla de trigos fuertes o débiles. Los *trigos fuertes* se relacionan con un alto contenido en proteínas, lo cual determina una mayor absorción de agua, resultando panes de gran volumen y textura adecuada. Los trigos *débiles* tienen por lo general un contenido menor en proteínas, retienen menos agua y son menos viscosos. Los trigos débiles dan lugar a panes de menor volumen y miga gruesa y abierta, pero son adecuados para elaborar galletas y pastelería. En general los trigos duros son fuertes y los blandos débiles, aunque esto no siempre es así.
- En función del *aspecto del endospermo* se habla de trigos vítreos y de trigos harinosos. El *carácter vítreo* se relaciona con un contenido alto en proteína y se caracteriza por ser los gránulos de almidón traslúcidos. El *carácter harinoso* o farináceo se relaciona con vacuolas de aire en el endospermo que difractan reiteradamente la luz proporcionando una apariencia opaca y blanca al endospermo. Aunque esta característica está determinada principalmente por los genes (subespecies de trigo) también está influida por otros factores (climatología, edafología, abono, secado del grano...). El carácter vítreo se ha asociado tradicionalmente a trigo duros y fuertes y el carácter harinoso a trigos blandos y débiles, aunque no siempre coincide.

El trigo destaca entre todos los cereales por sus excelentes propiedades para la panificación, debido a las proteínas que conforman el gluten. Las proteínas de los cereales, cuyas proporciones varían en función de las especies y subespecies, se clasifican en cuatro categorías principales (fracciones de Osborne) de acuerdo a su solubilidad (aunque esta clasificación no es definitiva): albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas, existiendo diversos subgrupos dentro de cada categoría.

En el caso del trigo, una prolamina (la gliadina) y una glutelina (la glutenina) son los principales componentes del complejo gluten. El gluten es característico del trigo y es responsable de sus propiedades para la panificación, dando lugar a una masa fuerte, elástica, extensible, cohesiva y capaz de retener gas y dar lugar a un producto esponjoso. La gliadina es responsable de las propiedades de viscosidad y extensibilidad de la masa, mientras que la glutenina es responsable de la elasticidad y resistencia a la expansión de la masa. La harina de centeno puede dar lugar a una masa, aunque es mucho más débil que la del trigo, por su menor contenido en gluten. La cebada y la avena también presentan gluten (no son aptos para celíacos) aunque no son capaces de formar pan de calidad siquiera similar a la del centeno.

Aunque existan algunos productos en los que el grano de trigo conserva su integridad (como es el caso de algunos cereales de desayuno), la harina y las sémolas o semolinas (productos de molturación con granulos mayores que la harina) constituyen el punto de partida de la mayoría de derivados del trigo: galletas, crackers, productos de bollería, pastas alimenticias, papillas...

### **Maíz (*Zea Mays*)**

Es el primer cereal en cuanto a producción mundial y en cuanto a rendimiento. El cultivo de maíz se extiende actualmente por zonas húmedas y de clima suave de todos los continentes (exceptuando la Antártida).

Los granos se disponen en mazorcas y son los granos de cereal de mayor tamaño de los usados para alimentación. Destaca asimismo el tamaño del germen, que supone un 10-14% del peso del grano y es muy rico en lípidos insaturados. La carióspside de maíz no está rodeada por glumas.

Además de su consumo directo tras preparación culinaria o como harina, a partir del maíz se obtienen compuestos como jarabes de maíz (función espesante o edulcorante), almidón o aceites. Otros productos como cereales de desayuno, aperitivos o la chicha (bebida tradicional andina obtenida por fermentación) también se elaboran a partir del maíz.

### **Arroz (*Oryza sativa*)**

Es el segundo cereal en cuanto a producción mundial constituyendo el alimento principal en muchas zonas del planeta, especialmente en Asia, donde se concentra alrededor de un 90% de su producción. Su principal requerimiento es una alta disponibilidad de agua y temperaturas cálidas o templadas. Los dos tipos de arroz más extendidos son el japonés (grano "redondo" y tolerante al frío, típico en Japón, Corea, parte de China y base de la paella) y el indica (grano alargado producido principalmente en el sur y sudeste de Asia y base del "curry").

El arroz vestido es la carióspside envuelta por las glumas. El arroz sin glumas es el arroz moreno o integral, mientras que el arroz mondado o blanco es aquél al que se le ha quitado el salvado, mediante métodos de fricción o abrasión.

Aunque el consumo directo mediante muy variados tratamientos culinarios es el predominante, existen diversos productos elaborados a partir de arroz: almidón de arroz, pasta de arroz (como fideos habitualmente), productos fermentados (idli, dosai, miso), bebidas fermentadas (sake), vinagre, cereales de desayuno, barritas de arroz, aperitivos...

### **Cebada (*Hordeum vulgare*)**

Es el cuarto cereal más importante en cuanto a producción mundial, después del trigo, el arroz y el maíz. Es capaz de crecer en diferentes condiciones por lo que constituye el cereal con un cultivo más extendido, destacando su producción y consumo en Asia, norte de África y Oriente Medio.

En algunos países se utiliza para elaboración de pan. El grano perlado (sin cascara ni pericarpio) se utiliza para sopas, harinas para alimentos infantiles y para cereales de desayuno. La malta (cebada germinada) es el punto de partida para la elaboración de cerveza y whisky (no confundir con whisky, en cuya elaboración se utilizan otros cereales). La cebada tiene también importancia como pienso para el ganado.

### **Avena (*Avena sativa, sterítis y strigosa*)**

Las principales zonas de producción de avena son Europa, Rusia y el norte de América, pudiendo crecer en todas las regiones templadas del planeta. La producción total de avena ha sufrido un progresivo retroceso debido a su desplazamiento por el trigo.

En la avena las glumas están fuertemente ligadas a la carióspside y son separadas mediante molinos (a nivel más tradicional) o mediante descascarilladores de impacto (a nivel industrial).

La avena se caracteriza por un mayor contenido en proteínas y por tener de 2 a 5 veces más lípidos que los otros cereales. Al contener lipasa es necesario un adecuado control para evitar reacciones de enranciamiento (lo cual no ocurre en el grano intacto, pero puede ocurrir en la harina y en granos rotos).

La avena se utiliza tanto para la alimentación humana como para alimentar ganado. Las formas

más habituales de consumo de la avena son como gachas, tortas, papillas infantiles, pudines, bizcochos, cereales de desayuno, galletas o algunos productos de panadería (mezcla de harinas de diversos cereales).

### **Centeno** (*Sécale caréale*)

Debido a su mayor resistencia frente a climas más fríos y suelos más pobres en comparación con el trigo, tiene gran importancia en algunas zonas del norte de Europa y Rusia. Históricamente ha sido asociado al ergotismo, enfermedad provocada por el hongo *Claviceps purpurea* (cornezuelo del centeno), aunque su separación de los granos sanos resulta técnicamente sencilla.

En sentido estricto, el centeno y el trigo son los únicos cereales panificables, aunque la miga y aspecto del pan de centeno tiene mucha menor aceptación que el pan de trigo. Aunque el pan de centeno, bajo diversas presentaciones o como pan mezcla de trigo y centeno, es la principal forma de consumo de este cereal, también se utiliza para elaboración de copos, maltas, bebidas destiladas, kvas y cervezas de centeno, así como para espesar salsas y sopas y para alimentar al ganado.

### **Sorgo** (*Sorghum spp.*)

La producción se concentra principalmente en África, India y China. Aunque puede cultivarse en zonas de mucha lluvia resiste bien la sequía, por lo que tiene especial importancia en trópicos semiáridos donde no son capaces de crecer otros cereales. También se cultiva ampliamente en algunas regiones de norte de América, aunque su uso principal sea la alimentación del ganado.

Algunas subespecies de sorgo contienen polifenoles en la corteza de la cariósida, lo cual en cierta medida protege a los granos frente al ataque de pájaros, insectos y mohos, aunque también aportan amargor. Eliminando las capas externas de la cariósida se obtiene el sorgo perlado, carente de amargor. En el sorgo destaca el gran tamaño del germen, que supone cerca del 10% del peso de la cariósida.

Las principales formas de consumo del sorgo en África y en Asia son las papillas, algunos alimentos fermentados (pan Kisra de Sudán), la malta y la cerveza de sorgo (chibuku), obteniéndose también almidón de forma industrial a partir del sorgo.

### **Mijo** (diversas especies de *Panicum*, *Setaria*, *Eleusine* y *Pennisetum*)

Se cultiva principalmente en África y Asia, coincidiendo en muchas regiones con el sorgo. Es capaz de crecer en suelos pobres y en zonas semiáridas por lo que tiene una gran importancia en la dieta en muchas zonas tropicales y subtropicales, aunque su productividad suele ser baja.

El grano de mijo es muy pequeño y el germen es proporcionalmente grande.

Las papillas de mijo y los panes (sin fermentar o fermentados) son las principales formas de consumo de este cereal.

**Tabla 1.1.** Producción mundial de los principales cereales en 2006.

	Producción (toneladas)	Área cultivada (ha)	Rendimiento (kg/ha)
Maíz	695.228.280	144.376.477	4.815,39
Arroz	634.605.733	154.323.697	4.112,17
Trigo	605.945.825	216.100.018	2.804,01
Cebada	138.642.560	55.516.995	2.497,30
Sorgo	56.485.280	41.500.110	1.361,09
Mijo	31.780.872	32.845.741	967,58
Avena	23.101.132	11.284.046	2.047,24
Centeno	13.261.291	5.993.644	2.212,56

Fuente: FAO, <http://faostat.fao.org>.

## 1.5 COMPOSICIÓN

La principal característica de los cereales (y de la mayoría de sus derivados) es el alto contenido en almidón, que supone alrededor del 60-65% del peso de los granos de cereal. Por ello, y debido al bajo contenido en agua (habitualmente inferior al 15% del peso) los cereales suponen una eficiente fuente de energía y el principal grupo de alimentos en tanto reservorio de almidón. El almidón de los cereales se encuentra en forma de gránulos, habitualmente de forma lenticular. El almidón es un polímero integrado por cientos de miles de moléculas de  $\alpha$ -D-glucosa, constituyendo una de las mayores macromoléculas presentes en la naturaleza. Estas unidades se disponen en cadenas lineales (amilasa) y en cadenas ramificadas (amilopectina) como se detalla en el capítulo correspondiente a los hidratos de carbono. Las cadenas de amilasa suponen aproximadamente un 25% del peso del almidón y las cadenas de amilopectina el 75% restante.

El contenido en azúcares simples y oligosacáridos de los cereales ronda el 2-3% del peso del grano, aunque dicho porcentaje aumenta al procesar los cereales por la degradación del almidón, como es el caso de las harinas.

El segundo macronutriente en peso de los cereales son las proteínas, que suponen alrededor del 8-12% en función de la especie y subespecie de cereal. Aunque el aporte proteico de los cereales y derivados a la dieta es importante (en el caso de algunos veganos y en muchas regiones del planeta constituye de hecho el principal aporte proteico), su bajo contenido en metionina (y en el caso del maíz también en triptófano) hace que las proteínas de los cereales sean consideradas de baja calidad.

El contenido lipídico de los cereales está localizado principalmente en el germen suponiendo alrededor del 1-2% del peso del grano, aunque en el caso de maíz, y especialmente de la avena, el contenido en lípidos es mayor. Los lípidos de los cereales son fundamentalmente triglicéridos, aunque también estén presentes diversos fosfolípidos y glicolípidos. La composición en ácidos grasos es bastante similar entre los diversos cereales, siendo el ácido linoleico el ácido graso mayoritario, seguido del oleico y el palmítico.

El contenido en fibra de los cereales y sus derivados está determinado por la presencia o no del salvado. Los cereales (y harinas) integrales presentan en torno a un 10-14% de fibra, mientras que en los cereales perlados y en las harinas refinadas la fibra apenas supone un 3-5%. La fibra de los cereales está compuesta principalmente por celulosas, hemicelulosas, pentosanos y

algunos otros compuestos minoritarios.

Los cereales suponen una importante fuente de vitaminas del grupo B (especialmente tiamina, riboflavina, ácido pantoténico y piridoxina), aunque su contenido varía en función de la parte del grano, disminuyendo considerablemente el contenido de algunas de estas vitaminas si se elimina el salvado. Es destacable también el contenido en tocoferoles (vitamina E), principalmente en el germen. El procesamiento de los cereales, especialmente aquellos tratamientos que impliquen calor, puede disminuir de forma importante el contenido en vitaminas.

Los minerales de los cereales representan alrededor del 2-3% del peso del grano y se encuentran principalmente en la capa de aleurona y otras estructuras que componen el salvado. Los principales minerales están en forma de fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. También están presentes, aunque en menores concentraciones, otros minerales como el hierro, manganeso, zinc y cobre.

La composición nutricional aproximada de los principales cereales y de algunos de sus derivados se muestra en la Tabla 1.2.

En relación a las propiedades nutritivas de los cereales es necesario indicar que algunos cereales presentan determinadas sustancias que interfieren la normal utilización de nutrientes, y que podrían ser considerados en ese sentido antinutrientes. Tal es el caso del ácido fítico que, además de impedir la absorción del fósforo que forma parte de su estructura, forma sales con cationes divalentes, como el calcio y el magnesio, disminuyendo el aprovechamiento de estos minerales. En el caso del trigo el ácido fítico se encuentra principalmente en la capa de aleurona, por lo que el aprovechamiento de los cationes sería mayor en derivados elaborados a partir de harina refinada (sin salvado).

Algunos taninos presentes en el sorgo también disminuyen la biodisponibilidad de hierro y otros cationes divalentes.

En el caso del maíz, más de la mitad de la niacina se encuentra formando un complejo llamado niacitina, no siendo disponible para los humanos, lo cual se ha asociado a la pelagra detectada en algunas poblaciones en las que el maíz constituye el alimento base.

**Tabla 1.2.** Composición nutricional de los principales cereales y sus derivados (cantidades expresadas por 100 g de porción comestible).

	Energía (kcal)	Hidratos de carbono (g)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Piridoxina (mg)	Potasio (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)
Trigo	294	60,9	11,7	2,0	10,3	0,48	0,14	8,20	0,45	421	44	3,3
Maíz	311	64,7	8,5	3,8	9,2	0,36	0,20	1,50	0,4	330	15	4,3
Arroz (sin cáscara)	361	86,8	7,6	0,6	1,4	0,06	0,03	3,00	0,30	120	10	0,8
Cebada (con cáscara)	301	64,0	10,6	2,1	14,8	0,31	0,10	7,80	0,56	560	50	6,0
Avena	378	66,3	16,8	6,9	10,6	0,76	0,14	0,96	0,12	429	54	4,7
Centeno	334	69	8,8	2,5	14,6	0,32	0,25	4,27	0,29	264	33	2,7
Harina de trigo refinada	348	80	9,3	1,2	3,4	0,09	0,06	2,30	0,20	135	15	1,1
Pan blanco de trigo	244	51,5	9,0	1,6	3,5	0,08	0,05	1,70	0,06	110	56	1,6
Pan integral de trigo	240	48,9	8,5	2,5	8,5	0,30	0,14	3,40	0,21	225	58	2,0
Pan blanco de molde (sandwich)	252	53,0	5,4	3,5	4,5	0,24	0,14	—	0,10	118	25	2,4
Galleta tipo maría	460	69,0	7,5	19,0	3,1	0,10	0,08	2,10	0,08	92	118	2,0
Pastas de té	329	58,3	8,9	8,3	—	0,20	0,17	3,80	0,06	240	98	2,9
Magdalenas	469	65,5	6,4	22,8	2,5	0,14	0,06	1,00	0,07	90	82	1,5
Bizcocho	334	77,2	4,7	2,9	1	0,26	0,01	1,70	0,04	89	73	0,8
Copos de maíz (tipo "corn flanes") *	349	84,0	7,0	0,7	2,5	1,20	1,30	15,00	1,70	—	—	7,9
Cereales integrales desayuno (tipo "all bran") *	265	46,0	13,0	4,5	29,0	0,90	1,00	11,30	1,30	—	8,8	—
Macarrones "Ganchitos" (aperitivos)	348	75,8	12,0	1,8	5,0	0,18	0,05	5,40	0,10	230	25	1,6
	489	56,9	9,9	26,2	—	—	—	—	—	263	45	—

\* Los cereales de desayuno frecuentemente están enriquecidos en algunos minerales y vitaminas, por lo que su contenido en estos nutrientes puede ser mucho mayor del que cabría esperar a partir de sus materias primas.



Debido a su bajo contenido en agua (inferior al 15% en peso) los cereales secos son un producto muy estable que puede ser almacenado durante largos periodos de tiempo si las condiciones ambientales son adecuadas. El principal factor a tener en cuenta será la humedad, tanto la del grano (entendido como contenido en agua) como la ambiental. Una excesiva humedad favorece el crecimiento de hongos en la superficie de los granos, el mayor riesgo en estos productos. Ciertas especies de *Aspergillus* y de *Penicillium* son los principales responsables. Además del deterioro de los granos, algunas especies de hongos son capaces de producir micotoxinas (entre ellas las aflatoxinas) que pueden llegar a representar un grave problema de salud si están en niveles elevados. Una humedad relativa menor del 70%, combinada con temperaturas inferiores a 20 °C y una adecuada ventilación previene generalmente el desarrollo fúngico. El deterioro por bacterias es mucho menos frecuente.

El deterioro de grano o harina almacenada por insectos o roedores también es un factor a considerar, siendo las barreras físicas la opción más efectiva para evitar el acceso de estos animales.

El alto contenido en lípidos y la presencia de lipasa puede dar lugar a reacciones de enranciamiento en productos molturados de avena, proceso que se ve favorecido por una alta humedad y temperatura, así como por el grado de finura de la molturación (cuanto mayor sea éste, mayor será el contacto entre la enzima y los lípidos).

La conservación de los productos derivados de los cereales dependerán principalmente de su actividad de agua, aunque los más comunes (pasta, galletas, cereales de desayuno...) presentan una larga vida útil si están adecuadamente envasados evitando la exposición a una humedad relativa excesiva. En el caso del pan común, no es el deterioro por microorganismos el principal problema, sino la recristalización progresiva del almidón (retrogradación) lo que limita a unos pocos días la vida del producto (entendida como aceptación por el consumidor).

## **1.7 PRODUCTOS DERIVADOS**

---

### **1.7.1. Harina**

La harina es el producto obtenido tras la molienda de los granos de cereal. Al margen del grado de sofisticación del sistema empleado, la molienda suele realizarse mediante un sistema de rodillos que trituran y muelen los granos.

La harina puede ser integral (si incluye el pericarpio, capa de aleurona y, en algunos cereales, otras capas adheridas al pericarpio) o refinada (sin estas capas, teniendo un contenido menor en fibra y minerales y un porcentaje mayor en almidón). Las harinas integrales presentan, evidentemente, un mayor rendimiento (peso de harina obtenido en relación al peso de grano molido).

Las harinas constituyen la base de la mayor parte de los productos de origen cereal (pan, galletas, bollería...).

### **1.7.2. Pan**

El más común es el elaborado a partir de harina de trigo aunque también puede elaborarse a partir de harina de centeno (más oscura que la de trigo) o a partir de mezclas de harinas. Aunque existen diversos procedimientos para elaborar un tipo u otro de pan, varias operaciones elementales son comunes a todos ellos. Durante el amasado de una mezcla de harina, levadura, agua y sal las proteínas del gluten se hidratan e interaccionan con los demás componentes, dando lugar a una masa con unas propiedades viscoelásticas características. Durante un periodo de reposo las levaduras transforman parte del almidón en hidratos de carbono simples, en CO<sub>2</sub> y en etanol. En el horneado se forma la corteza por una rápida evaporación de agua superficial, teniendo lugar diversos fenómenos de caramelización (reacción de Maillard), dando como resultado un olor y color característicos. Simultáneamente

se evapora progresivamente el agua del interior de la masa así como el etanol, y el almidón gelatiniza. El CO<sub>2</sub> generado durante la fermentación hace que la masa se hinche al quedar parcialmente atrapado en la red viscoelástica, confiriendo de este modo la textura y el aspecto típicamente esponjoso del pan.

En función de otros ingredientes que se puedan adicionar a la masa (salvado, diversos tipos de grasas, frutos secos...) se puede obtener una amplia variedad de productos. Está adquiriendo cada vez más importancia la utilización de masas congeladas, masas refrigeradas y panes precocidos, lo cual permite finalizar la elaboración del producto en un momento y lugar diferente a donde se llevaron a cabo las primeras fases de elaboración.

### **1.7.3. Galletas**

Las galletas constituyen un amplísimo grupo de productos que difieren tanto en los ingredientes, como en el proceso de elaboración y en los equipos de corte y moldeo utilizados. Los ingredientes principales son harina de trigo blando, azúcar, sal, leche condensada, huevos, mantequilla, lecitina, antiaglutinante, bicarbonato sódico y agua. Para algunos tipos de galleta es necesario que haya un cierto desarrollo de gluten mientras que para otras galletas (aquellas que tengan que ser fácilmente desmenuzables y sin prácticamente elasticidad) no se debe desarrollar gluten. El alto contenido en azúcares, bajo contenido en agua y el pH alto (debido al bicarbonato) dificultan la formación de gluten. Los esponjantes (bicarbonato sódico y amónico, diversos fosfatos...) se utilizan para proporcionar un mayor volumen a algunos tipos de galletas. Tras homogeneizar la mezcla y moldear las galletas éstas son horneadas siendo el contenido en agua final de 2-5%.

La elaboración de obleas y galletas tipo cracker, aunque con algunas particularidades, sigue un procedimiento similar.

### **1.7.4. Bollería y pastelería**

Incluiría bollos, tortas, bizcochos, pasteles... Los principales ingredientes son harina, leche, huevos, azúcar, mantequilla y otras grasas, agua... utilizándose también levadura. Estos productos son habitualmente blandos y esponjosos, y su contenido en agua suele ser mayor que el de las galletas. En algunos productos el esponjamiento se consigue mediante incorporación de aire a la masa.

### **1.7.5. Cereales de desayuno**

Existen en el mercado una gran variedad de cereales de desayuno, los cuales, al margen de sus ingredientes, pueden presentar diferentes texturas.

Los cereales en copos han sido sometidos a una cocción (para ablandarlos y aumentar su digestibilidad), secados, laminados enteros o en trozos mediante rodillos y, opcionalmente, tostados.

Los cereales inflados, esponjados o expandidos se basan en la eliminación repentina del agua, lo cual provoca la formación de burbujas de aire y un notable incremento del volumen. Este esponjamiento se puede lograr básicamente mediante tres procedimientos. Mediante aplicación repentina de calor a presión atmosférica (horno a 300 °C) se logran productos que suelen mantener su integridad y aumentan 2-5 veces su volumen. Mediante cañones de esponjar también se mantiene la integridad del producto consiguiéndose aumentos de volumen muy superiores. En estos cañones herméticos los cereales son calentados a 200-425 °C abriéndose posteriormente una válvula que comunica con una cámara de expansión que se encuentra a una presión menor, de forma que los cereales se expanden al salir "disparados" a esta cámara. Mediante la extrusión se obtienen cereales de desayuno esponjados, pero que no mantienen la integridad original del grano, ya que se suele partir de una masa o sémola. Tras el amasado, cocción y moldeado en el extrusor, el producto se expande al pasar a un medio con una presión menor. Los cereales esponjados pueden ser tostados posteriormente.

Al margen de su textura y forma de presentación, los cereales de desayuno tienen un contenido en agua muy bajo (habitualmente inferior al 3%) y, por lo tanto, por una larga vida útil.

#### **1.7.6. Pasta**

La pasta se obtiene por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémola, semolina o harina, además de agua, como ingredientes principales. Se suelen utilizar especies de trigo duro o semiduro, aunque también se utilizan mezclas con trigos blandos, en función del resultado buscado. Tras mezclar todos los ingredientes la masa semisólida resultante es sometida a extrusión a temperaturas moderadas (< 50 °C). El cabezal situado en el extremo del extrusor conferirá la forma y grosor deseado al producto, el cual experimenta una expansión limitada al salir del extrusor. De esta forma se pueden obtener multitud de formas de presentación (fideos, espaguetis, macarrones, pasta en espiral...). Como el producto que sale del extrusor mantiene una cantidad de agua importante (en torno al 30%) es necesario un proceso de secado progresivo hasta reducir su contenido de agua al 12% aproximadamente.

La calidad de la pasta suele estar asociada a un alto contenido en proteínas, las cuales deben ser capaces de formar durante el amasado y la extrusión una red que retenga otros componentes (especialmente, el almidón).

Existen diferentes tipos de pasta, desde pastas simples y pastas alimenticias frescas (que no han sido desecadas) hasta pastas compuestas y rellenas elaboradas utilizando gran variedad de ingredientes (carne, grasas, pescado, pan rallado, huevos, verduras, hortalizas...).

#### **1.7.7. Otros derivados**

A partir de los cereales se obtienen otros muchos productos de muy diverso tipo. El salvado de cereales es un producto resultante de la molienda de gran interés por su contenido en fibra. Del germen de maíz se obtiene aceite que, además de para cocinar, es utilizado para la elaboración de margarinas. Las típicas palomitas de maíz y muchos aperitivos o "snacks" se obtienen a partir de cereales mediante métodos de hinchado y extrusión similares a los citados para los cereales de desayuno esponjados. Las papillas de cereales son un alimento fundamental en la nutrición infantil. Como ya se ha mencionado, diversas bebidas alcohólicas tienen como base los cereales (cerveza, whisky, sake...). A partir de los cereales se obtienen también diversos compuestos que serán utilizados como ingredientes para la elaboración de otros productos: almidón, jarabes de glucosa, etc.

## Bibliografía

---

- Belitz, H.-D. y Grosch, W. (1997): *Química de los alimentos* (2ª edición). Zaragoza: Editorial Acribia.
- Callejo, M. J. (2002): *Industrias de cereales y derivados*. Madrid: AMV ediciones y Mundi-Prensa.
- Cauvain, S. P. y Young, I.S. (2002): *Fabricación de pan*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Dendy, D. A. V. y Dobraszczyk, B. J. (2001): *Cereales y productos derivados. Química y tecnología*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- FAO/OMS. (1996): *Codex alimentarius. Vol. 7. Cereales, legumbres, leguminosas, productos derivados y proteínas vegetales*. Madrid: Díaz de Santos.
- Hoseney, R. C. (1991): *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Kent, N. L. y Evers, A. D. (1994): *Technology of Cereals. An Introduction for Students of Food Science and Agriculture* (4<sup>th</sup> edition). Kidlington, Oxford: Pergamon Press.
- Kulp, K., Ponte, J. G. (2000): *Handbook of Cereal Science and Technology*. Boca Ratón (USA)/London: CRC Press.
- Manley, D. J. R. (1989): *Tecnología de la industria galletera*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Mataix, J. (2003): *Tabla de composición de alimentos* (4ª edición). Granada: Universidad de Granada.
- Scade, J. (1981): *Cereales*. Zaragoza: Editorial Acribia. Vollmer, G., et al. (1999): *Elementos de bromatología descriptiva*. Zaragoza: Editorial Acribia.