

CARACTERÍSTICAS, MODIFICACIONES Y ALTERACIONES DE HUEVOS Y OVOPRODUCTOS

1. Estructura y composición general del huevo. 2. Proteínas del huevo. 3. El huevo fresco. 4. Propiedades funcionales del huevo y de los ovoprodutos. 5. Derivados de los huevos. 6. Determinaciones analíticas de control en huevos y ovoprodutos. 7. Alteraciones y métodos de conservación de los huevos. 8. Contaminación del huevo y protocolo de control microbiológico.

17.1. Estructura y composición general del huevo

En nuestro país, por consumo de huevos se suele entender consumo de huevos de gallina, si bien en los últimos años se están utilizando también los huevos de codorniz y de otras aves, con fines fundamentalmente ornamentales de diferentes preparaciones culinarias. Así pues, en el Código Alimentario Español, cuando se habla de huevos, se hace referencia a los huevos de gallina, y los de otras especies deben ir acompañados obligatoriamente de la denominación de la especie de que se trate.

Podemos intuir el valor bromatológico del huevo si pensamos que su destino es la alimentación completa de un embrión hasta su salida del cascarón. No obstante, es un alimento delicado, que se altera con facilidad y que puede transmitir graves toxiinfecciones para el ser humano.

El huevo es un componente culinario usado tanto en aperitivos como en postres. También se emplea en la preparación de determinadas bebidas y es, además, un útil de laboratorio de primer orden. Se aconseja su consumo, en cantidades adecuadas, a todas las edades, y por sí solo basta para completar algunas dietas adaptadas a diferentes patologías.

Los huevos de las diversas especies animales que los producen, sobre todo, los de aves domésticas tienen una composición característica y poco variable. Como

ya se ha indicado, el huevo de gallina es el más utilizado en la alimentación humana y, por tanto, el mejor estudiado. El peso medio de los huevos producidos por razas de gallinas seleccionadas es de 58 gramos, con un reparto porcentual medio de un 8% a un 11% de cáscara, un 51% a un 61% de clara y un 27% a un 32% de yema. En el Cuadro 17.1 aparece su composición promedio en nutrientes principales.

Podemos hablar de tres constituyentes básicos del huevo: uno mineral externo, la cáscara, y dos orgánicos: el vitelo o yema, que es la célula gigante formada en el óvulo, y el albumen o clara, que recubre la yema a lo largo de su migración. Además existen unas membranas que cubren al resto de los constituyentes orgánicos (Fig. 17.1).

17.1.1. Cáscara

La cáscara está formada por una matriz de fibras entrelazadas de naturaleza proteica y por cristales de calcita, (carbonato cálcico), presentes en una proporción de 1:50 en su intersticio (Fig. 17.2).

En la matriz se distinguen dos zonas: una está constituida por protuberancias mamilares, que penetran parcialmente en las membranas, y la otra es la matriz esponjosa. Las fibras de la matriz no rodean los cristales de calcita, sino que los atraviesan.

Esta estructura, que influye significativamente en la resistencia de la cáscara, está formada por complejos de

Cuadro 17.1. Composición promedio en nutrientes de un huevo de gallina.

	<i>Huevo entero</i>	<i>Vitelo (yema)</i>	<i>Albumen (clara)</i>	<i>Cáscara</i>
Peso en g por unidad:	60	18	36	6
En g por 100 g:				
Agua	66	48	87	-
Proteínas	12	16	10,5	2
Lípidos	11	34	-	-
Glúcidos	0,5	0,4	0,6	-
Minerales	11	1,1	0,7	98

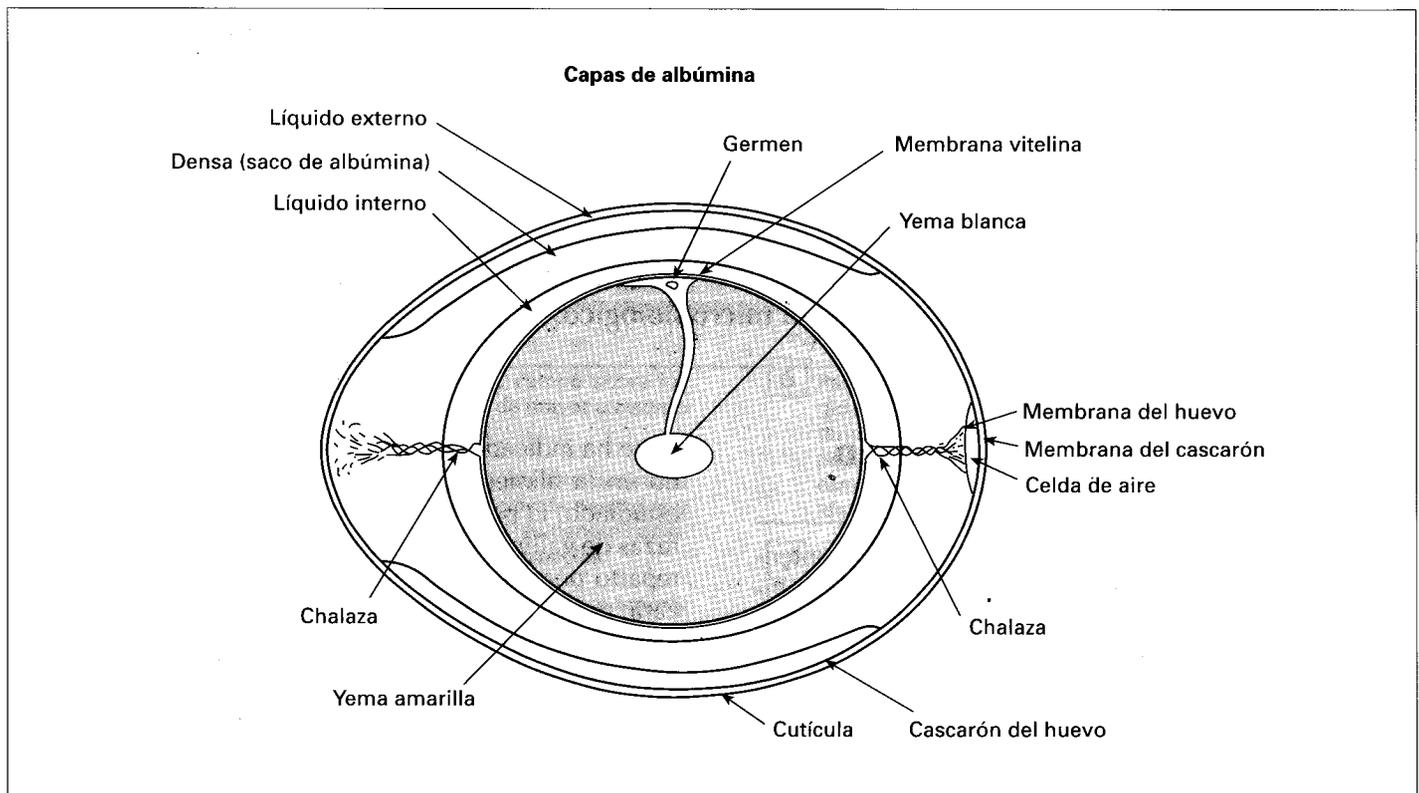


Figura 17.1. Esquema de la estructura de un huevo de gallina.

proteína-mucopolisacáridos, que son, fundamentalmente, codroitín sulfatos, galactosamina, glucosamina, galactosa, manosa, fucosa y ácido siálico.

Los elementos minerales que componen la cáscara son: calcio (98,2%), magnesio (0,9%) y fósforo (0,9%) en forma de fosfatos. La dureza de la cáscara está en relación directa con su contenido en magnesio.

Existen numerosos **poros** distribuidos por toda la cáscara, entre 7.000 y 17.000 por huevo. Tienen forma de embudo y están rellenos de fibras proteicas que dificultan la entrada de microorganismos.

En la zona externa de la cáscara hay una capa protectora de unas 10 μm a 30 μm de espesor constituida por proteína insoluble en agua, la **cutícula**. Está formada por microproteínas con polisacáridos en los que

PARA SABER MÁS...

La efectividad de los poros de la cáscara del huevo para el intercambio gaseoso con el medio es bien conocida por los habitantes del Périgord francés, que ponen huevos y una trufa en un tarro herméticamente cerrado durante tres o cuatro días, y a continuación preparan estos huevos revueltos o en tortilla, sin la trufa, pero con todo su aroma.

están presentes la glucosa, la manosa, la galactosa y la fucosa. Aunque es insoluble en agua, la cutícula puede desprenderse por frotamiento bajo ella, aumentando, así, la permeabilidad a las bacterias.

En los huevos de gallina, la cáscara tiene una coloración siempre uniforme, variando del blanco al marrón

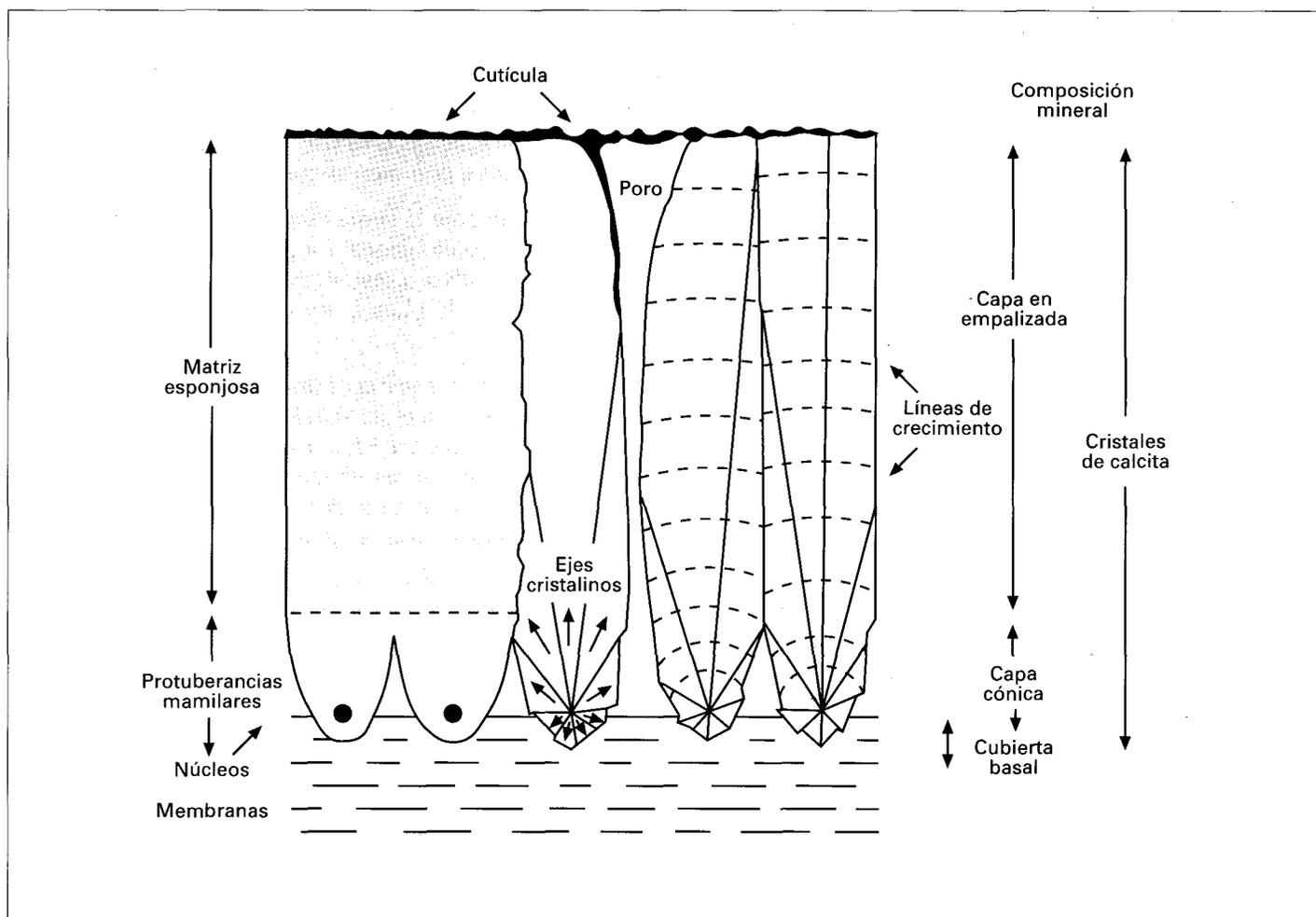


Figura 17.2. Esquema de la sección radial de la cáscara de huevo.

en función de la raza de la ponedora. En huevos de otras especies, la cáscara puede tener manchas o pintas identificativas. En contra de la creencia general, el color de la cáscara no influye en las características bromatológicas ni nutricionales del huevo: así, aunque se dice que los huevos morenos son mejores que los blancos, no hay ningún dato científico que avale esta afirmación.

17.1.2. Corion

Llamamos corion a las dos membranas situadas inmediatamente después de la cáscara. La más externa, de unas 48 μm de espesor, está íntimamente unida a la cáscara por interrelaciones con los núcleos mamilares –centro de origen de los cristales de calcita– y por asociaciones de fibras. La forman seis capas de fibras orientadas de manera alternativa en diversas direcciones. La membrana más interna, de, aproximadamente, 22 μm de espesor, delimita la clara y la constituyen tres capas paralelas a la cáscara que forman ángulo recto entre sí.

Ambas membranas están constituidas por fibras de proteína de tipo queratina y por polisacáridos que contienen galactosamina, glucosamina, ácido siálico, glucosa, manosa y fucosa. Su estructura en capas super-

puestas en diferentes direcciones le confiere resistencia y contribuye a impermeabilizar el contenido del huevo de los microorganismos.

Las dos membranas siempre están unidas, excepto en la región de la cámara de aire, en la zona del polo grueso del huevo. El volumen de esta cámara se modifica con el tiempo, debido, en parte, a intercambios gaseosos y, en parte, a pérdida de vapor de agua. Además de aire, se almacena gas carbónico procedente de los bicarbonatos; este CO_2 se libera con más o menos rapidez, según la temperatura a la que se mantenga el huevo.

Teniendo en cuenta esta característica del aumento de la cámara con el paso del tiempo, sirve como criterio de frescura su altura, expresada en milímetros; sin embargo, esta pauta no revela con total precisión la evolución del huevo, pues si se conserva en una atmósfera húmeda, la cámara de aire se desarrolla poco, y pueden existir riesgos microbiológicos.

17.1.3. Albumen o clara

La clara está constituida por tres capas: una zona externa, delgada y fluida, una zona intermedia, gruesa y

densa, a veces denominada **saco de albúmina** y, finalmente, una zona interna, también delgada y fluida. Además, existen unas estructuras filamentosas, las **chalmazas**, dos condensaciones de la clara cuya misión es mantener la yema en una posición central. Las chalmazas, de aspecto trenzado, se unen a los dos polos del huevo y a la yema. El objetivo de la clara es aislar la yema de los golpes y de las variaciones de temperatura.

Las grandes variaciones que se producen en la proporción de cada una de las capas se atribuye a la raza, a condiciones ambientales, al tamaño del huevo y al nivel de producción. El constituyente mayoritario de las distintas capas es el agua, cuyo contenido desciende ligeramente desde las capas externas a las internas (Cuadro 17.2).

Cuadro 17.2. Proporción y contenido en humedad de las capas de la clara de huevo.

Capa	% de la clara		Humedad (%)
	Media	Rango	
Externa delgada	23,2	10-60	88,8
Gruesa	57,3	30-80	87,6
Interna delgada	16,8	1-40	86,4
Chalmazas	2,7	-	84,3

Las proteínas son el componente mayoritario de los sólidos (entre 9,7% y 10,6%); el contenido en lípidos (0,3%) es insignificante en comparación con la yema; los glúcidos presentan una concentración cercana al 1%, tanto unidos a proteínas como en estado libre, siendo la glucosa el carbohidrato mayoritario en estado libre; sus cationes más importantes son el potasio y el sodio.

El albumen, tras la puesta, presenta una estructura de gel, pero, poco a poco, se va fluidificando, especialmente, en las primeras cuarenta y ocho horas. Este efecto no se debe a una hidrólisis de las proteínas, sino a la evolución de uno de sus complejos proteicos, la ovomucina-lisozima; su disociación se favorece aumentando el pH y se retarda con altas concentraciones de iones divalentes. El pH de la clara del huevo fresco gira en torno a 7,4 y puede aumentar hasta 9 en los tres días siguientes a la puesta, sufriendo pocos cambios después.

La conservación de los huevos en una atmósfera con un 4% de CO₂ y a 10°C limita la evolución del pH y la licuefacción de la clara. Igualmente, se consiguen efectos similares conservando a -1°C y con un 90% de humedad relativa.

17.1.4. Yema o vitelo

La yema está envuelta y separada de la clara por el **saco de la yema** o **membrana vitelina**, en la que se anclan los filamentos de las chalmazas que sitúan la yema en el centro, aunque permiten su giro.

Normalmente la yema está formada por una pequeña esfera de yema blanca, rodeada de yema amarilla. El **disco germinativo** o engalladura en la superficie de la yema se une a la blanca por una estructura tubular, la **latebra**.

En conjunto la yema es una dispersión de partículas en una fase acuosa o plasma. La yema de un huevo fresco contiene entre un 52% a un 53% de sólidos, cuya tasa desciende, aproximadamente, un 2% al almacenarse refrigerado durante doce semanas a consecuencia de intercambios entre la clara y la yema.

Sus componentes mayoritarios son las proteínas y los lípidos, con cantidades menores de carbohidratos y minerales; el conjunto engloba a los lípidos del huevo. El contenido proteico es de un 16%, con tasas bastante constantes. La fracción lipídica varía entre un 32% y un 35%; estas variaciones se atribuyen a la raza del ave más que a su dieta. Esta fracción tiene un 66% de triacilgliceroles, un 28% de fosfolípidos, un 5% de colesterol y otros lípidos en cantidades menores. Los ácidos palmítico y esteárico suponen un 30% de los ácidos grasos de los triglicéridos y un 50% de los ácidos grasos de las lecitinas. Los ácidos oleico y linoleico se encuentran en mayor proporción en los ácidos grasos de los triglicéridos que en los fosfolípidos. La composición en ácidos grasos de los lípidos de la yema depende de los ácidos suministrados en la dieta (Cuadro 17.3).

El contenido de glúcidos libres y combinados es similar al encontrado en la clara. En cuanto a los elementos minerales, los más abundantes son el calcio, el potasio y el fósforo.

Las dos fracciones de la dispersión tienen algunas características especiales:

- Las partículas se pueden separar por centrifugación. Son corpúsculos esféricos con diámetro de entre 25 µm y 50 µm. No son muy sólidas y tienden a disgregarse con las manipulaciones. Suponen el 25% del extracto seco de la yema.
- La fase continua presenta un 75% de extracto seco en forma de lipoproteínas de baja densidad y proteínas globulares procedentes del plasma sanguíneo.

El color de la yema varía desde el amarillo claro al anaranjado rojizo; este color se debe a los carotenoides que contiene, que varían con la alimentación del ave; así, los huevos de aves alimentadas con maíz tienen yemas bastante amarillentas. La mayoría de los pigmen-

Cuadro 17.3. Composición promedio en ácidos grasos de las fracciones lipídicas de la yema de huevo.

Ácido graso	% del total de ácidos grasos			
	Lípidos totales	Triacilglicerol	Lecitina	Cefalina
16:0	23,5	22,5	37	21,6
16:1	3,8	7,3	0,6	tr
18:0	14	7,5	12,4	32,5
18:1	38,4	44,7	31,4	17,3
18:2	16,4	15,4	12	7
18:3	1,4	1,3	1	2
20:4	1,3	0,5	2,7	10,2
20:5	0,4	0,2	0,8	3
22:6	0,8	0,6	2,1	6,4

tos carotenoides de la yema no se traducen directamente en vitamina A; esto es, las yemas más coloreadas no son, necesariamente, más ricas en vitamina A.

Existe transferencia de pequeñas moléculas entre la clara y la yema:

- De la clara a la yema: difusión de agua y paso de iones divalentes.
- De la yema a la clara: paso de aminoácidos libres y hierro.

Cuadro 17.4. Composición promedio en porcentaje de la clara, yema y huevo entero.

Componente del huevo	Sólidos totales	Proteínas	Lípidos	Carbohidratos	Cenizas
Clara	11,1	9,7 - 10,6	0,03	0,4 - 0,9	0,5 - 0,6
Yema	52,3 - 53,5	15,7 - 16,6	31,8 - 35,5	0,2 - 1,0	1,1
Huevo entero	25 - 26,5	12,8 - 13,4	10,5 - 11,8	0,3 - 1,0	0,8 - 0,1

17.2. Proteínas del huevo

Durante mucho tiempo, las proteínas del huevo entero de gallina se han considerado como alimento tipo. Su composición en aminoácidos esenciales sirve para calcular los índices de calidad químicos de otras proteínas; composición especialmente estable y muy poco dependiente de la raza y de la alimentación del animal.

17.2.1. Proteínas de la clara

El albumen se considera como un sistema proteico completo por fibras de ovomucina que se incluyen en una solución acuosa de numerosas proteínas globulares. La composición en proteínas de la capa gruesa y de las delgadas de la clara se diferencia únicamente en el contenido de ovomucina, que en la capa gruesa resulta cuatro veces superior al de las delgadas.

Las distintas fracciones proteicas se han podido separar por precipitación fraccionada, cromatografía o técnicas electroforéticas, de modo que se obtienen diferentes grupos proteicos.

□ Ovoalbúmina

La ovoalbúmina es la proteína más abundante de la clara; supone, aproximadamente, el 60% del total proteico. Por sus características generales, se la puede comparar con la seroalbúmina del plasma sanguíneo.

PARA SABER MÁS...

La ovoalbúmina se encuentra en la sangre de las gallinas ponedoras, pero no en la de los machos ni en la de las aves no ponedoras.

Está ligeramente fosforilada y cuenta con tres componentes, A1, A2 y A3, que se diferencian únicamente por su contenido en fósforo, de forma que presentan dos, uno y ningún grupo fosfato, respectivamente. Contiene ocho restos de glúcidos por molécula. Su composición en aminoácidos es notablemente equilibrada; sólo un aminoácido se encuentra a una concentración superior al 10%, es el Glu, con un 14%; no hay ninguno a concentración inferior al 1,3%.

En el momento de la puesta, la ovoalbúmina contiene un único puente disulfuro, pero con el tiempo se

crean nuevos puentes y se forma la S-ovoalbúmina, que resulta más termoestable que la proteína nativa.

La ovoalbúmina tiene propiedades gelificantes y espumantes que se utilizan, si bien dependen del estado de la proteína, reduciéndose conforme aumenta la proporción de S-ovoalbúmina.

❑ **Conalbúmina u ovotransferrina**

La masa molecular de la conalbúmina es casi el doble que la de la ovoalbúmina. Se parece mucho a la siderofilina de la sangre por lo que respecta a su composición en aminoácidos y por su aptitud para combinarse con cationes divalentes, principalmente con Fe, Cu, Mn y Zn.

Tiene acción inhibitoria sobre algunas bacterias. Se desnaturaliza con el calor más fácilmente que la ovoalbúmina, ya que coagula a unos 63°C, aproximadamente, la temperatura de coagulación de la clara, ya que la ovoalbúmina gelifica con la insolubilización de la conalbúmina.

❑ **Ovomucoide**

Como indica su nombre, el ovomucoide es una glicoproteína rica en glucosamina. La unión de la fracción glucídica con la cadena péptica sucede sobre la asparagina, al igual que en los casos de la ovoalbúmina y la conalbúmina. Es una proteína más pequeña y rica en azufre con respecto a las dos anteriores.

Se desnaturaliza por calor, pero es algo más resistente que las otras dos, tanto en medio ácido como en medio moderadamente alcalino. Hay que destacar su carencia en triptófano. Posee una actividad biológica específica: es un factor antitripsina. La clara del huevo coagulada se digiere bien y rápidamente en el intestino, por estar desnaturalizada, mientras que la clara cruda resiste la digestión un cierto tiempo. También se debe señalar que una rápida desecación del huevo quizá sea insuficiente para inactivarla.

❑ **Lisozima**

La lisozima es un enzima que alisa las paredes bacterianas, constituyendo otro componente más de las barreras antimicrobianas del huevo. Su composición es muy semejante a la del resto de las lisozimas conocidas.

Por precipitar fácilmente a pH 10 y en solución salina, tiene una amplia aplicación tecnológica; así, se usa en la industria farmacéutica para maternizar la leche de vaca y en la alimentaria en la que se utiliza desde hace poco tiempo para evitar la fermentación butírica en quesos de pasta prensada y cocida, y, por tanto, la aparición de ojos en ellos.

❑ **Ovomucina**

La ovomucina también es una glicoproteína, pero su estructura química es la menos conocida. Contiene más ácido neuramínico que el ovomucoide, lo que explica la forma estriada y fibrosa de la molécula; este ácido, además, contribuye a dar consistencia viscosa a la capa densa de la clara.

Es insoluble en agua pura, pero no en presencia de sales; resulta bastante termorresistente, favorece la estabilización de espumas por frío y presenta una propiedad biológica interesante: es inhibitoria de la hamaglutinación vírica.

❑ **Otras proteínas**

Entre las restantes proteínas existentes en la clara hay que destacar las siguientes: **avidina**, glicoproteína básica cuya característica principal es su capacidad de unirse a la biotina y bloquearla; el **ovoinhibidor** que también puede inactivar la tripsina y quimotripsina; las **ovoglobulinas G1 y G2** que son agentes espumantes y finalmente, la **flavoproteína**, formada por una apoproteína unida a la riboflavina, a pesar de la cual no se han observado efectos nutricionales negativos.

17.2.2. Proteínas de la yema

Al tratar la estructura de la yema se ha indicado que se puede considerar como una dispersión que contiene una serie de partículas uniformemente distribuidas en una solución proteica o plasma.

Las partículas que se han identificado son de cuatro tipos: esferas de yema, gránulos, lipoproteínas de baja densidad y figuras de mielina. Todas estas partículas representan entre un 19% y un 23% de los sólidos totales de la yema y contienen, en término de extracto seco un 35% de lípidos, un 60% de proteínas y un 6% de cenizas. Cerca del 37% de los lípidos totales son fosfolípidos, principalmente, fosfatidilcolina (82%) y fosfatidiletanolamina (15%).

❑ **Proteínas y lipoproteínas de las partículas**

Las partículas tienen cuatro clases de proteínas:

- **Fosvitina.** Es una fosfoproteína muy fosforilada y muy rica en serina. Contiene el 80% del fósforo de la yema y sólo un 10% de sus proteínas. Constituye una reserva de fósforo para el embrión y un transportador de hierro en la yema, pues los iones férricos están fuertemente unidos a ella formando un complejo soluble.

EN RESUMEN...

Cuadro 17.5. Proteínas de la clara de huevo de gallina.

Proteínas (*)	% de extracto seco	Masa molecular	% glúcidos	Propiedades
Ovoalbúmina	58	46.000	3,5	Agente gelificante. Unión a metales.
Conalbúmina (ovotransferrina)	14	82.000	2	Inhibe bacterias.
Ovomucoide	11	28.000	23	Inhibe la tripsina.
Ovoglobulinas	8	36.000 a 45.000	–	Propiedades espumantes.
Lisozima	3,5	14.300	0	Lisis bacteriana.
Ovomucina	2	–	25	Factor de viscosidad.
Ovoinhibidor	1	45.000	6	Inhibe varias proteasas.
Flavoproteína	0,8	34.000	14	Fija la vitamina B.

(*) Además existen otras proteínas minoritarias como la *Avidina*.

- **Lipovitelina.** Se trata de una fracción proteica del tipo HDL, es decir, de alta densidad. Sus lípidos están compuestos por un 60% de fosfolípidos y un 40% de lípidos neutros, colesterol y triglicéridos. Es una proteína bien equilibrada desde el punto de vista de su composición: es rica en cisteína y tiene cadenas laterales ácidas ricas en Asp y Glu.

- **Lipoproteínas de baja densidad.** También denominadas lipovitelinas. Estas lipoproteínas son fracciones proteicas del tipo LDL. Contienen una gran cantidad de lípidos (de un 86% a un 88%), aunque su reparto no es el mismo que en el caso de la lipovitelina: 2/3 son lípidos neutros, con un 4% de colesterol; el 1/3 restante está formado por fosfolípidos.

Al parecer, su estructura es la de una lipoproteína típica, con un núcleo de lípidos no polares –fundamentalmente, triglicéridos y colesterol esterificado– y una monocapa envolvente con las apoproteínas y lípidos polares –en esencia, colesterol libre y fosfolípidos–. Es precisamente esta monocapa la que asegura la estabilidad de las partículas en la fase acuosa (Fig. 17.3).

- **Figuras de mielina.** Están formadas por una o más capas de láminas equidistantes entre sí con una separación fija. Su contenido en lípidos es de un 86%, del cual un 35% lo componen fosfolípidos, y un 11%, colesterol.

□ Proteínas y lipoproteínas del plasma

El plasma está constituido por una fracción proteica globular y una fracción proteica de baja densidad, las cua-

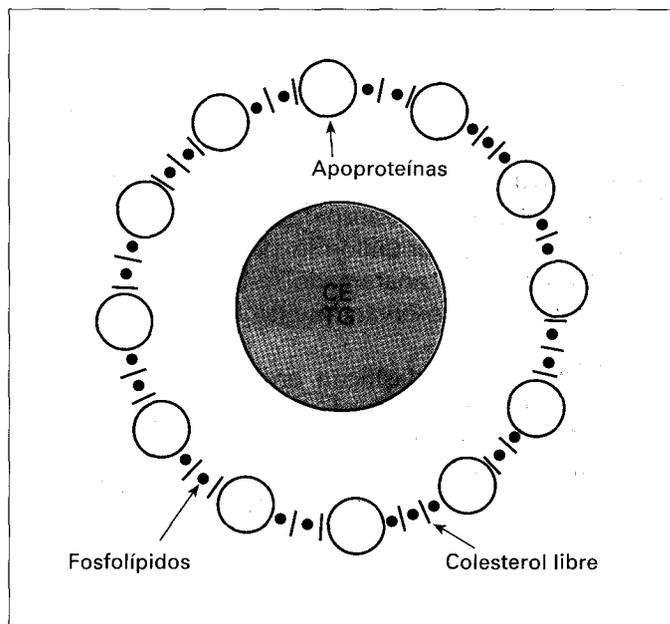


Figura 17.3. Esquema de la estructura general de una lipoproteína. (CE = colesterol esterificado; TG = triglicérido.)

les suponen el 11% y el 66%, respectivamente, de los sólidos totales de la yema. Se distinguen tres clases de proteínas:

- **Livetinas.** Forman la fracción globular. Sus componentes se corresponden con proteínas plasmáticas; esto es así porque, al parecer, estas fracciones proteicas proceden de la sangre de la gallina. La α -livetina es idéntica a la seroalbúmina; la β -livetina lo es a la α_2 -glicoproteína y la γ -livetina, a la γ -globulina.

- **Lipoproteínas de baja densidad.** En algunas publicaciones se denominan lipoproteínas de muy baja densidad. Contienen entre un 84% y un 89% de lípidos, con un 75% de lípidos neutros y un 26% de fosfolípidos. Presentan la estructura típica de las lipoproteínas.
- **Ovovitelina.** Según opinan algunos autores, existiría también esta fracción, obtenida del residuo insoluble en éter y precipitado en solución salina. Se trataría de una fracción rica en fósforo y azufre, que coagularía por acción de la quimosina, se defosforilaría por calor y produciría péptidos ricos en fósforo por hidrólisis proteásica, con pepsina, tripsina, etc.

17.3. El huevo fresco

Las características del huevo fresco están claramente definidas en el Código Alimentario Español, y a su epígrafe 3.14.03 nos remitimos: son huevos frescos "aque- llos que, presentando un color y sabor característicos, no han sufrido más manipulaciones que una limpieza en seco. Observados al ovoscopio aparecerán completa- mente claros, sin sombra alguna, con yema apenas per- ceptible y cámara de aire pequeña, de no más de 7 milí- metros de altura. La cáscara será fuerte, homogénea y limpia; la clara firme, transparente y sin enturbiamien- tos, y la yema de color uniforme, pudiendo oscilar desde el amarillo claro al anaranjado rojizo, sin adherencias con la cáscara y conservándose centrada y entera".

Los huevos se clasifican en diferentes categorías según su tamaño, clasificación que en nada hace refe- rencia a la frescura del alimento, de tal modo que un huevo de cuarta clase, en un momento determinado, puede estar más fresco que otro de clase superextra (Cuadro 17.6).

Cuadro 17.6. Categorías de los huevos según su tamaño.

Categoría	Peso en gramos
Superextra	Más de 65 gramos
Extra	De 61 a 65 gramos
Primera	De 56 a 60 gramos
Segunda	De 51 a 55 gramos
Tercera	De 46 a 50 gramos
Cuarta	45 o menos gramos

Además de la categoría según su tamaño, existen otros criterios para valorar la calidad del producto: unos resultan de una inspección externa; otros, de una ins- pección interna.

17.3.1. Inspección externa del huevo

Existen tres modalidades de inspección externa: la no instrumental, con uso de ovoscopio y con uso de la luz ultravioleta.

□ Inspección no instrumental

Se inicia la inspección comprobando la integridad de la cáscara, su limpieza y su color. En la cáscara es posible encontrar:

- **Superficies rugosas sin deformar:** es posible que correspondan a conservación de los huevos con cal, extremo que se podrá comprobar en el labo- ratorio más tarde.
- **Superficies rugosas y deformadas por presiones:** suelen corresponder a aves que han padecido bronquitis infecciosa.
- **Exudación:** es propia de huevos procedentes de cámaras.
- **Superficies mohosas:** indican un deficiente alma- cenaje en condiciones de humedad.
- **Olor anormal:** señala que los huevos se han almacenado con sustancias que desprenden un olor fuerte.

Además de estas observaciones, procederemos a agitar el huevo, para constatar si oímos un golpeteo. Si se percibe un sonido de golpe, será indicativo de que el huevo es viejo, de modo que la clara se ha fluidificado, permitiendo el desplazamiento brusco de la yema, a lo que se debe el golpe.

□ Uso del ovoscopio

Con el ovoscopio apreciaremos el tamaño de la cáma- ra de aire, la posición, el tamaño y la turbidez de la yema, la presencia de manchas e, incluso, alguna fisu- ra de la cáscara que no hayamos notado visualmente.

□ Uso de la luz ultravioleta

La superficie de los huevos frescos está recubierta de una sustancia, la ovoporfirina que, a la luz ultravioleta, emitida por una lámpara de cuarzo, da una fluorescencia especial azul-violeta. Cuando los huevos están vie- jos, la fluorescencia es azulada y en los huevos podri- dos es rojo-púrpura. Lógicamente, la luz ultravioleta tiene su mejor aplicación en los huevos de cáscara blanca, pero no en los de cáscara marrón.

Por otra parte, los huevos lavados o conservados en cal pierden total o parcialmente la ovoporfirina, por lo cual, aunque estén frescos, la fluorescencia se verá ate- nuada. Esto significa que éste es un buen sistema para

saber si los huevos han sido conservados en cal, aunque estén perfectamente frescos.

17.3.2. Inspección interna del huevo

Para la inspección interna se ha de observar la cámara, la clara y la yema del huevo.

□ Observación de la cámara

La cámara se observa abriendo un orificio por el polo grueso del huevo (polo de la cámara). Inicialmente nos fijaremos en la existencia de líquido en el interior, lo cual indica que se ha conservado en un medio líquido, como agua de cal o disolución de salicilato sódico. Además, apreciaremos el color y la normalidad en el interior de la cámara, de manera que no tenga manchas ni crecimientos de un agente bacteriano o fúngico. Por último, tendremos en cuenta el olor que desprende la cámara, que debe ser normal.

□ Observación de la clara

La clara se analiza cascando el huevo y vertiéndolo en un plato; su consistencia será gelatinosa, y estará situada alrededor de la yema. Si la clara se extiende por el plato, a causa de su estado líquido, o se mezcla con la yema, es porque el huevo es viejo. Por supuesto, observamos la existencia de manchas de cualquier color, indicadoras de crecimientos bacterianos o fúngicos.

En la clara es posible determinar el **índice de albúmina** comparando con unos patrones fotográficos: cuanto menos extendida esté la clara, más calidad tendrá el huevo (Fig. 17.4).

□ Observación de la yema

La yema tiene que estar entera, con su membrana vitelina tensa y brillante, y será consistente cuando se presione suavemente con el dedo. El **índice de yema** es el cociente entre la altura y el diámetro de la yema, y se calcula con el interior del huevo cascado sobre una superficie lisa. Cuanto mayor sea la altura de la yema, es decir, cuanto más tienda a la esfericidad, más alta será calidad del huevo.

Por otra parte, con independencia de lo que se acaba de señalar, nos fijaremos en que no existan manchas de ningún tipo, con excepción de la engalladura.

En función de las alteraciones que haya, se distinguen huevos defectuosos o averiados.

17.3.3. Huevos defectuosos

Son defectuosos los huevos rotos, incluso, parcialmente, pero cuyas membranas permanecen intactas; aquellos que, sin estar exteriormente alterados, carecen del

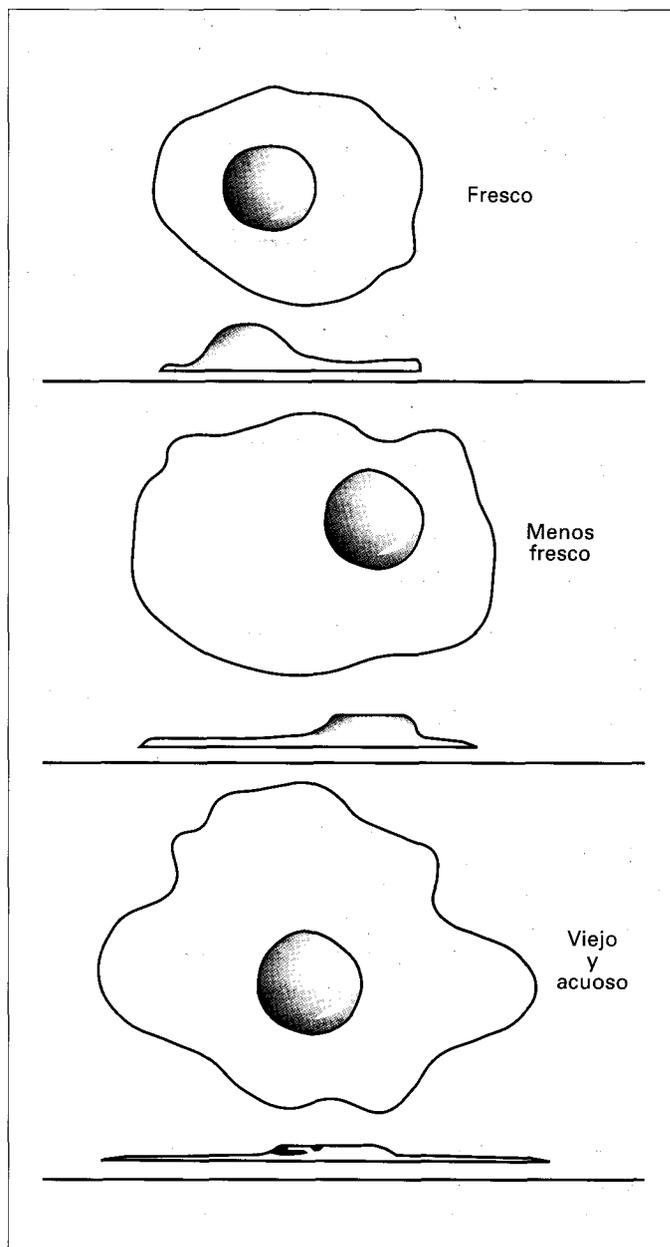


Figura 17.4. Aspectos que presentan los huevos frescos y los huevos envejecidos.

olor y sabor característicos; los que, al ovoscopio, muestran una sombra oscura; finalmente, los que tienen una cámara de aire con una altura superior a 12 mm.

17.3.4. Huevos averiados

Los huevos averiados proceden de gallináceas o palmípedas; son impropios para el consumo humano por concurrir en ellos alguna de las siguientes circunstancias:

- Tienen mal olor o sabor.
- Están contaminados por bacterias u hongos.
- Están podridos.

- Tienen la clara de color verdoso.
- Son sanguíneos o incubados.
- Su cámara de aire tiene más de 20 mm de altura y es muy movable.
- Han sido conservados mediante procedimientos no autorizados.

PARA SABER MÁS...

Un procedimiento tradicional para conocer el grado de frescura de un huevo consiste en comprobar su flotación en disolución de sal. Así, es posible averiguar, *grosso modo*, la edad del huevo.

Para ello, se prepara una disolución de sal y agua (12,5 gramos de sal por 100 gramos de agua) en la que se introduce el huevo: si se hunde, estamos ante un huevo del día; si queda flotando en el interior de la disolución sin llegar al fondo, se trata de un huevo de tres días; si va a la superficie, el huevo tiene más de cinco días.

17.4. Propiedades funcionales del huevo y de los ovoproductos

El huevo y sus derivados, además de su valor nutritivo, es de gran interés en la industria alimentaria por sus propiedades funcionales.

17.4.1. Poder coagulante del huevo

Las proteínas del huevo, tanto de la yema como de la clara, son responsables de los fenómenos de coagulación. El mecanismo consiste en una ruptura de las uniones intramoleculares, lo que origina una redistribución de las moléculas proteicas con formación de nuevos enlaces, y se pasa de una estructura tipo α a otra de tipo β plegada.

Este fenómeno se puede presentar bajo la acción de diferentes agentes físicos, como el calor o la acción mecánica, y de agentes químicos, como los iones inorgánicos o los metales pesados. Asimismo, depende de la relación tiempo-temperatura, ya que un sobrecalentamiento provoca coagulación con sinéresis, como ocurre, por ejemplo, en la preparación de flanes. La concentración de sales también es importante, pues una clara dializada no coagula.

Esta propiedad coagulante del huevo se busca especialmente, en las industrias de cocción, como la pastelería y la charcutería.

17.4.2. Poder anticristalizante y espumante de la clara de huevo

Al añadir una concentración más bien baja (3%) de clara de huevo a un producto rico en sacarosa se impide la recristalización de ésta evitándose el consiguiente efecto indeseable de una textura terrosa del producto.

En cuanto al poder espumante, su origen aún no se conoce bien; así, se han emitido hipótesis según las cuales algunas proteínas serían las responsables principales. Así, se debería a la lisozima la formación de espuma por batido, mientras que la ovomucina sería la responsable de su estabilidad por desnaturalización parcial mediante la acción mecánica del batido y la formación de una película protectora alrededor de las burbujas de aire.

Además, las globulinas, al rebajar la tensión superficial, favorecerían la formación de esta espuma y las proteínas coagulables por calor evitarían el aplastamiento de las burbujas durante la cocción. Esta propiedad se aprovecha en especial en la industria de repostería.

17.4.3. Poder emulsionante de la yema de huevo

Una emulsión es estable si contiene un agente tensioactivo que disminuya la tensión entre las fases o un agente espesante que aumente la viscosidad de la fase continua.

La yema de huevo es un agente tensioactivo por la presencia en su composición de fosfolípidos, especialmente, de lecitinas, que se encuentran como complejos lipoproteicos y de colesterol. Al mismo tiempo, su viscosidad confiere estabilidad a las emulsiones. Si a todo esto se añade la presencia en la emulsión de sal o azúcar, que reduce la cantidad de agua libre, el poder emulsionante aumenta.

Esta propiedad emulsionante es de amplio uso en la industria alimentaria: para preparar salsas, cremas, helados, etc.

17.5. Derivados de los huevos

El Código Alimentario Español, en su epígrafe 3.14.09, define los derivados de los huevos como "los productos constituidos total o parcialmente por huevos de gallina, desprovistos de cáscara, y destinados a servir como materia prima para la elaboración de productos alimentarios".

Existen ovoderivados de huevos de otras especies distintas a la gallina, lo que debe indicarse expresamente en la etiqueta identificativa.

Entre los ovoderivados, podemos distinguir estos grupos:

- **Derivados primarios**, formados por el huevo entero, sin cáscara, o por la clara y la yema aisladamente.
- **Derivados secos**, que se obtienen por deshidratación o desecación de un derivado primario.
- **Productos compuestos**, obtenidos a partir de un derivado primario o de un derivado seco, que se mezcla con otras sustancias; el producto final contendrá, como mínimo, un 50% de huevo.

Los ovoderivados tienen una enorme utilidad y aceptación en pastelería industrial y artesana, en servicios de *catering* y en comedores colectivos en los que se usan preparaciones culinarias en las que se incluye el huevo. Por supuesto, cualquier producto derivado del huevo ha sido sometido a pasteurización para que no exista ninguno de los riesgos de toxoinfecciones que presentan los huevos frescos.

17.5.1. Huevos congelados

Los huevos congelados son derivados primarios, procedentes de huevos frescos, refrigerados o defectuosos constituidos por huevo homogeneizado y colado. Estos huevos, previa pasteurización en estado líquido, se congelarán a temperaturas comprendidas entre -35°C y -40°C y se conservarán a temperaturas continuas, entre -18°C y -23°C . El huevo entero, batido y congelado, contendrá, como mínimo, un 25% de extracto seco, y la yema congelada, un mínimo de un 43%. Se podrá añadir a la yema sal o azúcares, hasta un máximo total de un 10% de la materia seca.

17.5.2. Huevos en polvo

Los huevos en polvo son derivados secos obtenidos al evaporar el agua de constitución del huevo mediante procedimientos técnicos autorizados. Su composición será la misma que la del residuo seco del huevo fresco; no contendrán más de 150.000 gérmenes por gramo –ningún patógeno– ni ninguna sustancia extraña a la composición natural del huevo, ni más de un 5% de humedad.

17.5.3. Yema de huevo deshidratada

Se trata de un derivado seco procedente de la yema, tras eliminar el agua. Ha de responder a las condiciones que se exigen al huevo en polvo.

17.5.4. Clara de huevo desecada

La clara de huevo desecada es un derivado seco obtenido de la clara por eliminación de agua. No contendrá

más de un 15% de humedad y responderá, además, a las condiciones que debe cumplir el huevo en polvo.

17.5.5. Cambios químicos durante el procesado de ovoproductos

□ Pasteurización

A una temperatura superior a 53°C , se altera la capacidad espumante de la clara y aumenta su viscosidad y turbidez. Los valores de temperatura, el pH y la presencia de diferentes iones, influyen en las alteraciones de las propiedades físicas de las proteínas de la clara. Sin embargo, se puede pasteurizar un huevo entero a temperaturas comprendidas entre 60°C y 63°C sin que haya cambios importantes en las propiedades físicas y funcionales.

□ Congelación de la yema

Si la yema se congela y almacena a menos de -6°C , la viscosidad del producto descongelado es muy superior a la de la yema original. Este cambio irreversible en su fluidez se denomina gelificación y altera sus características funcionales.

La velocidad y la medida de la gelificación dependen de la duración del almacenamiento y de la velocidad de congelación. Así, una congelación rápida, por ejemplo, en nitrógeno líquido, inhibe la gelificación, siempre y cuando la descongelación también suceda rápidamente.

Frente a este efecto, es posible utilizar sustancias protectoras antes de proceder a la congelación, como la sacarosa, la glucosa o la galactosa, las cuales, a concentraciones de un 10%, son eficaces agentes crioprotectores. También el NaCl previene la gelificación, aunque aumenta algo la viscosidad de la yema sin congelar. Evidentemente, las yemas tratadas con diversos crioprotectores deberán destinarse a la confección de distintos productos alimenticios, dulces o salados.

Por otra parte, la adición de enzimas proteolíticas como la tripsina o la papaína sirve para prevenir la gelificación, aunque presenta el inconveniente de que disminuye su poder emulsionante; por eso, de momento, no se aplica.

□ Ovoproductos deshidratados por atomización

Durante la atomización y posterior conservación del huevo completo se producen diferentes cambios físicos y químicos, como la reducción de su solubilidad o dispersabilidad, modificaciones en el color, el descenso de la capacidad de batir y el desarrollo de olores anómalos. La pérdida de su capacidad espumante se atribuye a la liberación de grasa libre en el proceso de atomización.

Un prolongado almacenamiento de huevo en polvo (treinta y cuatro meses a 27°C) origina el desarrollo de un color pardo y de olores anormales, que se atribuyen a la producción de reacciones de Maillard y a la oxidación de lípidos.

Sucedan fenómenos parecidos en la yema en polvo, si bien, al añadir sacarosa o jarabe de maíz (de un 5% a un 10%) antes de su atomización, se retrasa la aparición de pardeamientos y se mantiene algo su capacidad espumante que se pierde por la deshidratación del producto. Igualmente, al parecer este tipo de aditivos estabilizan el aroma.

Si la concentración de sacarosa añadida es mayor, aumenta la capacidad espumante de la yema reconstituida, pero se favorece la autooxidación de lípidos y el desarrollo gradual de un aroma desagradable.

Al parecer, las propiedades funcionales de la clara no se alteran apreciablemente durante su atomización, aunque en su almacenamiento se dan reacciones de pardeamiento y su solubilidad disminuye.

17.6. Determinaciones analíticas de control en huevos y ovoproductos

La preparación de muestra dependerá del estado físico de ésta; en líneas generales, cabe afirmar que las muestras líquidas se mezclan mediante batidora y las muestras en polvo se homogeneizan perfectamente.

17.6.1. Determinaciones en huevo

Las determinaciones básicas en huevo comprenden la determinación de cenizas, la humedad, el pH, el nitrógeno y la grasa; se utilizan los procedimientos ya comentados en anteriores unidades.

Se realizan dos determinaciones específicas: fósforo y colesterol.

□ Fósforo

Se incinera en mufla una muestra de 0,05 g la cual habrá sido previamente diluida con 5 ml de cloroformo, y se añaden 8 ml de potasa alcohólica al 4% y evaporada a sequedad en estufa a 105°C.

El residuo se diluye en 5 ml de ácido clorhídrico y se vuelve a evaporar a sequedad. El residuo se extrae con 10 ml de clorhídrico 1 M y se filtra por Whatmann n.º 54, lavándolo con agua destilada caliente. Se neutraliza con hidróxido sódico 1 M con fenolftaleína como indicador y se diluye con agua destilada a 100 ml.

En 5 ml de la solución se vierte 1 ml de sulfúrico 10 M, 1 ml de molibdato amónico al 2,5% y 1 ml de

solución de yoduro potásico al 20%, y se mantiene en baño de agua hirviendo durante quince minutos. A continuación se enfría en baño de hielo y se añade una cantidad de sulfito sódico al 0,5% que sea suficiente para hacer desaparecer el color del yodo. Se diluye a 50 ml y se mide por absorciometría la intensidad de color con cubeta de 1 cm y filtro Ilford 608, usando como blanco agua destilada.

El contenido en fósforo se calcula a partir de una curva de referencia previamente preparada. Una aplicación de esta determinación es el cálculo del contenido en lecitina, que se obtiene multiplicando el resultado por el factor 25,5.

□ Colesterol

Se obtiene la fracción insaponificable de la muestra mediante tratamiento con hidróxido potásico y ácido clorhídrico, y sucesivas extracciones con etanol y éter.

Para la determinación se añaden 0,2 ml de bromo y la mezcla se deja reposar en baño de hielo diez minutos. Se añaden 15 ml de acético al 80% y se deja otros diez minutos en hielo.

Se filtra en crisol de Gooch lavando con ácido acético enfriado con hielo. Se lava tres veces con agua helada. Se vuelve a lavar el filtro con 10 ml de alcohol, 20 ml de éter dietílico y 10 ml de etanol. Se añade 1 ml de hidróxido potásico y se evapora a sequedad. Se disuelve el residuo en 50 ml de agua y se neutraliza con ácido clorhídrico 6 M. Se añaden 10 g de cloruro sódico, 3 g de fosfato sódico y 20 ml de hipoclorito sódico. Se hierve, se retira del calor y se añaden 5 ml de formiato sódico al 50%. Se enfría rápidamente y se añaden 100 ml de agua, 5 ml de solución de yoduro potásico al 20%, dos gotas de solución de molibdato amónico al 5% y 25 ml de solución de ácido clorhídrico 6 M.

Esta solución se titula con tiosulfato sódico 0,02 M y con solución recién preparada de almidón al 1% como indicador.

Para calcular el colesterol, expresado en miligramos, se aplica esta fórmula:

$$\text{mg de colesterol} = 0,55 + 0,688 \times t$$

En ella, *t* es el título obtenido.

17.6.2. Determinaciones en ovoproductos

Además de las determinaciones indicadas para el huevo entero, es posible verificar los componentes sólidos de la yema de huevo. Para ello, se extrae a reflujo dos veces, durante dos horas, 10 g de muestra en Soxhlet usando 100 ml de metanol puro. Se combinan las dos fracciones obtenidas y se evaporan a sequedad. En el

residuo resultante se realiza una determinación de fósforo como ya se ha señalado y se aplica la siguiente relación:

Componentes sólidos de la yema de huevo = $P_2O_5 \times 56$

Huevo en polvo = componentes sólidos de la yema de huevo $\times 1,48$

17.7. Alteraciones y métodos de conservación de los huevos

El Código Alimentario Español establece una clasificación de las alteraciones de los huevos; sin embargo, esta clasificación no nos sirve para determinar el origen de la alteración y, en consecuencia, para solucionar problemas futuros.

Siguiendo el esquema ya utilizado en otras unidades de trabajo, basado en el proceso productivo y de transformación, podemos hablar de dos grandes grupos de alteraciones: aquellas cuya causa es anterior a la puesta y las que tienen su origen con posterioridad a ésta.

17.7.1. Alteraciones de causa anterior a la puesta

Hay tres casos principales:

- **Huevos sin cáscara:** en aves descalcificadas, con alimentación pobre en cal y falta de vitamina D. En ocasiones, se hace pasar las yemas de estos huevos por las de huevos que proceden de gallinas en el sacrificio.
- **Huevos con cáscara defectuosa:** se trata de cáscaras excesivamente granuladas o arrugadas, típicas de aves que han sufrido bronquitis.
- **Huevos hemorrágicos:** presentan manchas de sangre junto a la yema e, incluso, disueltas en la clara, así como en la cáscara. La causa son hemorragias en el oviducto.

17.7.2. Alteraciones de causa posterior a la puesta

Una gran parte de las alteraciones de los huevos son posteriores a su puesta. El manejo inadecuado en granjas, así como la comercialización va en detrimento de un alimento tan delicado como éste. Analicemos estas alteraciones en profundidad.

□ Alteraciones mecánicas y físicas

Dentro de ellas distinguimos los siguientes casos:

- **Huevos sucios:** generalmente, el origen de la suciedad está en los excrementos y en la suciedad propia de la granja.

- **Huevos cascados:** se cascan en la manipulación y en el transporte.
- **Huevos con olor desagradable:** este olor se debe a la proximidad de los huevos a materiales con fuerte olor, ya sea en la granja o en los lugares de almacenamiento.
- **Huevos mal conservados:** se refrigeran en zonas excesivamente frías, con lo cual, cuando la temperatura es inferior a -1°C , la cáscara se rompe.
- **Huevos empollados:** aparecen a causa de un calor excesivo.
- **Huevos envejecidos:** son consecuencia de la deshidratación de la cáscara por los poros. Presentan un aumento de densidad de la clara y del tamaño de la cámara de aire. No deben confundirse con los huevos viejos.
- **Huevos viejos:** en ellos se fluidifican la clara y la yema hasta fundirse. Esto es consecuencia de los procesos hidrolíticos propios de la putrefacción.

□ Alteraciones por microorganismos

La contaminación del interior del huevo por microorganismos es bastante frecuente, ya que, contrariamente a lo que se cree, los microorganismos penetran en él por los poros de la cáscara. La práctica del lavado de los huevos, que se hace en muchas granjas avícolas, acelera este proceso, ya que elimina la cutícula protectora que cierra los poros.

Inicialmente, los procesos alterativos ocasionados por microorganismos tienen lugar en el interior del huevo, de modo que en el exterior no podemos apreciar nada más que un típico ruido de bamboleo cuando los agitamos, el cual es consecuencia de la rotura de la cámara de aire. Cuando se cascan, estos huevos presentan distintas características de alteración que pueden ayudar a identificar el agente contaminante:

- **Putrefacción blanca,** causada por coliformes y *Micrococcus*.
- **Putrefacción roja,** causada por *Pseudomonas*.
- **Putrefacción verde,** causada por el bacilo piciánico.
- **Putrefacción negra,** causada por *Proteus melanogenes*.

A esto hay que añadir el típico olor a huevo podrido, cuyo origen está en la producción de anhídrido sulfuroso.

A medida que la putrefacción avanza, aparecen modificaciones en la cáscara, normalmente, aspectos jaspeados de distintas tonalidades grises o azuladas.

Por otra parte, se pueden producir también alteraciones fúngicas, ocasionadas por diferentes tipos de hongos y que se manifestarán sólo en la cáscara o en el interior del huevo:

- **Hongos que crecen en la cáscara:** como consecuencia de la humedad existente en los locales de almacenaje, surgen moteados verdosos de consistencia más o menos mucosa.
- **Hongos que crecen en el interior del huevo:** estos hongos atraviesan la cáscara formando colonias en el interior, concretamente, en la zona de la clara. Las colonias son verdosas si el contaminante es *Aspergillus*; azuladas en el caso de contaminación por *Penicillium*; grises cuando el contaminante es el *Mucor*. Al ovoscopio pueden verse manchas de diferentes tamaños.

17.7.3. Métodos de conservación

Se ha de distinguir entre la conservación que se hace por el frío, ya sea de forma industrial o doméstica, y la que se practica por métodos tradicionales.

□ Conservación por el frío

La acción del frío, en sus distintas modalidades, permite la conservación idónea de los huevos, así como también la regularización del mercado, manteniéndose los precios dentro de unos márgenes más o menos estrechos. El Código Alimentario Español especifica claramente los métodos de conservación:

- **Huevos refrigerados:** son huevos enteros que, durante un tiempo superior a quince días, sin exceder de treinta desde su puesta, se mantienen aislados del medio ambiente en cámaras frigoríficas o en locales con temperaturas que no superen los 4°C.
- **Huevos conservados:** son aquellos que han permanecido en cámara frigorífica a 0°C durante un período de tiempo superior a treinta días e inferior a seis meses.

┘ Conservación por métodos tradicionales

Todos los métodos tradicionales tienen como objetivo esterilizar, en la medida de lo posible, la cáscara del huevo y, además, taponar sus poros para que los posibles gérmenes contaminantes no penetren por ella. Algunos de los sistemas utilizados son los siguientes:

- **El método chino.** Consiste en pincelar toda la superficie de los huevos con una lechada de cal apagada, al 1%. Esta cal reacciona con el dióxido de carbono atmosférico, formando carbonato cálcico que tapa los poros.

- **Utilización de salicilato sódico o vidrio soluble.** Se trata de un método más moderno que el precedente que permite conservar los huevos durante meses en cuevas o locales fríos. El sistema es muy parecido al método chino: los huevos se sumergen en soluciones al 1%, pero tiene el inconveniente de que adquieren un cierto sabor jabonoso.
- **Adición de sal común.** Los huevos se introducen en disoluciones de salmuera (15 gramos de sal por litro de agua). Así se conservan más de un mes.
- **Otros métodos.** Existen muchas otras variantes de los sistemas anteriores, con resultados más o menos buenos: enterrar los huevos con sal seca y ceniza de madera, pincelar con bórax, alumbre o glicerina, etc.

17.8. Contaminación del huevo y protocolo de control microbiológico

Ya se ha señalado que los huevos frescos poseen numerosas medidas de defensa físicas y químicas que les permiten resistir la invasión microbiana. En ausencia de manipulaciones extraordinarias, las defensas naturales mantienen su eficacia a lo largo de la conservación y evitan el deterioro del producto.

No obstante, por sus características de composición nutricional, en los huevos los gérmenes pueden proliferar bastante; hay dos momentos en los que se pueden contaminar: antes y después de la puesta.

17.8.1. Contaminación antes de la puesta

Evidentemente, antes de la puesta, la contaminación, con microorganismos, patógenos o no, está ligada a su presencia en el aparato genital de la ponedora, lo que es difícil de evidenciar: no siempre la toma de muestras estériles del interior del huevo es fácil, ni las técnicas de esterilización de la cáscara eficaces, y el riesgo de contaminación a partir del aire siempre existe.

Diferentes estudios han puesto de manifiesto que casi una de cada dos ponedoras tiene el oviducto y el ovario contaminados con bacterias no patógenas, pertenecientes, por lo general, a los géneros *Lactobacillus* y *Micrococcus*. Estos huéspedes habituales de los genitales de las gallinas se encuentran raramente en los huevos y su función es poco importante en su alteración.

Es diferente lo que ocurre con algunos gérmenes que llegan al huevo en el curso de su formación: suelen

proceder de los alimentos que recibe el animal y transitan por la vía digestiva y sanguínea hasta el ovario; éste es el caso de las salmonelas patógenas para el ser humano. No obstante, esta transmisión transovárica necesita un elevadísimo nivel previo de contaminación de los alimentos. Al parecer, el origen más frecuente es el agua que se bebe. Gracias a los progresos que se han logrado en la cría y en la alimentación animal en la actualidad, el grado de infección por salmonelas en ponedoras es bajísimo.

Se han señalado otros gérmenes como responsables de contaminación de los huevos antes de la puesta, entre ellos, *Staphylococcus*, *Pasteurella*, *Listeria* y *Pseudomonas*, si bien se puede afirmar que el 80% se contamina tras la puesta.

17.8.2. Contaminación después de la puesta

En la cáscara de un huevo, la cantidad de microorganismos presentes puede variar de algunos cientos a varias decenas de millones, con una media de cien mil. Esta contaminación depende muy estrechamente de las condiciones de higiene de la cría; así, los huevos procedentes de granjas no industriales suelen estar mucho más contaminados que los de granjas industriales. Una parte importante de esta contaminación externa procede de las camas de los animales, de sus heces y del polvo del aire.

La flora que se encuentra suele estar constituida por G+, bastante resistente a las condiciones de sequedad que representa la superficie de la cáscara (Cuadro 17.7).

Cuadro 17.7. Microflora en huevos de gallina. (Según Bourgeois, C. M., Mesclé, J. F. y Zucca, J.: *Microbiología alimentaria*. Ed. Acribia. Zaragoza, 1994.)

Tipo de microorganismo	Frecuencia	
	Sobre la cáscara	En huevos podridos
<i>Micrococcus</i>	+++	+
<i>Achromobacter</i>	++	+
<i>Aerobacter</i>	++	-
<i>Alcaligenes</i>	++	+++
<i>Arthrobacter</i>	++	+
<i>Bacillus</i>	++	+
<i>Cytophaga</i>	++	+
<i>Escherichia</i>	++	+++
<i>Flavobacterium</i>	++	+
<i>Pseudomonas</i>	++	+++
<i>Staphylococcus</i>	++	-
<i>Aeromonas</i>	+	++
<i>Proteus</i>	+	+++
<i>Sarcina</i>	+	-
<i>Serratia</i>	+	-
<i>Streptococcus</i>	+	+

La contaminación depende de la limpieza de los lugares de puesta y de la manera en que los huevos son manipulados tras obtenerlos. Hay que tener en cuenta que la integridad de la cáscara es fundamental para asegurar la correcta conservación del huevo: si permanece intacta, la única posible vía de penetración de los microorganismos son los poros. En ambientes húmedos se pueden desarrollar en su superficie mohos que hidrolizan la cutícula, provocando un agrandamiento de los poros y facilitando la penetración de los gérmenes. Así pues, es fundamental que el embalaje utilizado para el transporte de los huevos contribuya a eliminar esta humedad, por lo que son preferibles los envases de cartón o celulosa a los de plástico.

17.8.3. Microbiología de los ovoproductos

En los ovoproductos han disminuido o se han destruido las principales defensas naturales del huevo; además, las fuentes de contaminación se multiplican: materiales, personal, medio ambiente, etc.

Los dos principales niveles de contaminación son el propio huevo y el ambiente. En cuanto al primero, contiene los gérmenes habituales de la cáscara y ésta se va a romper, facilitándose su contacto con las estructuras interiores. Para limitar esta contaminación los huevos se suelen lavar, desinfectar y secar antes de abrirlos. Desde

el punto de vista higiénico, las máquinas automáticas que realizan este proceso han permitido cierto progreso, en comparación con el procedimiento manual.

En otro nivel de contaminación, el ambiental, no plantea problemas específicos en comparación con los riesgos de otras industrias agroalimentarias; las posibles fuentes son el equipo, el aire y el agua; por tanto, las reglas generales de higiene –vigilancia del personal, limpieza y desinfección de locales y de material– son preferentemente válidas.

17.8.4. Protocolo de análisis microbiológico de huevos y derivados

La preparación de las muestras presenta ciertas características peculiares según el producto que se quiera analizar. Se debe seguir como norma general el uso de material estéril y la realización de las tomas extremando las medidas de asepsia. En los casos en que sea necesario analizar algún producto fresco sin cáscara y se prevea que este análisis se puede demorar más de veinte minutos, se aconseja congelar la muestra.

Los huevos enteros con cáscara se deben lavar y cepillar suavemente con agua jabonosa, aclarar y mantener en contacto con alcohol durante unos diez minutos. La extracción del huevo y la eventual separación de componentes se ha de hacer con material estéril.

En cuanto a productos congelados, se descongelarán en refrigeración, pero no más de dieciocho horas. Los productos líquidos y en polvo se homogeneizarán bien antes de hacer la toma de muestra. En todos los casos se procederá con material estéril y extremando las medidas de asepsia.

El protocolo de investigación microbiológica habitual comprende:

- Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
- Investigación y recuento de coliformes.
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella*.
- Recuento de mohos y levaduras.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1** Mediante las características y las técnicas analizadas en la unidad, así como con las prescritas en las RTS correspondientes, elaboración de un protocolo de inspección externa y de toma de muestras para inspección interna para valorar la calidad de huevos frescos.
- 2** Aplicación del protocolo diseñado en la actividad anterior a una muestra comercial del producto, examinando las discrepancias o coincidencias con la categoría comercial que se le atribuye.
- 3** Visita a una granja de ponedoras, haciendo un informe en el que se analicen las características de las instalaciones, las razas de animales, la alimentación y los controles de calidad efectuados.
- 4** Confección de cuadros-resumen sobre las propiedades nutricionales y antinutricionales fundamentales del huevo y sus derivados.
- 5** Elaboración de un protocolo de análisis físico-químico rápido para huevos enteros y ovoproductos y desarrollo sobre una muestra del producto elegido.
- 6** A partir de la información bibliográfica adecuada, recogida de datos sobre infecciones y toxii infecciones alimentarias, en un margen de tiempo dado, ocasionadas por huevos y ovoproductos, estudiando los alimentos responsables y los tipos de gérmenes identificados o presuntivos.
- 7** Realización de esquemas de protocolo de recuento, detección e identificación de microorganismos para huevos y ovoproductos.
- 8** Aplicación del protocolo correspondiente, a partir de los diseñados en la actividad anterior, al análisis microbiológico de una muestra del alimento.

**GRUPO DE
ALIMENTOS PREDOMINANTEMENTE
GRASOS**

PRESENTACIÓN

La cultura alimentaria de las sociedades occidentales, en las cuales la estética es un valor importante, ha transformado la cocina en el sentido de disminuir el consumo de grasas y desviar el que queda hacia grasas vegetales. A veces, quizá con demasiada frecuencia, se proponen al consumo productos *light*, casi totalmente exentos de grasa, habiendo sido política de las grandes industrias alimentarias fomentar este tipo de productos como la panacea de la salud y la estética. La información que se transmite al consumidor, a través de la publicidad directa, omite deliberadamente explicar la necesidad de las grasas no sólo como elementos plásticos y energéticos, sino también como vehículo de determinadas vitaminas que sólo pueden absorberse cuando se toman con grasa. Como en otros apartados de esta obra, lanzamos una llamada de atención al lector en el sentido de que valore personalmente los beneficios y riesgos del consumo de productos grasos, y forme su propio juicio al respecto. Nosotros apostamos por el necesario equilibrio, es decir, un consumo adecuado de grasas, que complementen nuestra dieta en las proporciones adecuadas.

Este Bloque Formativo, no obstante lo indicado, es el más corto de toda la obra pues en él nos ceñimos exclusivamente al análisis de aceites y grasas constituyendo éste un grupo de alimentos no tan amplio como otros de los tratados; además, la presencia de componentes grasos en otros alimentos ya queda reflejada en el estudio del grupo de alimentos correspondiente.

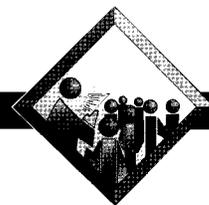
Comprende este Bloque una sola Unidad de Trabajo en la que, siguiendo el esquema ya utilizado en otras Unidades de Trabajo, se estudian las características fisicoquímicas y organolépticas de los aceites y grasas habituales de consumo, sus procedimientos generales de obtención, las alteraciones principales durante su almacenamiento y manipulación y las determinaciones generales de control de calidad.

Unidad temática

18. Grupo de alimentos predominantemente grasos

Objetivos didácticos

1. Sintetizar las características organolépticas, físico-químicas y bromatológicas principales de los alimentos del grupo.
2. Describir los procedimientos generales de obtención de los alimentos del grupo.
3. Caracterizar las principales modificaciones que durante los procesos de manipulación, almacenamiento o tratamiento tecnológico pueden sufrir los alimentos del grupo.
4. Fundamentar los procedimientos generales de control de calidad tanto físico-químicos como microbiológicos aplicables a los alimentos del grupo.



GRUPO DE ALIMENTOS PREDOMINANTEMENTE GRASOS

1. Características generales de aceites y grasas. 2. Tecnología de preparación de grasas y aceites. 3. Principales grasas y aceites usados en alimentación. 4. Determinaciones analíticas de control. 5. Características y control microbiológico. 6. Alteraciones durante la conservación y la manipulación.

18.1. Características generales de aceites y grasas

El Código Alimentario Español, en su epígrafe 3.16.01, define las grasas comestibles como... "los productos de origen animal o vegetal, cuyos constituyentes son los glicéridos naturales de los ácidos grasos, conteniendo como componentes menores otros lípidos".

La distinción entre aceites y grasas se basa en el estado físico que mantengan a 20°C de temperatura: los que tienen estado líquido a esta temperatura se denominan genéricamente aceites; los que presentan estado sólido son las grasas, sebos o mantecas.

18.1.1. Características químicas

Desde el punto de vista químico, podemos distinguir dos grandes grupos entre los aceites y las grasas: los lípidos saponificables, que son los lípidos neutros, los fosfolípidos y las ceras, con estructura de ésteres de los ácidos grasos con un polialcohol, el propanotriol o la glicerina; y los lípidos no saponificables, entre los que se

encuentran otros hidrocarburos, pigmentos y esteroides. Las grasas alimentarias están compuestas esencialmente por triglicéridos o grasas neutras; cada grasa o aceite natural contiene distintos triglicéridos y, de modo eventual, algún otro lípido, generalmente, en bajas proporciones.

Otra característica de las grasas alimentarias es la diferente composición en otros nutrientes (Cuadro 18.1). Así, por ejemplo, en aceites vegetales y animales, la presencia de agua es nula, mientras que en ciertas grasas animales se puede encontrar hasta un 8%, y en mantecas y margarinas, hasta el doble, un 16%.

RECUERDA...

En la Unidad de Trabajo 2 aparece una clasificación de los lípidos desde el punto de vista de su composición química. Igualmente, se hace referencia a su nomenclatura en función de la presencia de enlaces saturados o insaturados.

Los ácidos grasos naturales poseen un número par de átomos de carbono, producto del mecanismo de su

Cuadro 18.1. Composición promedio en porcentaje de grasas alimentarias.

	Mantequilla y margarina	Aceites vegetales y animales	Grasas animales
Lípidos	82	99,9	91 a 99
Proteínas	0,8	0	1
Glúcidos	0,8	0	0
Sales minerales	0,2	tr	tr
Agua	16	0	0,1 a 8

biosíntesis, que se inicia con un compuesto de dos átomos de carbono, la acetil-coenzima A. La cantidad final de átomos oscila entre cuatro, como el ácido butírico de la grasa láctea, y treinta y ocho como los que hay en algunas ceras.

Desde el punto de vista nutricional, hay que resaltar que los ácidos grasos esenciales, como el ácido linoleico, tienen el último doble enlace sobre el carbono n-6, y que sus dobles enlaces no están conjugados, sino dispuestos según el sistema que presenta el ácido malónico, de ahí que, para denominar esta disposición, se utilice su nombre: =CH-CH₂-CH=.

Los ácidos grasos y triglicéridos presentan amplias posibilidades de isomería. Cada ácido graso insaturado tiene isómeros de posición, con relación a su doble o dobles enlaces; isómeros de conjugación, cuando hay dos o más dobles enlaces; y estereoisómeros.

En cuanto a los triglicéridos, se debe señalar que existen isómeros de posición según las respectivas posi-

ciones de las cadenas de ácidos grasos R₁, R₂ y R₃ sobre las funciones del alcohol primario y secundario del glicerol. También pueden presentar enantiómeros, pues el carbono 2 del glicerol puede ser asimétrico.

Los ácidos grasos insaturados se localizan en la posición 2, al menos, en la mayor parte de los aceites vegetales. El ácido erúrico, del aceite de colza, es una excepción, pues casi siempre se encuentra en posición 3.

La manteca de cacao contiene más de un 60% de palmitil-1, oleil-2, esteril-3, glicerol. En la manteca de cerdo y en los aceites de pescado, los ácidos grasos insaturados generalmente están en posición 1 y 3; la manteca de cerdo contiene una elevada proporción de dioleil-1,3, palmitil-2, glicerol.

En el Cuadro 18.2 se indica la naturaleza y la proporción de los principales ácidos para algunos aceites y grasas y para cada una de las funciones alcohol del glicerol.

Cuadro 18.2. Posición sobre el glicerol de los principales ácidos grasos en diversos aceites y grasas. (Las cifras indican la proporción de ácido graso para cada posición.)

	Posición	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:5	C22:1
Oliva	1		13		72	10				
	2		1,4		83	14				
	3		17		74	5				
Cacahuete	1		14		59	18				
	2		1,6		58	39				
	3		11		57	10				
Soja	1		14		23	48	9			
	2		1		21	70	7			
	3		13		28	45	8			
Colza	1		4		23	11	6	16		35
	2		0,6		37	36	20	2		4
	3		4		17	4	3	17		51
Palma	1+3		66		27	5				
	2		18		59	19				
Coco	1+3	23	11		5	2	C12:0	32		
	2	10	1		4	1,1	79			
Sebo	1	4	41	17	20	4				
	2	9	17	9	41	5				
	3	1	22	24	37	5				
Manteca de cerdo	1	1	12	26	36	13				
	2	4	57	3	18	7				
	3	1	1	13	57	22				

El análisis de ácidos grasos que hay en un aceite o grasa se lleva a cabo por cromatografía en fase gaseosa, previa hidrólisis y saponificación por un álcali; después, los ácidos se transforman en derivados volátiles que se someten a cromatografía. Este método se completa con la determinación de diferentes índices químicos, como el de yodo, acidez, saponificación..., a través de los

cuales es posible identificar la mayoría de las materias grasas, así como ciertas adulteraciones.

Los isómeros de los distintos ácidos grasos se pueden diferenciar por sus espectros infrarrojos y ultravioleta y por separación cromatográfica en capa fina, en presencia de sales de plata.

18.1.2. Características físicas y organolépticas

Los lípidos cuentan con algunas propiedades físico-químicas de indudable repercusión sobre los alimentos que los contienen:

- Su insolubilidad en agua, que condiciona la existencia de numerosas emulsiones alimentarias.
- Su punto de fusión, relativamente bajo en la mayor parte de los casos, que implica un ablandamiento o licuefacción tras un calentamiento moderado.
- La plasticidad de muchos lípidos a la temperatura ordinaria, que explica la mayoría de las propiedades funcionales que confieren a los alimentos.

El punto de fusión de un triglicérido depende de distintos parámetros. Así, la presencia de ácidos grasos de cadena corta o de ácidos no saturados tiende a reducir el punto de fusión de la molécula y, en consecuencia, se encuentra en forma líquida a temperatura ambiente; esto explica que los aceites que habitualmente son líquidos tengan menos triglicéridos de ácidos grasos saturados que las grasas, que suelen ser sólidas.

Por otra parte, los isómeros de posición o geometría cis o trans de los enlaces, y la posición de los ácidos grasos con relación al glicerol, influyen en el punto de fusión de los triglicéridos.

No obstante, ya se ha indicado que las grasas y aceites naturales son una mezcla de triglicéridos y que, por tanto, nunca presentan un punto de fusión neto y sí una zona de fusión. Los triglicéridos con punto de fusión relativamente elevado suelen estar formados, a temperatura ambiente, por diferentes cristales sólidos en suspensión en triglicéridos líquidos. Esta presencia de sólidos en una fase líquida confiere a las grasas su plasticidad característica. Un lípido compuesto por un solo triglicérido a una determinada temperatura tendría que ser sólido o líquido.

Con frecuencia, cuando se determinan los puntos de fusión de las grasas o aceites, se observan anomalías, que se deben a fenómenos de subfusión, a solubilidad de algunos lípidos sólidos en lípidos líquidos y también a la característica de ciertos triglicéridos sólidos de posible existencia bajo diversas formas cristalinas, con un polimorfismo que se acompañan de puntos de fusión diferentes.

La forma cristalina que adopta una grasa depende de la temperatura de solidificación, pero, por lo general, una forma es más estable que las demás y acaba por imponerse en el equilibrio. No obstante, el número, el

tamaño y la forma de los cristales de los triglicéridos de una materia grasa también dependen de su velocidad de enfriamiento o cristalización, de su calentamiento o fusión, de la agitación molecular durante estas transformaciones y de las condiciones –tiempo, temperatura, etcétera– del almacenamiento final.

Por todo esto, es muy difícil establecer unas relaciones precisas entre la composición de las materias grasas y sus propiedades funcionales, como la aptitud de la manteca al untado o la textura quebradiza del cacao a temperatura ambiente, pero fundente a la temperatura de la boca.

Además de los lípidos neutros, hay que tener en cuenta los fosfolípidos, que están, especialmente, en las membranas externas o internas de las células. Desde el punto de vista de la tecnología alimentaria son muy interesantes, dado su poder tensioactivo y emulsionante del carácter anfipático de sus moléculas. Como ya se ha señalado en la Unidad 17, la lecitina de la yema de huevo y la lecitina de la soja son los fosfolípidos más utilizados en esta industria.

En cuanto a las características organolépticas, se ha de señalar que los aceites deben tener un aspecto limpio y transparente, sin impurezas, y con el color, olor y sabor típicos del aceite de que se trate (oliva, girasol, maíz, etc.). Las grasas, con excepción de las margarinas, serán claras y de aspecto limpio, con el suficiente grado de transparencia a la luz. El color, olor y sabor también los propios de la grasa en cuestión.

18.2. Tecnología de preparación de grasas y aceites

Los métodos que se aplican para obtener aceites y grasas están en función de la materia prima: para las grasas animales, las materias primas son los panículos adiposos obtenidos del matadero o de las salas de despiece; para los aceites vegetales, las semillas y los frutos correspondientes.

18.2.1. Obtención de grasas animales

En general, el procedimiento utilizado es el calentamiento de los tejidos del animal ricos en grasas, como los panículos adiposos o los residuos de matadero. La grasa fundida se separa por centrifugado de la masa calentada.

El calentamiento se puede hacer bajo chorro de vapor o en seco, bajo vacío. En cualquier caso, se procura obtener a temperatura relativamente baja, por debajo de 80°C, para conseguir una grasa de poca alteración, que repercutiría en su color y sabor.

18.2.2. Obtención de aceites y grasas vegetales

En la mayoría de los casos, la extracción se realiza mediante presión, seguida, a veces, de una segunda extracción en el residuo por disolventes. No obstante, dada la gran diversidad de productos vegetales susceptibles de extracción, el proceso de presión puede ir precedido de algún tratamiento mecánico para eliminar materias extrañas o para facilitar el descascarado y la rotura celular, aumentándose, así, el rendimiento del proceso.

La eliminación de elementos extraños puede consistir en una limpieza por corriente de aire, en un cribado, en un tratamiento sobre tamices vibratorios o en una clasificación por densidad en agua o salmuera. Luego, se desgrana, descorteza y fragmenta por abrasión, al tiempo que se eliminan las partes no utilizables.

En algunos casos, antes o después del triturado se aplica un tratamiento con vapor, entre 70°C y 130°C, para hacer estallar las células y, de este modo, liberar fácilmente el aceite, hacerlo más fluido y destruir algunas sustancias indeseables, como el gopiol en el aceite de semilla de algodón; con estos tratamientos se incrementa el rendimiento pero la calidad desciende.

Los aceites de oliva vírgenes se obtienen exclusivamente por presión en frío, sin ninguna otra operación que las de decantación, centrifugación, filtración y desaireación; en cambio, para las otras calidades de aceite de oliva, carentes de la calificación de virgen, sí se admiten algunas operaciones de purificación.

En el aceite de oliva aún se utilizan los molinos tradicionales, pero para el resto de productos oleaginosos se emplean prensas hidráulicas o prensas continuas a tornillo, de alta o baja presión. Si se trabaja a baja presión resulta un aceite de mejor calidad, pero con 2/3 de rendimiento.

Incluso después de una extracción con alta presión, en los residuos queda alrededor de un 5% de aceite; estos residuos se consideran normales para el cacahuate, el girasol y la colza; no obstante, lo más frecuente es que la extracción mecánica vaya seguida de otra extracción en frío con un disolvente orgánico. Para esta segunda extracción, el residuo se tritura, seca, trocea y somete a una extracción por percolación, habitualmente, contracorriente. La mezcla de disolvente y aceite se separa por destilación y el disolvente se recupera y reutiliza. Uno de los disolventes más usados para este proceso es el hexano que, aunque inflamable, es menos tóxico que otros. Este tipo de extracción por disolvente necesita instalaciones complejas y costosas que raramente sirven para más de dos tipos de aceite a la vez.

Por otra parte, algunas de las semillas se tratan directamente con disolventes sin una extracción previa

por prensado. Esta extracción elimina aromas del aceite, por lo que no se utiliza para el aceite de oliva.

El residuo final o **torta** se seca para eliminar el exceso de disolvente y, si es preciso, se detoxifica por calentamiento; generalmente, al final, el contenido en aceite es inferior a un 1% (Fig. 18.1).

Estas tortas se emplean en la alimentación animal y, con ciertos procesos especiales de manipulación, para preparar concentrados proteicos cada vez más utilizados en nutrición humana. Estos productos, relativamente baratos, pueden mezclarse con harinas o carnes o usarse para el enriquecimiento proteico de pan, galletas, pastas alimenticias, salchichas, patés, etc. También admiten un "texturizado" por extrusión e hilado y, tras aromatizar y colorear, sustituir a la carne.

18.2.3. Purificación de aceites

Una vez obtenidos por presión o extracción, los aceites contienen entre un 10% y un 15% de impurezas –especialmente, ácidos grasos libres y fosfolípidos– que deben ser eliminadas mediante procedimientos de purificación que se suelen efectuar de forma continua.

❑ Eliminación de mucílagos

Este proceso consiste en un tratamiento mediante agua caliente y ácido fosfórico que insolubiliza los fosfolípidos y distintas materias coloidales residuales, como lecitinas, polisacáridos, goma o resinas. Las dos fases obtenidas se separan más tarde por centrifugación.

❑ Neutralización, refinado o saponificación

Los aceites en bruto contienen ácidos grasos libres con una acidez original de un 4% a un 8%, lo que implica que el riesgo de alteración rápida es elevado. Para eliminarlos, los aceites se tratan con sosa o potasa en caliente. Los ácidos grasos libres precipitan en forma de jabones y se pueden eliminar por decantación o centrifugación. Además, en la fase acuosa alcalina también se pueden eliminar otras impurezas, como proteínas, fosfolípidos y sales minerales.

❑ Decoloración

Esta fase tiene como finalidad eliminar la clorofila y los pigmentos carotenoides, para lo cual se utilizan procedimientos previos, en caliente o en frío, con deshidratación o sin ella; luego, el aceite se trata con carbón activo, bentonita u otro absorbente antes de su filtrado. La técnica, además, hace desaparecer peróxidos y gran parte de las trazas de metales. Algunas veces, esta fase se omite en aceites destinados a frituras o a la preparación de salsas.

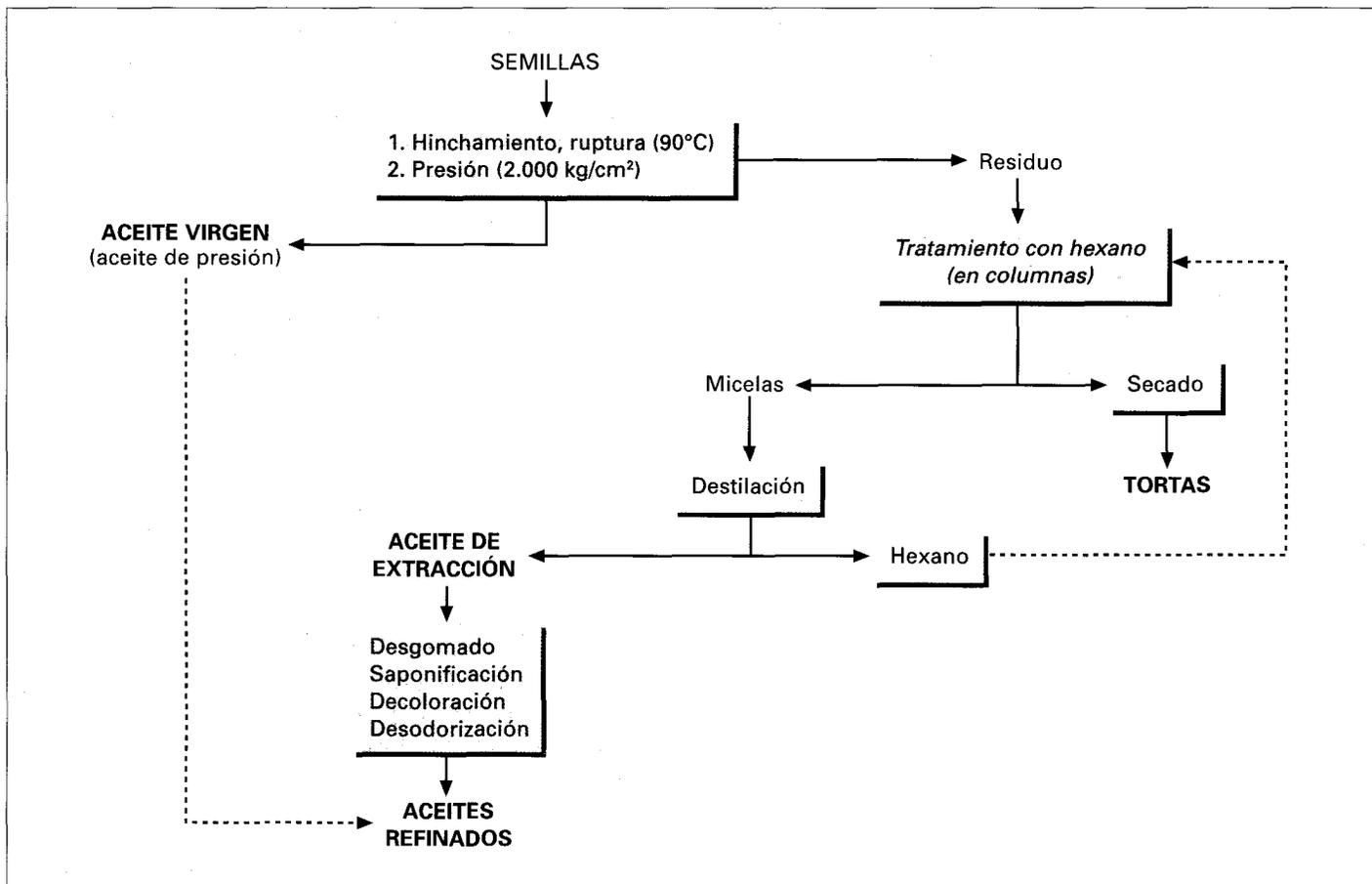


Figura 18.1. Procesamiento de la semilla de colza para la obtención de aceite.

❑ Desmargarinado

Esta operación, también llamada cristalización fraccionada, filtrado en frío o *winterizado*, consiste en hacer cristalizar a baja temperatura y eliminar después, por filtrado o centrifugado, los triglicéridos de punto de fusión relativamente alto que podrían cristalizar durante el almacenamiento del aceite.

Con esta técnica se tratan los aceites de girasol y de maíz; el aceite de palma, muy rico en triglicéridos saturados, también se somete a esta operación, que entonces se denomina desaturación. Es necesario aplicarla en aceites destinados a confeccionar mayonesas, en las que una cristalización puede romper la emulsión.

❑ Desodorización

La desodorización consiste en eliminar algunas sustancias que producen olores desagradables, como los aldehídos y las cetonas, o restos de ácidos grasos libres muy sensibles a la oxidación.

Se hace por destilación al vacío y con un ligero arrastre de vapor. Generalmente, se realiza de forma continua, después de la hidrogenación, si es que ésta se lleva a cabo. Se debe trabajar a temperaturas inferiores

a 200°C para evitar calentamientos prolongados que pueden originar polimerización. Es indispensable la ausencia de aire; algunas veces, se añaden antioxidantes. Tras el proceso, el aceite se tiene que secar para evitar la hidrólisis de triglicéridos; el aceite se suele colocar en ausencia de aire o bajo nitrógeno.

18.2.4. Tratamientos de modificación

Existen dos tratamientos que modifican la estructura química de los aceites; la hidrogenación y la transesterificación.

❑ Hidrogenación

Este tratamiento consiste en la saturación, mediante hidrógeno, de todos o de parte de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados.

Cabe hablar de dos tipos de hidrogenaciones, con aplicaciones distintas:

- **Hidrogenación selectiva:** con ella se pretende reducir el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en algunos aceites vegetales, de forma que se aumente su estabilidad frente a la oxidación.

El procedimiento se aplica a aceites especialmente sensibles a la oxidación y al calor y que contienen un porcentaje relativamente elevado de ácido linolénico, como los aceites de soja o de colza.

El tratamiento causa una cierta isomerización de los ácidos grasos insaturados y favorece la formación de isómeros trans y de posición. La elección de las condiciones adecuadas para operar (catalizadores, temperatura, presión, etc.) permite eliminar la producción de isómeros.

- **Hidrogenación no selectiva:** se tiende a saturar todos o una elevada proporción de ácidos grasos insaturados; así se obtienen grasas con un punto de fusión alto y, por tanto, sólidas o semisólidas a temperatura ambiente. Puesto que, además, también se producen isómeros, se favorece por la aparición de isómeros trans. Es un paso obligado en la fabricación de margarinas o de grasas emulsionables.

En la hidrogenación se trabaja de forma discontinua, haciendo pasar hidrógeno muy puro por el aceite, el cual se mantiene a una temperatura superior a 100°C, en presencia de un catalizador que suele ser níquel, cobre o paladio. Generalmente, la hidrogenación selectiva se hace a una temperatura elevada, durante un corto período de tiempo y a alta presión; para la no selectiva, la temperatura y la presión son inferiores, pero el tiempo y la cantidad de catalizador son mayores.

Tras la hidrogenación, el aceite se centrifuga y filtra, recuperándose, así, el catalizador; luego, el aceite se refina y decolora. Aunque la hidrogenación estabiliza la materia grasa frente a la oxidación y modifica su comportamiento respecto a la cristalización, también hace que decrezca su valor nutritivo, a causa de las transformaciones producidas en una parte o en la totalidad del ácido linoleico y de los carotenoides que pudieran estar presentes. Además, es posible que el uso metabólico de los diferentes isómeros que se pueden generar desde los ácidos linoleico y oleico planteen problemas.

□ **Transesterificación**

Con la transesterificación se pretende modificar la estructura de los triglicéridos de la materia grasa mediante una reorganización intra e intermolecular de los ácidos grasos sobre el glicerol. Esta reordenación se puede realizar sobre una única materia grasa o sobre mezclas, por lo que las posibilidades de combinación son muchas.

Como la redistribución de las cadenas de ácidos grasos sobre las tres funciones hidroxilo del glicerol suceden según una ley estadística, es posible prever la composición en diferentes triglicéridos de la mezcla

final en equilibrio. Éste es el resultado al que se llega cuando se realiza una **transesterificación al azar**.

Con esta técnica se preparan margarinas con aceite de girasol y de palma totalmente hidrogenados, aceite que tiene la ventaja de carecer de ácidos grasos trans.

Por otra parte, se puede realizar una **transesterificación dirigida** –con menos aplicaciones–, haciendo disminuir la temperatura para favorecer el cambio de estado líquido a sólido. Así se cambia el equilibrio en la fase líquida y, poco a poco, se consigue la mezcla deseada. Este tipo de tratamiento permite obtener, por ejemplo, a partir de la manteca de cerdo, grasa emulsificable para preparar helados y productos de confitería.

18.3. Principales grasas y aceites usados en alimentación

18.3.1. Aceite de oliva

El aceite de oliva constituye uno de los pilares fundamentales en la dieta mediterránea. Durante las décadas de los años sesenta y setenta su uso se sustituyó por el aceite de girasol, pues se creía que conllevaba un mayor riesgo cardiovascular. Por fortuna, las investigaciones nutricionales al respecto han demostrado justamente todo lo contrario. A partir de 1994 en España descendió bastante el consumo de aceite de oliva, a causa del elevado precio que alcanzó debido a una mala cosecha. Actualmente, y a pesar de que su precio es más alto que el del aceite de girasol, se encuentra dentro de lo que los consumidores pueden pagar, razón por lo que se ha incrementado su consumo.

Desde el punto de vista organoléptico, el aceite de oliva es un líquido oleoso que se extrae de los frutos maduros del olivo, *Olea europea*. Debemos exigir de él un aspecto limpio y transparente, con olor y sabor característicos. El color es variable: oscila desde el amarillo hasta el verdoso. La extracción se hace siempre en frío mediante procedimientos mecánicos de prensado, y no puede haber más manipulaciones que las de sedimentación, centrifugación y filtración.

En el momento de la extracción se obtiene el aceite virgen de oliva, y se diferencia entre:

- Extra, con todas sus características de sabor y una acidez inferior a 1°.
- Fino, con las mismas cualidades que el anterior, pero la acidez puede llegar hasta 1,5°.

Sólo algunos consumidores usan aceite de oliva virgen; lo habitual es que prefieran sabores más suaves, que son los que resultan de someter el aceite de oliva a diferentes procesos de refinado. Con la denominación **aceite de oliva**, simplemente se hace referencia a un

aceite constituido por la mezcla de aceite de oliva virgen y aceite de oliva refinado, con una acidez no superior a 1,5°. Las preferencias del consumidor se sitúan en aceites con un grado de acidez aproximado de 0,4°.

Del orujo que queda al obtener el aceite se puede extraer, por medio de disolventes, el **aceite de orujo de oliva**, que se somete a un posterior refinado. Su precio es sensiblemente inferior, así como su calidad, aunque en nuestro país se comercializa y se consume.

Además, hay que considerar otras dos calidades:

- Corriente, aceite que tienen buen sabor, pero su acidez puede llegar al 3%.
- Lampante, si el sabor es defectuoso o la acidez supera el 3%.

Lo que define al aceite de oliva frente a otros aceites es su riqueza en ácido oleico, si bien desde el punto de vista nutricional, también tiene cantidades suficientes de los ácidos grasos esenciales linoleico y linolénico. Por lo demás, en su fracción insaponificable hay diversos componentes de elevado interés nutricional, como la provitamina A, en forma de β -carotenos; compuestos con actividad de vitamina E, como α -tocoferol; y compuestos fenólicos con acción antioxidante.

18.3.2. Aceites de semillas oleaginosas

Existen diferentes semillas de las cuales se obtiene aceite para uso alimentario. Unas veces, este aceite se usa directamente en la cocina; otras, se destina a industrias de refinado en las que se preparan diversos productos para pastelería industrial, industrias del cacao, etcétera. Muchos de estos aceites son ricos en ácidos poliinsaturados, siendo el principal representante el ácido linoleico. A continuación, nos ocuparemos de estos aceites de semillas.

□ **Aceite de girasol**

Después del aceite de oliva, el de girasol es el que más se consume. Procede de las semillas del girasol cultivado y debe someterse a refinado completo antes de destinarse al consumo. Carece casi totalmente de ácido linolénico y contiene un 22% de ácido oleico y un 14% de ácidos grasos saturados. Es muy sensible al deterioro por la luz y la oxidación.

□ **Aceite de soja**

Este aceite procede de la semilla de la soja, y también debe ser sometido a un proceso de refinado. No suele utilizarse en las cocinas de nuestros hogares. Contiene un 50% de ácido linoleico, un 24% de ácido oleico y un 15% de ácidos grasos saturados. Es muy sensible al calentamiento, por lo que ha de usarse en frío.

□ **Aceite de cacahuete**

Puede consumirse virgen o refinado. En España no está extendido, aunque en otras regiones, como Estados Unidos, se utiliza para confeccionar derivados, como la manteca de cacahuete. Contiene de un 40% a un 60% de ácido oleico, de un 20% a un 40% de ácido linoleico y alrededor de un 20% de ácidos grasos saturados; la presencia de ácido linolénico es mínima o inexistente. Su composición en ácidos grasos le confiere una cierta estabilidad al calor, por lo que se puede emplear en frituras, pero teniendo en cuenta que se oxida y polimeriza fácilmente con calentamientos repetidos.

□ **Aceite de maíz**

El aceite de germen de maíz es una buena fuente de ácido linoleico (de un 50% a un 60%), aunque contiene muy poco ácido linolénico (de un 1% a un 2%); también contiene un 30% de ácido oleico y un 14% de ácidos grasos saturados. Desde el punto de vista nutricional, el aceite de maíz es un aceite tan interesante como el de girasol o el de soja.

□ **Aceite de colza**

La colza es una planta de flor amarilla que produce frutos que contienen múltiples semillas. Cada una de estas semillas está compuesta por un 40% de lípidos y por una buena cantidad de proteínas, un 25%.

El aceite obtenido del grano de la colza, además de los ácidos palmítico, oleico y linoleico, presenta dos ácidos grasos particulares poco extendidos en la naturaleza: el ácido erúxico, que supone casi el 45% de todos los ácidos grasos y el ácido gadoleico. El primero ha sido relacionado con alteraciones en animales de experimentación a largo plazo, en el miocardio y los músculos. Aunque en el ser humano no se han demostrado, las especies destinadas al consumo humano tienen bajas tasas de ácido erúxico.

Desde el punto de vista tecnológico, el aceite de colza es comparable al de cacahuete.

□ **Aceite de uva**

El aceite de las semillas de la uva es nutricionalmente interesante por su riqueza en ácido linoleico (un 70%) y por su baja concentración en ácidos grasos saturados (aproximadamente, un 7%); no obstante, su producción y comercialización son muy limitadas.

□ **Aceite de algodón**

El aceite procede de semillas de algodón y debe ser sometido a refinación completa. En España no tiene uso doméstico, a pesar de que tiene un contenido en ácido linoleico nada desdeñable: un 44%.

Los estudios nutricionales más importantes sobre el aceite de oliva como grasa dietética comenzaron en la década de los ochenta y se han desarrollado especialmente en los últimos años. Estos trabajos han demostrado una serie de efectos beneficiosos del aceite de oliva sobre distintos aparatos y sistemas orgánicos.

Por otra parte, presenta efectos fisiológicos respecto a las enfermedades cardiovasculares semejantes a los de aceites de semillas. Así, las dietas ricas en aceite de oliva disminuyen los niveles de colesterol plasmático, tanto total como el unido a la lipoproteína de baja densidad (LDL-Colesterol), que es aterógena, y mantienen –en algún caso, elevan–, los niveles de HDL-Colesterol, que es una lipoproteína considerada antiaterogénica.

Por otra parte, las dietas ricas en ácidos grasos monoinsaturados, como el aceite de oliva, favorecen la formación de compuestos eicosanoides, que son los precursores de sustancias antiagregantes y vasodilatadoras.

Asimismo, en los últimos años se han señalado propiedades beneficiosas de una dieta rica en grasa monoinsaturada para el tratamiento de enfermos diabéticos. Con estas dietas se disminuyen los niveles de glucosa en sangre y las dosis necesarias diarias de insulina. Además, mejora el perfil lipídico general en estos pacientes que,

18.3.3. Otros aceites y grasas vegetales

Su origen está en diversos frutos y semillas vegetales. Mencionaremos las principales.

□ Aceite de coco, palma y palmiste

El aceite de coco, con frecuencia denominado aceite de copra, se extrae de la nuez del cocotero. Por su parte, el aceite de palma procede de la pulpa del fruto de la palmera (*Elaeis guineensis-L*). Este aceite tiene un marcado color rojizo, dada la cantidad de carotenos que contiene. No debe confundirse con el aceite o la grasa de palmiste, que se obtiene de la semilla de la palmera, de color amarillo claro y con una composición más cercana a la del aceite de coco.

No obstante, estos tres aceites tienen en común su riqueza en grasa saturada (de un 50% a un 60%). Actualmente se usan mucho en los productos de bollería y pastelería industrial por sus características tecnológicas, como su resistencia a los recalentamientos. El principal inconveniente que presentan es que son especialmente aterogénicos a causa de su riqueza en ácidos láurico, mirístico y palmítico, superando, en este caso, a la grasa animal.

□ Manteca de cacao

La manteca de cacao se obtiene por presión del cacao descascarillado o de la pasta de cacao. Se emplea,

como es sabido, constituyen un grupo de alto riesgo para el desarrollo de patología cardiovascular. Incluso, algunos trabajos han puesto de manifiesto la importancia de una dieta rica en ácido oleico para la disminución de la presión arterial, sistólica y diastólica.

Desde el punto de vista digestivo el aceite de oliva también ofrece ventajas; así, por ejemplo, disminuye la secreción ácida gástrica cuando entra en el intestino delgado, con la consiguiente importancia para patologías como el úlcus. Igualmente, en animales de experimentación se ha demostrado que las dietas ricas en aceite de oliva producen una menor actividad secretora del páncreas sin que se altere la digestión ni la absorción de nutrientes.

Además, estudios epidemiológicos han puesto de manifiesto que en áreas donde se consume bastante aceite de oliva, la incidencia de cálculos biliares es menor que en otras zonas; este hecho se ha relacionado con un mejor vaciamiento de la vesícula biliar inducido por el aceite de oliva. A esto hay que añadir que, algunos autores han encontrado que el consumo de ácido oleico mejora la absorción intestinal del resto de nutrientes. Finalmente, el riesgo de generación de productos de oxidación, que al incorporarse a las membranas celulares pueden ocasionar daños, en el aceite de oliva es más bajo que en otras grasas con ácidos poliinsaturados.

sobre todo, para elaborar las barras de manteca de cacao cuya aplicación fundamental son productos de confitería y repostería, para fabricar el chocolate o como aromatizante.

18.3.4. Grasas animales

Entre las grasas animales, hay que mencionar tres: la mantquilla, la manteca de cerdo y los sebos alimenticios.

□ Mantquilla

La mantquilla es la grasa animal que más se consume, aunque actualmente, en la mayoría de los hogares, se usa la margarina. En el Bloque Formativo 2 se han tratado en profundidad las principales características de este derivado lácteo; aquí nos limitaremos a recordarlas brevemente.

Según el Código Alimentario Español (epígrafe 3.15.19), la mantquilla es “el producto graso obtenido por procedimiento mecánico de la leche o nata higienizada”; este procedimiento mecánico es un intenso batido. La mantquilla ha de reunir las siguientes condiciones:

- Tener consistencia sólida y homogénea.
- Color amarillo más o menos intenso.
- Olor y sabor característicos.

- Extracto seco magro del 2% como máximo.
- Materia grasa del 80% como mínimo, con características de la leche o nata de procedencia.
- Prueba de la fosfatasa negativa.

La mantequilla puede elaborarse a partir de nata ácida o de nata dulce; la nata ácida es la que mejor se conserva y la que prefieren los consumidores.

Son varios los tipos de mantequilla que se comercializan:

- **Mantequilla**, procedente de la leche de vaca.
- **Mantequilla de oveja y de cabra**, obtenida de leche de oveja o de cabra.
- **Grasa de mantequilla deshidratada**, que resulta de eliminar el agua y el extracto seco magro. En este caso, el porcentaje de grasa se eleva a un 99,3%, la humedad se reduce hasta un 0,5% y el extracto seco máximo no supera un 0,2%.
- **Mantequilla salada**, que es mantequilla a la que se añade sal en polvo, a razón de un 5% de su peso. La humedad no debe superar un 16%, ni el extracto seco, un 2%; la grasa debe ser, como mínimo, de un 80%.
- **Mantequilla de suero**, que se obtiene de la materia grasa que queda en el suero resultante de la elaboración de los quesos. Debe reunir las mismas características que la mantequilla.

□ **Manteca de cerdo**

La manteca de cerdo procede de los acumulos grasos del cerdo; en España se usa bastante como grasa de cobertura de asados. Tiene color blanco, con una cierta transparencia a la luz, es blanda y untuosa y su olor es característico. Tiene las siguientes presentaciones:

- **En rama o en pella**; se trata de la grasa obtenida de los tejidos grasos, limpios y sanos, del cerdo, sin restos de huesos, piel, órganos, vasos sanguíneos grandes, tejido muscular, ni sangre.
- **Manteca fundida**; en esta presentación, la manteca se ha sometido a una temperatura de 80°C para, posteriormente, enfriarla y darle forma en moldes apropiados. Puede contener grasa de huesos limpios, piel y otros tejidos.
- **Manteca al vapor**, extraída de los recortes del matadero, que se someten a la acción del vapor, de modo que la manteca se funde y puede ser extraída.

□ **Sebos alimenticios**

Los sebos proceden de la grasa del ganado vacuno y de ovejas. Se suele distinguir entre los **primeros jugos** y los **sebos comestibles**. Los primeros jugos se obtienen por fusión, con calentamiento suave, de la grasa del corazón, las membranas, la cobertura de riñones y los mesenterios. Los sebos comestibles resultan de la fusión de músculos, huesos y grasas de recortes de animales bovinos u ovinos.

18.3.5. Margarinas y grasas emulsionables

Las margarinas, cuya aparición se remonta a finales del siglo pasado, en un principio se preparaban con grasas de origen animal emulsionadas con agua y leche o nata. Posteriormente, las grasas vegetales, como la de palma o palmiste, pasaron a desempeñar una función importante en su formulación. En la actualidad, estos productos se obtienen de una gran variedad de materias grasas, desde aceites hidrogenados de pescado hasta aceites vegetales más o menos hidrogenados.

□ **Obtención de margarinas**

Los lípidos que se van a utilizar se calientan hasta una temperatura próxima a 40°C y se mezclan en las proporciones deseadas. La emulsión se consigue mediante un proceso de agitado mecánico enérgico de la fase lipídica con una fase acuosa, que frecuentemente es leche acidificada por bacterias lácticas y más o menos diluida con agua.

Las propiedades funcionales de plasticidad y extensibilidad requieren la presencia de cierta proporción de lípidos en estado sólido. La textura se mejora si se realiza una etapa de solidificación-amasado, que permite la formación de cristales pequeños y uniformes de triglicéridos.

En la actualidad se utilizan sistemas de fabricación que permiten realizar de forma continua los procesos de mezcla, emulsión, enfriamiento-cristalización y amasado (Fig. 18.2).

Al producto resultante se suelen añadir agentes emulsionantes y estabilizantes como mono o diglicéridos y lecitina. A estos auxiliares de fabricación se pueden añadir otros aditivos, como conservantes antimicrobianos, cloruro sódico o ácido sórbico, antioxidantes, colorantes liposolubles y aromas como ácidos butírico y caproico o diacetilo, vitaminas, etc.

□ **Composición y tipos**

Las **margarinas para uso doméstico** deben ser suficientemente firmes a 20°C, fácilmente extensibles y con

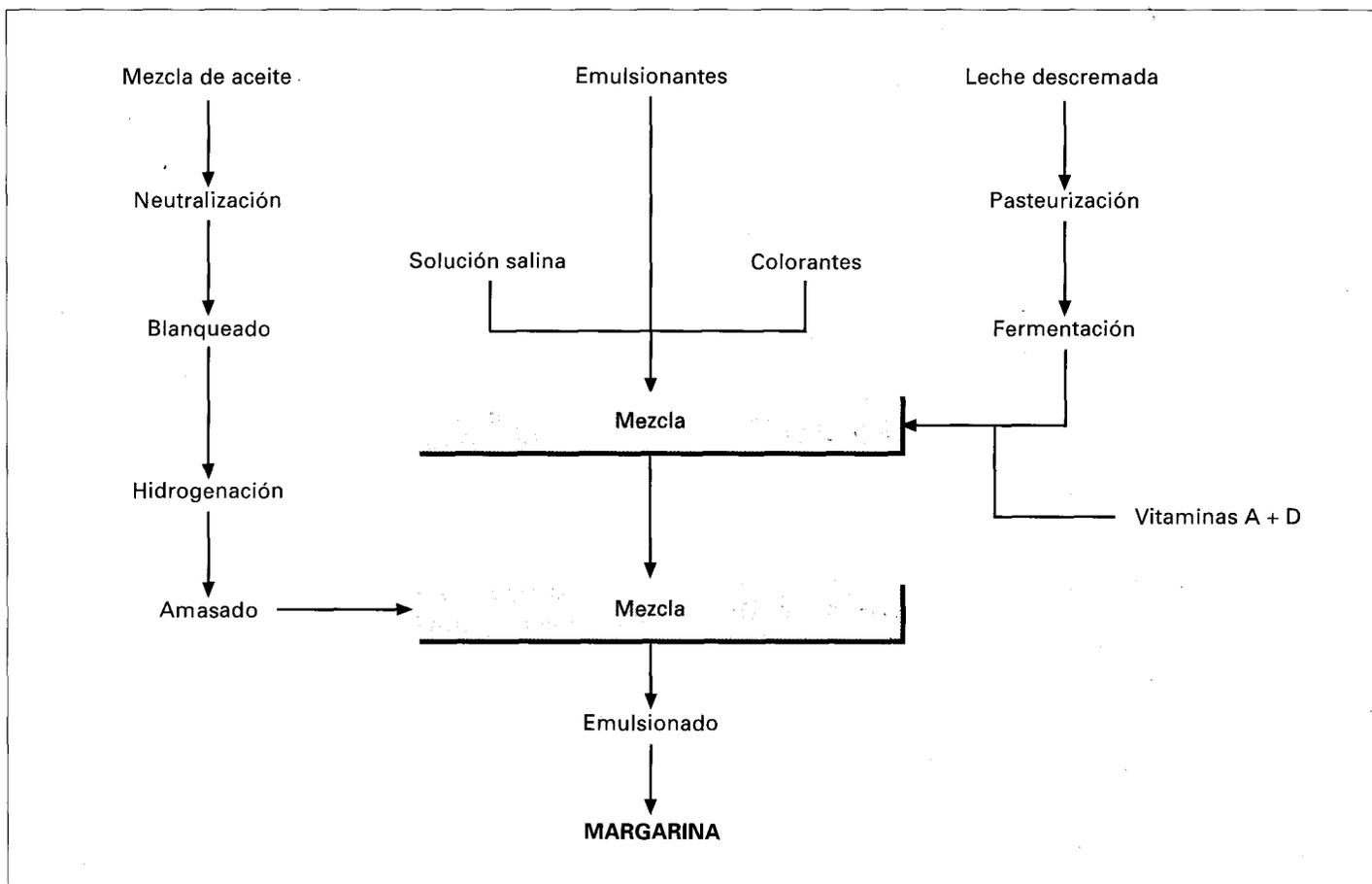


Figura 18.2. Esquema de las fases de fabricación de margarinas.

unas cualidades organolépticas próximas a las de la mantequilla. Normalmente, se preparan a partir de triglicéridos ricos en ácidos grasos insaturados.

Suelen tener un contenido máximo en agua de un 16% y aportan unas 750 kcal/100 g. Según su contenido en ácidos grasos poliinsaturados, ofrecen consistencias diferentes: con menos de un 10%, son duras; con un 10% a un 20%, semiduras; con un 20% a un 30%, son blandas y con más de un 30% extrablandas.

Las características de las **margarinas dietéticas** son semejantes a las de las destinadas a uso doméstico, salvo que su aporte calórico es menor, unas 400 kcal/100 g. Suelen proceder de materias primas de origen lácteo, como materia grasa butírica, caseinatos y subproducto de suero de mantequilla o de lactosueros ultrafiltrados. También pueden contener materia grasa vegetal, como aceites de soja, de girasol, de colza u otros, en estado original o hidrogenados, de tal forma que aporten ácidos grasos poliinsaturados que no existen, o están en muy baja cantidad en la materia grasa butírica. Como su contenido en agua es relativamente alto (cerca de un 50%), deben estabilizarse mediante el uso de agentes emulsionantes, como el fosfato disódico o la gelatina.

Dentro de este grupo hay una clase de productos denominados **minarinas** que se obtienen a partir de grasas y aceites comestibles, no lácteos y generalmente vegetales. Se presentan en forma de emulsión líquida o plástica, del tipo agua en aceite y se caracterizan por su bajo contenido graso: un 40% frente a un 80% del resto de las margarinas.

Según el destino que vayan a tener, puede buscarse que las **margarinas de uso industrial** sean estables a temperaturas elevadas –cuando se utilizan como grasas para fritura– o que presenten una buena plasticidad dentro de un amplio margen de temperaturas –si se usan para incorporar a masas de pastelería o confitería–. En líneas generales, no deben contener ácidos grasos libres y serán resistentes a la oxidación.

Las **grasas emulsionadas** –los *shortenings* anglosajones– son productos de composición heterogénea obtenidos por mezcla de grasas naturales y aceites hidrogenados, con propiedades y textura próximas a las de la manteca de cerdo. No contienen agua y se caracterizan, sobre todo, por su relación triglicéridos sólidos/líquidos, que determinan su consistencia y su capacidad para retener aire en la elaboración de pastas de pastelería; los emulsionantes añadidos aumentan esta

capacidad. Deben garantizar un grado de plasticidad alto, para lo cual, la proporción de triglicéridos sólidos puede llegar a un 30%.

18.4. Determinaciones analíticas de control

Los análisis detallados de una grasa o aceite, por ejemplo para determinar su composición cualitativa en ácidos grasos, se realizan mediante técnicas analíticas complejas como cromatografía en fase gaseosa o HPLC. No obstante, es posible determinar algunos parámetros significativos para precisar la calidad del producto acudiendo a técnicas más sencillas.

Las determinaciones comunes a cualquier otro alimento, como el pH, el peso específico, las cenizas, los sólidos totales o el nitrógeno, se llevan a cabo mediante las técnicas ya explicadas en otras unidades, teniendo presente la naturaleza líquida, semisólida o sólida de la muestra para su correcta manipulación.

Además, por las características del producto, puede ser interesante determinar una serie de índices propios de los lípidos, como el de peróxidos, la saponificación, el de yodo o el de Reichert, ya comentados en la Unidad 2, al analizar los procesos de oxidación de los lípidos, o el contenido en lecitina, indicado en la unidad de trabajo anterior. A todas estas determinaciones se pueden añadir algunas otras específicas, como la determinación de ácidos grasos libres, el índice de acidez y la fracción insaponificable.

18.4.1. Ácidos grasos libres e índice de acidez

Se utilizan unos 10 g de una muestra líquida o fundida, que se disuelve en 100 ml de etanol neutralizado caliente. La solución se titula utilizando hidróxido sódico 0,01 o 0,1 M con fenolftaleína como indicador. Se calcula la cantidad de ácidos grasos libres, expresada como ácido oleico. Para hallar el índice de acidez, se aplica la siguiente relación:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{0,561 \times \text{título (0,01 M)}}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

18.4.2. Fracción insaponificable

Se utilizan, aproximadamente, 2,5 g de muestra, que se saponifican mediante ebullición a reflujo con 25 ml de solución alcohólica de hidróxido potásico 0,5 M durante una hora. El residuo se transfiere a un embudo de separación con 50 ml de agua como máximo y se realizan tres extracciones con éter etílico, recogiendo el disolvente en otro embudo de separación y lavando la capa de

éter con tres alícuotas de solución acuosa de hidróxido potásico 0,5 M y dos veces con agua destilada. Después, se evapora el éter a sequedad y el residuo se disuelve en 10 ml de alcohol neutralizado, titulando la solución con hidróxido sódico 0,1 M y usando fenolftaleína como indicador.

18.5. Características y control microbiológico

Es raro que los microorganismos alteren las grasas, ya que las bacterias no encuentran un medio favorable de proliferación en un producto carente de agua; por eso, los aceites no suelen plantear problemas de orden sanitario. Las alteraciones que se presentan son mayoritariamente de origen físico-químico, aunque algunos gérmenes lipofílicos pueden desencadenar hidrólisis y oxidaciones.

En cambio, las margarinas y otras grasas emulsionadas contienen proporciones variables de agua, con el consiguiente riesgo de crecimiento de gérmenes. Esta flora microbiana suele ser el reflejo de la que contienen las materias primas utilizadas y del ambiente que rodea su elaboración; así, si en su composición interviene la leche o derivados lácteos, inicialmente, existirán gérmenes lácteos, aunque si el producto ha sido pasteurizado, las poblaciones bacterianas serán escasas y del tipo de bacterias esporuladas termorresistentes.

Las alteraciones más frecuentes de las margarinas y de productos similares se deben a la presencia de mohos y levaduras, si bien se intenta minimizar con la adición de sal, de conservantes autorizados y con el mantenimiento de un pH adecuado en la fase acuosa. Entre las alteraciones más habituales por mohos se puede citar la rancidez cetónica causada por *Cladosporium butyri* o la hidrólisis grasa debida a *Candida lipolytica*. Las medidas de protección utilizadas en estos productos también previenen de la posible presencia de flora patógena como *Salmonella* o *St. aureus* enterotoxigénico.

La muestra para análisis se obtendrá en función del estado físico del producto; de este modo, se manejarán pipetas, cucharas, sondas o espátulas asépticas.

La margarina y productos similares se deben conservar en frío a 5°C; los restantes productos se pueden mantener a temperatura ambiente, aunque los análisis se harán dentro de las primeras veinticuatro horas de su obtención. Para preparar las muestras de margarina y de otras emulsiones de grasas sólidas, se preparan trozos con la ayuda de espátula o cuchillo estériles; se sacan unos 25 g totales, que se mezclan con 20 ml de solución Riger 1/4. Las muestras se colocan al baño María a 45°C y se funden. Una vez fundidas, se centrifugan a 1.200-2.000 rpm, o se agitan hasta la separación de las fases acuosa y grasa; la materia grasa se desecha y se usa la fase acuosa para los análisis.

El protocolo de análisis comprende:

- Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
- Investigación y recuento de *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas.
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella-Shigella*.
- Investigación y recuento de *St. aureus* enterotoxigénico.
- Investigación y recuento de mohos y levaduras.

18.6. Alteraciones durante la conservación y la manipulación

Las principales alteraciones de grasas y aceites pueden surgir, bien durante su conservación y, en este caso, la oxidación o el enranciamiento es el proceso fundamental, o bien a lo largo de su manipulación culinaria, por calentamiento en la preparación de frituras.

18.6.1. Alteraciones durante la conservación

Tres son los factores que hay que controlar en la conservación de grasas y aceites: las posibilidades de oxidación, la temperatura de almacenamiento y la radiación luminosa que reciben.

El riesgo de oxidación o enranciamiento de una grasa o aceite está en relación directa con su grado de insaturación –esto se ha explicado en la Unidad 2, al tratar los procesos de oxidación de los lípidos– y del contenido en los mismos de sustancias y agentes antioxidantes. Así pues, los aceites con alta proporción en ácidos grasos poliinsaturados, como el de girasol, de soja o de maíz, sufren enranciamientos rápidos, por lo que las condiciones de su almacenamiento deben ser especialmente estrictas y su periodo de caducidad estará bastante limitado. Por el contrario, el aceite de oliva, rico en ácidos grasos monoinsaturados, tiene menos tendencia al enranciamiento y su porcentaje en ácidos grasos poliinsaturados es bajo; a esto hay que añadir que su contenido en carotenos, en vitamina E y en compuestos fenólicos –en especial, en el aceite de oliva virgen–, todos ellos con acción antioxidante, contribuyen a prolongar su periodo de almacenamiento. Evidentemente, el mejor procedimiento para prevenir las alteraciones consiste en almacenar los aceites en recipientes bien cerrados que eviten, en lo posible, su contacto con el aire.

Con independencia de lo insaturado que sea el aceite o la grasa, las temperaturas elevadas constituyen un factor favorecedor de la oxidación por lo que estos productos han de conservarse en lugares frescos.

La luz constituye también un excelente catalizador de las oxidaciones de lípidos, por lo que está indicado un almacenamiento al abrigo de la luz y en recipientes de color u opacos. El envase de cristal o de plástico transparente, en este sentido, no ofrece ventajas, mientras que el enlatado –sobre todo, para cantidades relativamente grandes de aceite– es un buen sistema para mantener las cualidades químicas y organolépticas del producto siempre que esté bien acondicionado, pues no debe olvidarse que algunos metales, como el hierro, son excelentes catalizadores para los procesos de oxidación.

18.6.2. Química de la fritura

Durante el proceso de fritura, el alimento está en contacto con el aceite caliente, a una temperatura elevada y en presencia de aire durante distintos periodos de tiempo. El producto resultante contiene entre un 5% y un 40% de aceite absorbido; y de otras sustancias derivadas de la fritura. Esto significa que el proceso de fritura, en relación con cualquier otro proceso de manipulación, tiene el mayor potencial de producir cambios químicos en la grasa, y de que sustancias no deseadas sean absorbidas por los alimentos tratados con este proceso.

A lo largo de la fritura en el aceite se producen una serie de compuestos diferentes. Los procesos de oxidación que se desencadenan forman hidroperóxidos que se descomponen dando lugar a la aparición de diferentes compuestos volátiles, como aldehídos saturados e insaturados, cetonas, hidrocarburos, lactonas, ácidos, alcoholes y ésteres. Tras treinta minutos de calentamiento a 180°C al aire, se pueden detectar productos volátiles primarios de oxidación, por cromatografía de gases. La cantidad de compuestos formados varía ampliamente según el tipo de aceite, el alimento y el tratamiento térmico, pero, en cada caso, se llega a un equilibrio entre formación y pérdidas por evaporación o descomposición. También es evidente que las cantidades de estos compuestos son mucho mayores con calentamiento continuo que durante la fritura intermitente. Además de los productos volátiles indicados, también se genera hidroxí y epoxiácidos, ácidos diméricos y poliméricos y ácidos grasos libres.

Estas reacciones son responsables de los cambios físicos y químicos que se observan en el aceite durante la fritura, como aumento de viscosidad y del contenido de ácidos grasos libres, desarrollo del color oscuro, disminución del índice de refracción y de la tensión superficial, y tendencia a la formación de espuma.

El alimento también experimenta cambios a lo largo del proceso: el agua se va liberando continuamente desde el alimento hacia el aceite, dando lugar a un efecto de destilación en corriente de vapor que arrastra los productos de oxidación volátiles. El agua liberada

también acelera la hidrólisis, incrementándose los ácidos grasos libres. Asimismo, durante la fritura, en el alimento se pueden desarrollar compuestos volátiles, como compuestos azufrados o derivados de la pirazina, bien por sí mismos o por interacción con el aceite caliente.

El alimento, según su estructura física y su composición, absorbe cantidades variables de aceite de fritura; así, por ejemplo, las patatas fritas en freidora pueden llegar a absorber hasta un 40%. Igualmente, los alimentos pueden liberar algunos de sus lípidos endógenos a la grasa de fritura, como ocurre con el pollo, por lo que la estabilidad a la oxidación de la nueva mezcla se verá profundamente modificada. En este sentido, hay que destacar que el aceite de oliva es el que menos penetra en el alimento, con lo que el valor calórico final se modifica poco, a diferencia de lo que ocurre con los aceites de semillas. Asimismo, si la fritura se realiza correctamente, los nutrientes quedan poco afectados, pues la temperatura que se alcanza en su interior no es excesivamente elevada y el tiempo de calentamiento suele ser corto, al revés de lo que sucede con los aceites de semillas.

Se han aplicado algunos métodos comunes para medir la oxidación de las grasas para controlar la descomposición térmica y oxidativa de los aceites en el proceso de fritura. De este modo, se ha recurrido a técnicas de medida de viscosidad, cuantificación de ácidos grasos libres, características organolépticas, punto de humo y formación de espumas, etc.

Uno de los más recientes métodos de análisis es la **determinación de insolubles en éter de petróleo**. En esta técnica se admite que la grasa está deteriorada cuando los productos insolubles en éter de petróleo suponen el 0,7% o más, y el punto de humo es inferior a 170°C, o cuando los insolubles en éter alcanzan el 1%, sin tener en cuenta el punto de humo. Se trata de un método tedioso e impreciso.

Otra técnica es la **cromatografía en columna de compuestos polares**, en la que la grasa caliente se fracciona en una columna de gel de sílice y la fracción no polar se eluye con una mezcla de éter etílico y éter de petróleo. El porcentaje en peso se calcula por diferencia; se ha establecido que el máximo tolerable para que el aceite pueda utilizarse es de un 27% de compuestos polares.

Una técnica bastante más útil es la medida de la **constante dieléctrica del aceite**, que aumenta al aumentar la polaridad del producto. Este método presenta varias ventajas: los aparatos comercializados para su determinación son portátiles y compactos, pueden ser manejados en análisis de campo por personal no especializado y el tiempo de análisis es inferior a cinco

minutos. No obstante, hay que tener cautela al interpretar los datos, ya que el valor de la constante dieléctrica representa el balance neto entre los compuestos polares y no polares, y ambos se desarrollan durante la fritura. Generalmente, predomina un aumento de la fracción polar, aunque la diferencia entre ambas fracciones depende de muchos y complejos factores, algunos, incluso, no relacionados con la calidad del aceite, por ejemplo, la humedad.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, una buena práctica tecnológica de utilización de la fritura deberá hacer compatibles el hecho de maximizar la vida útil de los aceites y la salubridad del alimento para evitar una descomposición excesiva por oxidación, el desarrollo de aromas desagradables o la formación de grandes cantidades de compuestos poliméricos o cíclicos. Éstos son los factores que hay que tener en cuenta:

- **Elección del alimento idóneo:** son preferibles los alimentos ricos en albúmina o con almidón; aquellos que no los contengan deben recubrirse con harinas o masas de fritura.
- **Elección de la grasa idónea:** los cambios por oxidación y polimerización son pequeños y lentos en las grasas ricas en ácidos grasos monoinsaturados y rápidos e importantes en las de altos porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados.
- **Elección del equipo apropiado:** debe garantizar una temperatura constante y uniforme y permitir un vaciado y limpieza frecuentes.
- **Selección de la temperatura más baja posible compatible con un producto acabado de buena calidad:** el aceite se debe calentar lentamente y no llegar al punto de humo, ya que entonces, se habrá llegado a la temperatura crítica y se facilitará la producción de sustancias no deseadas. La temperatura óptima de fritura se sitúa en torno a 180°C, lo que es una ventaja cuando se utiliza aceite de oliva, pues su temperatura crítica está en 210°C.
- **Frecuente filtrado del aceite:** de este modo se eliminan partículas de alimento que pudieran desencadenar reacciones no deseadas.
- **Reemplazamiento del aceite cuando sea necesario:** de esta manera se mantienen mezclas estables, impidiéndose la formación de productos indeseados. En este sentido, el aceite de oliva es el más resistente, pudiendo utilizarse un máximo de cinco a seis frituras.
- **Adecuada preparación del personal** que realiza el proceso y frecuentes análisis del aceite a lo largo de su uso.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1** Diseño y confección de un estudio de campo sobre los tipos de aceites de mayor consumo en la zona.
- 2** Visita a una almazara o industria de elaboración de aceites o transformación de grasas, redactando un informe en el que se analice el acondicionamiento de la materia prima a la recepción, el equipamiento de las instalaciones, los procesos de trabajo, los controles realizados y el libramiento de productos.
- 3** Confección de cuadros-resumen con las características nutricionales y culinarias fundamentales de las principales clases de aceite y grasas de consumo en la zona.
- 4** Confección de un protocolo de análisis físico-químico rápido para aceites o grasas y desarrollo de éste en una muestra del producto elegido.
- 5** Realización de esquemas de protocolo de recuento, detección e identificación de microorganismos para los tipos de aceites y grasas de principal consumo en la zona.
- 6** Aplicación del protocolo correspondiente –de los diseñados en la actividad anterior– al análisis microbiológico de una muestra de un alimento del grupo.

GRUPO DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

PRESENTACIÓN

Se trata de un grupo de alimentos de una gran trascendencia para la alimentación del ser humano, basta considerar que en este grupo se encuentran los cereales que constituyen el grupo de alimentos más consumido por la humanidad, y en algunas regiones del planeta prácticamente el único, o las legumbres que constituyen la fuente de proteínas alternativa a las de origen animal, y que, como en el caso anterior, en muchas zonas del globo es la única.

El Bloque Formativo se ha distribuido en tres Unidades de Trabajo; cada una de ellas agrupa una serie de alimentos que presentan ciertas similitudes en cuanto a composición y utilización tecnológica y alimentaria.

La primera Unidad trata de los cereales, de su forma más importante de utilización: las harinas y, finalmente, de los derivados fundamentales que se obtienen a partir de las mismas.

En la segunda Unidad nos ocupamos de las hortalizas, frutas y verduras, considerando primero las características de cada grupo y sus derivados más importantes, para luego tratar de forma conjunta sus alteraciones, determinaciones físico-químicas, procedimientos de conservación, control microbiológico y modificaciones por los procesos de cocinado.

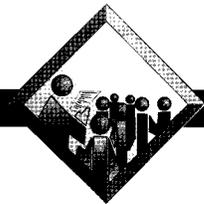
Con la tercera Unidad, que trata de legumbres y tubérculos, se completa el Bloque. En esta unidad se incluyen dos apartados que consideramos necesarios para completar el estudio de los alimentos de origen vegetal: en uno se realiza un breve repaso a las características de las setas y en el otro de las gomas vegetales, aditivos muy extendidos en su uso, que por su procedencia deben figurar en este Bloque Formativo.

Unidades temáticas

- 19. Cereales y derivados. Harinas
- 20. Hortalizas y verduras. Frutas
- 21. Legumbres y tubérculos. Setas

Objetivos didácticos

1. Esquematizar las características organolépticas, físico-químicas y bromatológicas principales de los alimentos del grupo.
2. Describir los derivados principales que se obtienen de los alimentos del grupo.
3. Caracterizar las modificaciones fundamentales que durante los procesos de manipulación, almacenamiento o tratamiento tecnológico pueden sufrir los alimentos del grupo.
4. Fundamentar los procedimientos generales de control de calidad tanto físico-químicos como microbiológicos aplicables a los alimentos del grupo.



CEREALES Y DERIVADOS. HARINAS

1. Estructura y composición general de los cereales. 2. Alteraciones en la manipulación, el almacenamiento y el tratamiento culinario. Determinaciones de control. 3. Características microbiológicas y protocolo de análisis. 4. Harinas. 5. Otros derivados de los cereales.

19.1. Estructura y composición general de los cereales

Los granos de cereales son el fruto de ciertas gramíneas; se trata, básicamente, del trigo, la cebada, la avena, el centeno, el mijo, el maíz, el arroz, el alforfón, el panizo y el sorgo. Etimológicamente, su nombre procede de la diosa romana Ceres, a la que se encomendaban los cuidados agrícolas. Debido a sus características, en la mayoría de los casos no pueden ser consumidos tal y como los produce la naturaleza, sino que tienen que estar previamente transformados.

Su uso como alimento varía según el área geográfica; así, por ejemplo, mientras que en las regiones más pobres del planeta pueden llegar a constituir entre un 70% y un 90% de la ración energética diaria, en los países más desarrollados apenas suponen un 25%; no obstante, en esta cifra no se ha tenido en cuenta la cantidad de cereales empleada en la alimentación animal y que, indirectamente, repercute en la nutrición humana.

19.1.1. Clasificación

Según el Código Alimentario Español, se da la denominación de cereal a las plantas gramíneas y a sus frutos maduros, enteros, sanos y secos, incluyéndose en este grupo el alforfón o trigo sarraceno, que pertenece a la familia de las poligonáceas. Para la alimentación del hombre y de los animales domésticos se pueden emplear los siguientes:

- **Alpiste** (*Halaris canariensis*, L): se trata de la planta y los frutos de la mencionada especie.

- **Arroz** (*Oryza sativa*, L): en este grupo caben las siguientes denominaciones:
 - *Arroz con cáscara*: es el grano de arroz revestido por las glumas.
 - *Arroz descascarillado o integral*: el grano de arroz no tiene glumas, pero está revestido aún por el pericarpio que le da su color característico.
 - *Arroz pulido o blanco*: es el grano sin pericarpio y pulido mediante tratamiento mecánico. Su color es más o menos blanco, pero siempre uniforme.
 - *Arroz sancochado o parboiled*: los granos, procedentes del arroz con cáscara o descascarillado, son sometidos a un tratamiento hidrotérmico seguido de un secado y son susceptibles de una posterior elaboración que les de una coloración típica.
 - *Arroz tratado*: los granos, procedentes del arroz blanco, quedan sometidos a procesos especiales de elaboración, obteniéndose arroz glaseado, arroz matizado o camolino y arroz enriquecido.
- **Avena** (*Avena sativa*, L): es el fruto procedente de la especie *Avena sativa*.
- **Cebada** (*Hordeum vulgare*, L): se trata del fruto sano y seco de diferentes especies de *Hordeum*.
- **Centeno** (*Secale cereale*, L): es el fruto procedente de la especie *Secale cereale*.

- **Maíz** (*Zea mays*, L): es el fruto de la especie *Zea mays*.
- **Mijo** (*Panicum miliaceum*, L), **panizo** (*Setaria italica* P, L) y **panizo de Daimiel** (*Pennisetum glaucum*): los frutos procedentes del *Panicum miliaceum* constituyen el mijo; el panizo, los procedentes del *Setaria italica* P, y el panizo de Daimiel, los que proceden del *Pennisetum glaucum*.
- **Sorgo** (*Sorghum vulgare*, Pers.): es el fruto procedente del *Sorghum vulgare*, Pers.
- **Trigo** (*Triticum*, L): es el fruto procedente de las diferentes especies del género *Triticum*, L.
- **Alforfón o trigo sarraceno** (*Fagopyrum esculentum*, Moench): se trata del fruto del *Fagopyrum esculentum*, Moench.

Las características de cada variedad de cereal serán las que se fijan oficialmente para cada campaña, detallándose la tolerancia en lo que se refiere a humedad, cuerpos extraños, granos de otros cereales, etc.

19.1.2. Características morfológicas y estructurales

A partir de las gramíneas productoras de cereal se obtienen frutos secos con una sola semilla. Este tipo de fruto es una cariósipide que habitualmente se conoce como grano y cuyas propiedades morfológicas son bastante similares en las diversas especies (Fig. 19.1).

La **cariósipide** tiene una cubierta externa llamada **pericarpio**, que envuelve a la semilla adhiriéndose íntimamente a ella. La semilla contiene dos partes diferenciadas: el **embrión** o **germen** y el **endospermo**, rodeados por una epidermis nucellar y por la cubierta de la semilla. En el arroz, la cebada y la avena, los granos están envueltos por unas cubiertas florales, las **glumas**, que permanecen pegadas a ellos, incluso, después de la trilla y se conocen como la cáscara que forma parte de la paja. En el resto de los cereales, las glumas se desprenden durante el proceso de trillado, por lo que éstos reciben la denominación de granos desnudos.

Una característica común a la totalidad de los granos de cereales es la presencia de multitud de sistemas enzimáticos que intervienen en los procesos metabólicos desarrollados en su interior. Los principales enzimas son los siguientes:

- **Amilasas.** En los cereales hay dos amilasas, la α -amilasa, que rompe los enlaces 1-4 al azar y reduce el tamaño de los gránulos de almidón, y la β -amilasa que ataca al almidón por los extremos no reductores de los polímeros en los enlaces 1-4, pero los rompe alternativamente, liberando maltosa. En los cereales sanos e intactos, los nive-

les de α -amilasa son bajos, pero su cifra se eleva cuando el cereal germina. La β -amilasa sí está presente en los granos de cereales sanos, pero no actúa sobre los gránulos intactos de almidón. La función de ambas enzimas es la degradación del almidón, pero ésta es incompleta al no poder ser hidrolizados los enlaces 1-6.

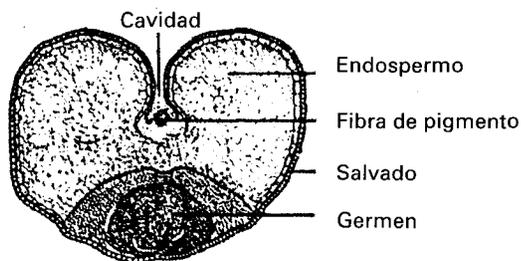
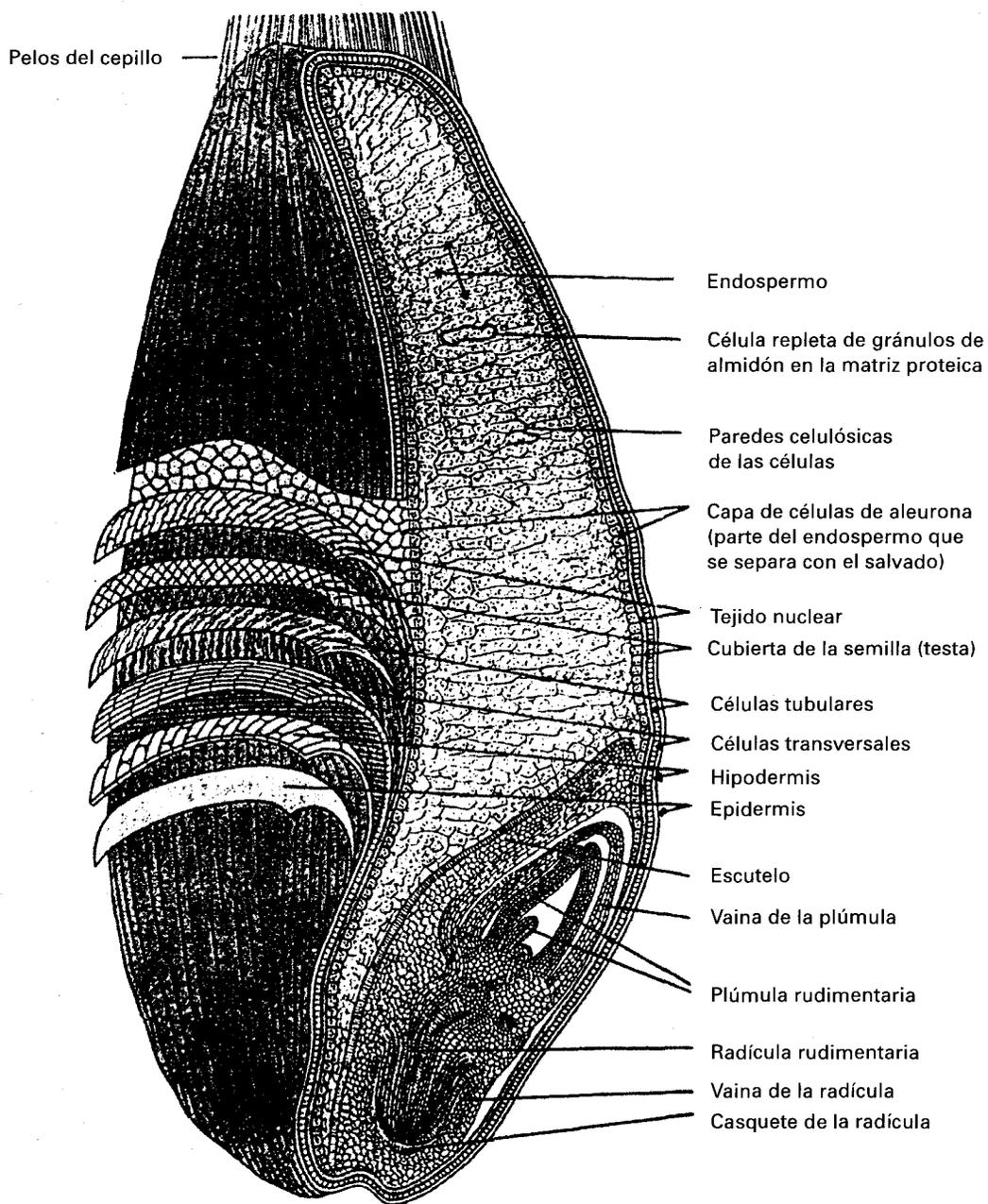
- **Proteasas.** En los cereales maduros y sanos encontramos proteinasas y peptidasas, aunque sus niveles de actividad son bajos. Su mayor interés radica en la relación con la producción de nitrógeno orgánico soluble, que es usado por las levaduras durante la fermentación.
- **Lipasa.** La actividad lipásica difiere de unos cereales a otros, siendo relativamente alta en el caso de la avena y del mijo perlado. De su actuación se liberan ácidos grasos libres susceptibles de enranciamiento oxidativo y que, al acumularse en un producto, transfieren un sabor jabonoso.
- **Fitasa.** Es una esterasa que hidroliza el ácido fítico, liberando inositol, y ácido fosfórico libre, que se pueden utilizar como nutrientes.
- **Lipooxigenasa.** Cataliza la peroxidación de las grasas poliinsaturadas por el oxígeno. Es un agente blanqueador eficaz al destruir el pigmento amarillo de la harina de trigo, lo que resulta útil para la panificación, pero negativo para los productos de pasta, en los que se desea un color amarillo.

□ Trigo

El peso medio del grano de trigo oscila entre 33 y 38 mg y su longitud es de, aproximadamente, 8 mm, aunque el tamaño depende de la variedad y de la posición que el grano ocupe en la espiga. Los colores más habituales varían desde el blanco al rojo o el púrpura, en función del pigmento de la cáscara, el cual es susceptible de ser manipulado genéticamente. La textura, al igual que el color, depende de la variedad de trigo pero, al parecer, también está relacionada con las fuerzas de cohesión existentes en el endospermo del grano. La humedad está próxima a un 11%.

El germen se localiza en la parte dorsal y baja, mientras que en la zona ventral aparece un surco que recorre la casi totalidad de su longitud aunque, en ocasiones, no se aprecia, al quedar tapado por los dos carrillos laterales. Este surco constituye un buen refugio para los microorganismos y dificulta la tarea de separar el salvado del endospermo, como se indicará más adelante.

El pericarpio rodea por completo a la semilla y está formado por dos capas: la capa externa se denomina alas de abeja y se desprende fácilmente de la capa inter-



Corte transversal

Figura 19.1. Corte longitudinal y transversal de un grano de trigo.

na. La interna se compone de dos grupos de células: las cruzadas y las tubulares.

La semilla posee una cubierta que se une a las células tubulares por el lado externo y a la epidermis nucellar por el interno. En la cubierta se localiza la capa pigmentada que da su coloración característica al grano. La epidermis nucellar tiene unas 7 μm de espesor y se une íntimamente a la capa de aleurona por su parte interna.

La semilla propiamente dicha se compone del germen y del endospermo feculento, que es la parte más valiosa del grano. Ambos están completamente rodeados por la capa de aleurona, la cual queda eliminada durante la molienda junto con la epidermis nucellar, la cubierta y el pericarpio, constituyendo lo que se conoce como **salvado**. El germen supone alrededor de un 3% del volumen del grano y está formado por el eje embrionario y el escutelo. El endospermo feculento constituye el 82% del peso del grano y contiene células periféricas y células centrales, cuyas paredes presentan hemicelulosas, pentosanas y α -glucanos, pero sin celulosa. Los trigos duros poseen paredes celulares gruesas capaces de captar importantes cantidades de agua, lo que los hace idóneos para la elaboración del pan. Por el contrario, las paredes celulares de los trigos blandos son delgadas y apenas retienen agua.

Las células del endospermo se hallan cargadas de granos de almidón que pueden ser pequeños y redondeados o grandes y lenticulares. Alrededor de los granos se dispone la matriz proteica, formada en su mayor parte por el **gluten**, que es sintetizado en el proceso de maduración del cereal. Las fuerzas de unión entre la proteína y el almidón en los trigos duros son superiores a las de los blandos. La naturaleza de los enlaces no se conoce bien, pero se sabe que el agua los rompe o debilita.

□ Maíz

El maíz, también llamado panizo, era la base de la alimentación de las culturas maya, azteca y tolteca; desde América, los conquistadores españoles lo trajeron a Europa. Actualmente, constituye un alimento imprescindible en la dieta de muchos pueblos sudamericanos, consumiéndose, principalmente, en forma de tortillas, que son una variedad de pan no fermentado. En los países desarrollados se emplea, sobre todo, para elaborar cereales de desayuno, aunque su uso está mucho más difundido como pienso para ganado vacuno y avícola, constituyendo las 3/4 partes de la producción.

Se suelen distinguir seis tipos de maíz: dentado, duro, harinero, dulce, de palomitas y céreo. La variedad dentada es la de mayor aplicación en nutrición humana. Su grano pesa alrededor de 350 mg y su color puede ser uniforme o variegado, abarcando desde el blanco al

pardo oscuro, si bien los más habituales son el blanco y el amarillo. En el grano se distinguen cuatro partes: la cáscara o salvado que constituye el 5,6%; el germen, que supone entre un 10% y un 15%; el endospermo, que ocupa de un 76% a un 82%; y el pedículo, que no forma parte del grano propiamente, aunque aparece unido a él. La humedad oscila entre el 10,8% y el 13,5% del peso del grano.

En el endospermo se localizan los granos de almidón, de forma poliédrica, que permanecen unidos entre sí gracias a una matriz proteica en la que resalta la importante presencia de la proteína **zeína**. La unión entre la proteína y el almidón es muy fuerte, lo que, al parecer, se relaciona con la gran dureza que tienen los granos de este cereal.

□ Arroz

Las primeras noticias sobre el arroz proceden de China, hace unos 3.000 años a.C. De allí pasó a la India, a Egipto, al norte de África, al sur de Europa y, desde aquí, al resto del mundo. Es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Se cultiva en terrenos pantanosos cuidadosamente nivelados o en terrazas, y se necesita abundante humedad y calor. Hay más de ocho mil variedades de arroz, que se agrupan en dos principales: la índica o de grano largo y la japónica o de grano corto.

Al desprenderse de su espiga, el grano tiene una cáscara dura formada por las cubiertas foliares **lemma** y **pálea**, que engloban la flor original. Esta forma es el **arroz vestido** o **en cáscara**, y supone el 20% del peso bruto del arroz, al que confiere, además, una coloración marrón o rojiza y una alta riqueza vitamínica. La cáscara es eliminada en la primera fase de la molienda, de lo que resulta el **arroz pardo, moreno, descascari-llado** o **integral**, carente de surcos en su superficie. La longitud oscila entre 5 mm y 8 mm; el peso es de unos 25 mg y la humedad, de 11,3% a 12,3%.

En el arroz moreno, el pericarpio supone el 2% del peso del grano; las cubiertas de la semilla y la aleurona, el 5%; el germen, entre el 2% y el 3% y el endospermo, entre el 90% y el 95%. Para obtener el **arroz pulido** o **blanco** se elimina la capa de aleurona junto con las cubiertas de la semilla y el pericarpio, que constituyen el salvado. El endospermo contiene granos poligonales compuestos por almidón y cuerpos proteicos. Al igual que en la avena, los granos de almidón se forman por la agrupación de múltiples granos más pequeños.

□ Cebada

Quizá la cebada sea el más tolerante de todos los cereales a las condiciones climáticas y ambientales, ya que se ha podido cultivar en ambientes tropicales, en el Círculo

Polar Ártico, a más de 4.000 m de altitud y al nivel del mar. Se cree que sus orígenes se encuentran en Oriente Medio y en Egipto y Abisinia; el pan de cebada se utilizó hace ya 6.000 años. En la actualidad, sólo una pequeña parte de la cebada cultivada se dedica al consumo humano, en forma de harina, para espesar salsas y sopas o como cereales de desayuno. Si la harina de cebada se mezcla con la de trigo, se obtiene un pan oscuro de agradable sabor. La mayor parte de la cebada se emplea para obtener malta y para fabricar piensos. La malta de cebada es la materia prima imprescindible para las industrias cerveceras y de destilación.

Como el arroz y la avena, se cosecha con cáscara, formada por lemma y pálea. En la cariósida encontramos pericarpio, cubiertas de la semilla, germen y endospermo. El peso medio de los granos es de 35 mg y la aleurona puede presentar una coloración blanquecina o azulada, en función de la variedad de que se trate. La humedad de la cebada descascarillada es de un 14%. Los granos de almidón pueden ser grandes lenticulares o pequeños esféricos.

□ Centeno

Durante mucho tiempo, el centeno ha sido el principal cereal en los países del norte y este de Europa y en la Edad Media su consumo estuvo muy extendido por todo el continente. Se utiliza principalmente para elaborar un pan de calidad, aunque un poco pesado de digerir. Su cultivo soporta bien el frío, pero no las temperaturas altas y es más resistente que el trigo a la sequía.

La cariósida del centeno es alargada, de aproximadamente unos 6 mm a 8 mm de longitud y de 2 mm a 3 mm de anchura. La cáscara se desprende con el trillado; el grano, de color amarillo grisáceo, está formado por el pericarpio, las cubiertas de la semilla, la epidermis nucelar, el germen y el endospermo. El endospermo contiene granos de almidón inmersos en una matriz proteica y, al igual que en el caso del trigo y de la cebada, su forma puede ser grande lenticular o pequeña esférica. La humedad de los granos de centeno oscila entre un 12% y un 16%.

□ Avena

La avena es el cereal que crece más al norte del planeta, en zonas como Escocia, Noruega o Alaska. Apenas un 5% de la producción mundial se dedica a la alimentación humana, en forma de *muesli* o de productos similares, ya que su harina no es apropiada para hacer pan. El resto se emplea en la elaboración de piensos animales.

Su cariósida está envuelta por una cubierta floral y sus granos son parecidos a los del trigo o del centeno, de los que se diferencian por la existencia de numero-

sas excrescencias o protuberancias, denominadas **tricommas**. En el grano se distinguen: pericarpio, cubiertas de la semilla, capa hialina, germen y endospermo. El germen ocupa 1/3 de la longitud del grano. El almidón del endospermo se concentra en grandes gránulos compuestos por la unión de otros más pequeños. Entre los gránulos de almidón hay una matriz que contiene más proteína y aceite que en el resto de cereales. La humedad aproximada de la avena es de un 8%.

□ Sorgo

El sorgo, también conocido como maíz de Guinea, kafir, mijo de la India y panizo moruno, es un cereal extensamente cultivado en África, China, India, Irán y Estados Unidos. Aunque es un cultivo tropical, puede desarrollarse en zonas bastante secas y frías. Además de su empleo como pienso animal, sirve para producir almidón, cerveza, gachas y pan.

La cariósida se desprende de la cáscara tras la trilla, tiene forma redondeada, pesa entre 20 mg y 30 mg y su coloración es variable: blancos, amarillos, pardos o rojos. El pericarpio constituye el 8%; el germen, el 10% y el endospermo, el 82% restante. Una característica diferencial frente a otros cereales es la existencia de gránulos de almidón en el espesor del pericarpio. El endospermo contiene células ricas en contenido proteico y pocos gránulos de almidón.

□ Mijo

El cultivo del mijo es muy típico de climas tropicales, pudiendo crecer en suelos muy pobres no aptos para otro tipo de cultivos. Se utiliza para la alimentación humana en pueblos pobres de África y Asia.

La variedad más interesante es el mijo perlado, cuyos granos tienen forma de pequeñas gotas que pierden la cáscara con el trillado. El color más común es el gris pizarra, pero también los hay blancos, amarillos y pardos. El germen es muy voluminoso, de modo que supone el 17% del volumen del grano. En el endospermo hay granos de almidón y cuerpos proteicos.

□ Triticale

El triticale es un cereal nuevo obtenido por la hibridación de granos de trigo con granos de centeno. Su rendimiento es ligeramente superior al del trigo y es más resistente al frío y a la sequía que éste. Sus posibilidades de mejora genética son amplias y es previsible que, en el futuro, desempeñe un papel importante en el aumento de las reservas mundiales de cereales.

La cariósida pierde las glumas con la trilla y presenta un tamaño ligeramente superior al del trigo, una longitud de 10 mm a 12 mm, 3 mm de anchura y un peso próximo a 40 mg. A lo largo del grano, de color

pardo amarillento, se extiende un surco que recorre toda la longitud. La estructura es similar a la de otros granos, existiendo un pericarpio con plegamientos, una cubierta de la semilla, el germen y el endospermo. Los pliegues del pericarpio dan al grano un aspecto desagradable y dificulta el proceso de molturación.

□ Alforfón

Como ya se ha comentado, no se trata de una gramínea, sino que sus semillas tienen el aspecto de pequeños hayucos y son molturadas para elaborar gachas o para la fabricación de *pancakes*.

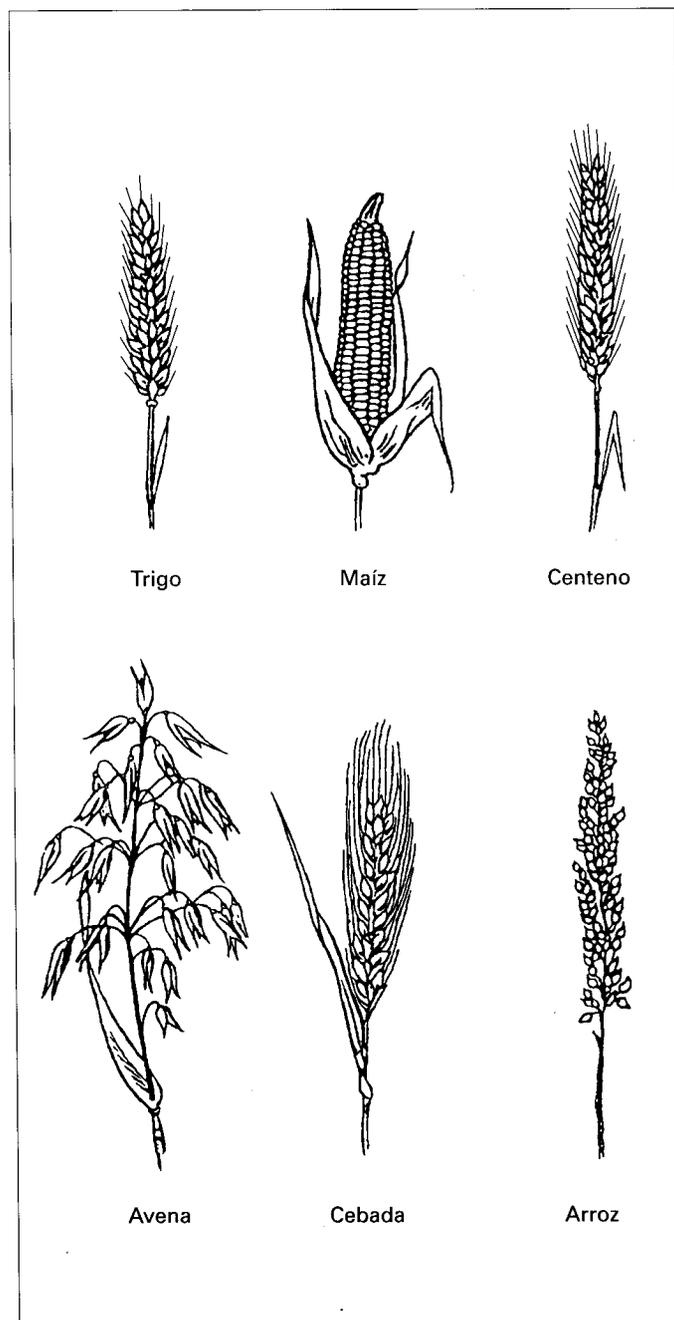


Figura 19.2. Aspecto de la espiga de algunos de los principales cereales.

19.1.3. Características bromatológicas

Las propiedades bromatológicas de los integrantes de este grupo de alimentos son bastante uniformes, a pesar de sus diferentes morfologías y orígenes. A continuación analizaremos la presencia de los diversos nutrientes en cada una de las variedades.

□ Trigo

La composición glucídica del trigo varía en función de la parte del grano que se estudie. El pericarpio, que supone el 5% del peso del grano, contiene un 20% de celulosa y alrededor de un 70% de pentosanas y sustancias no absorbibles que formarán parte del salvado. En la semilla, la cifra glucídica ronda un 70%. El germen contiene casi un 20% de azúcares en forma de sacarosa y rafinosa. En el endospermo feculento se localizan los gránulos de almidón incluidos en células cuya pared, como ya se ha señalado, se estructura con hemicelulosas, pentosanas y α -glucanas que influyen en la absorción de agua. Los gránulos de almidón pueden ser pequeños y esféricos (de 2 μ m a 8 μ m) o grandes y lenticulares (40 μ m).

Para obtener el componente lipídico de los cereales es necesario combinar diversas técnicas, debido a las complejas uniones que presentan con otros componentes del grano. La fracción lipídica del pericarpio gira en torno a un 0,5%, cifra que aumenta notablemente en el germen, cuyo eje embrionario contiene un 15% de aceite y cuyo escutelo tiene un 32%. No obstante, el porcentaje lipídico total del grano es bajo, cercano a un 2%. El componente mayoritario de los ácidos grasos es, lógicamente, de carácter insaturado.

La cantidad proteica del pericarpio se aproxima al 6%, mientras que la del germen se sitúa en el 25%. La cifra media en el conjunto del grano es del 13%. El método de Osborne para la separación y diferenciación proteica nos permite descubrir que las proteínas del endospermo son de dos clases: hidrosolubles, como las albúminas y las globulinas, que suponen del 10% al 25%, e insolubles, como la gliadina y la glutenina, que forman el gluten y constituyen el resto. La gliadina es una prolamina y la glutenina, una glutelina. El gluten contiene un 80% de proteína, de un 8% a un 10% de lípidos y el resto son azúcares y cenizas. Las gliadinas son proteínas de cadena simple y peso molecular de 40.000, muy extensibles y pegajosas cuando están hidratadas, por lo que se las asocia con la coherencia de la masa harinosa. Las gluteninas conforman un grupo bastante diverso con cadena ramificada y peso molecular promedio de tres millones que se caracterizan por su elasticidad y resistencia a la extensión de la masa. Para separar ambas proteínas cabe recurrir a la electroforesis sobre gel de almidón o de poliacrilamida o en dodecilsulfato sódico. En cuanto a los aminoáci-

Cuadro 19.1. Composición de ácidos grasos, en %, de los lípidos de algunos cereales. (Adaptado de W. R. Morrison. 1978. Páginas 205-348: *Advances in Cereal Science and Technology*, Vol. 2. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN.)

Cereal	Ácidos grasos				
	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Maíz	13	<4	35	50	<3
Sorgo	12	1	35	49	3
Mijo perlado	20	5	25	48	3
Arroz	22	<3	39	36	4
Avena	20	2	37	37	4
Centeno	18	1	25	46	4
Cebada	22	<2	12	57	5
Trigo	21	2	15	58	4

dos, destaca la notable cifra de ácido glutámico y prolina, mientras se evidencia una gran escasez de lisina.

Hay cantidades destacables de vitaminas del grupo de las hidrosolubles, así como también de vitamina E, localizadas en el germen. En cuanto a las hidrosolubles, destacan la tiamina, que se encuentra, preferentemente, en el escutelo; la riboflavina, la niacina y la piridoxina, en la capa de aleurona, y el ácido pantoténico, en el endospermo y aleurona.

Los minerales suponen entre un 1% y un 2% del peso del grano. Las cifras son, en general, muy bajas; los mejor representados son sólo el calcio, el sodio, el potasio y el hierro.

□ Maíz

El porcentaje glucídico del maíz fluctúa entre un 68% y un 72%; además, existe entre un 1,7% a un 2,3% de fibra vegetal. Los gránulos de almidón tienen una forma esférica o poliédrica, según la región del endospermo que ocupen.

La composición grasa del grano completo de maíz representa entre un 5,0% y un 5,4%, localizándose mayoritariamente en el germen donde supone el 30%. Los lípidos libres constituyen un 4,5% y los asociados, alrededor de un 1%, lo cual supone una buena posibilidad para la obtención de aceite. Este aceite se puede extraer mediante potentes prensas o con disolventes, siendo característico su elevado contenido en los ácidos grasos linoleico y linolénico; de ahí su bondad nutricional.

La parte proteica del grano de maíz oscila entre un 9,3% y un 10% y une entre sí los granos de almidón, formando pequeños cuerpos proteicos. El endospermo contiene un 5% de globulinas más albúminas, un 44% de la prolamina llamada zeína, un 28% de glutelinas y el 20% restante es una fracción de zeína con enlaces

cruzados por puentes disulfuro. Llama la atención su riqueza en leucina y prolina, mientras que escasea la lisina y el triptófano. No obstante, algunas variedades de maíz contienen importantes cantidades de lisina, que han sido comercializadas con éxito desde los años setenta.

Las vitaminas presentes en el maíz lo están en cantidades discretas. Entre las hidrosolubles, aparecen representadas la tiamina, la riboflavina, la niacina, el ácido pantoténico y la piridoxina; en cuanto a las liposolubles, encontramos las vitaminas E y A, aunque esta última sólo se da en las variedades amarillas. Respecto a los minerales, sólo merece la pena destacar el potasio, el fósforo, el magnesio y el hierro.

□ Arroz

La parte glucídica del arroz está formada por grandes granos de almidón que resultan de la unión de múltiples granos más pequeños. La proporción depende del tipo de arroz, de modo que es muy alta en el arroz pulido (79%) y algo más baja en el arroz moreno (75%) y en el integral (65,5%). Situación inversa se da respecto a la fibra, que abunda en el arroz integral (8,7%) y se ve notablemente reducida en el arroz moreno (1,0%) y en el pulido (0,3%).

Los lípidos del arroz se localizan en la parte más periférica del grano, por lo que su cifra será más elevada en el arroz integral (3%) que en los arroces moreno (1,8%) y pulido (de 0,3 a 0,5%). Predominan los insaturados linoleico y linolénico y, en menor cuantía, el saturado palmítico.

El contenido proteico del arroz es algo menor que el de otros cereales. En el arroz pulido, supone un 8,1%; en el moreno, un 8,6% y en el integral, un 7,5%. El 80% de la proteína total lo constituye la glutelina **oryzenina**, mientras que la fracción de prolamina es baja

Cuadro 19.2. Contenido en vitaminas y sustancias minerales, en mg/100 g, en diferentes granos de cereales. (Adaptado de Simmonds y Campbell (1976) y Hosene y col. (1981). D. H. Simmonds y W. P. Campbell. Págs. 63-110: *Rye: Production, Chemistry, and Technology*. W. Bushuk, ed. R. C. Hosene, E. Varriano-Marston, y D. A. V. Dendy. Págs. 71-144: *Advances in Cereal Chemistry and Technology*, Vol. 4. Y. Pomeranz, ed. Ambos publicados por American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.)

Vitamina o sustancia mineral	Trigo	Centeno	Cebada	Avena	Arroz	Maíz	Sorgo
Vitaminas							
Tiamina	0,55	0,44	0,57	0,70	0,33	0,44	0,58
Riboflavina	0,13	0,18	0,22	0,18	0,09	0,13	0,17
Niacina	6,4	1,5	6,4	1,8	4,9	2,6	4,8
Ácido pantoténico	1,36	0,77	0,73	1,4	1,2	0,70	1,0
Piridoxina	0,53	0,33	0,33	0,13	0,79	0,57	0,60
Minerales							
Fósforo	410	380	470	340	285	310	405
Potasio	580	520	630	460	340	330	400
Calcio	60	70	90	95	68	30	20
Magnesio	180	130	140	140	90	140	150
Hierro	6	9	6	7	...	2	6
Cobre	0,8	0,9	0,9	4	0,3	0,2	0,5
Manganeso	5,5	7,5	1,8	5	6	0,6	1,5

(de un 3% a un 5%). La composición de aminoácidos está bastante bien equilibrada, con valores de lisina en torno al 3,5% de la proteína total. No obstante, la lisina es el primer aminoácido limitante, seguido por la treonina, aunque los niveles de ésta son bastante adecuados. La cantidad de ácido glutámico es relativamente baja.

Las vitaminas predominantes en el arroz son la tiamina, la riboflavina y la niacina; entre los minerales se encuentran el calcio, el fósforo, el hierro, el sodio y el potasio.

RECUERDA...

El beriberi, enfermedad producida por falta de vitamina B₁ o tiamina, se conocía mucho antes que la propia vitamina. Este cuadro es endémico en poblaciones cuya base alimenticia es el arroz descascarillado y cursa con manifestaciones de tipo neurológico y cardiovascular que pueden incluir neuropatías periféricas, convulsiones, calambres e insuficiencia cardíaca.

En los países desarrollados, el déficit de esta vitamina se presenta, sobre todo, en alcohólicos crónicos, probablemente, a causa de su baja absorción intestinal. También se ha descrito este déficit en regiones de elevado consumo de pescados crudos, té, café y arándanos, alimentos que contienen **tiaminasas**, responsables de la degradación de esta vitamina.

□ Cebada

Los granos de almidón de la cebada pueden ser grandes y lenticulares o pequeños y esféricos. Constituye el 66%

de la composición total del grano; en los granos descascarillados, la fibra representa el 4,5%.

Los lípidos de la cebada rondan el 3,3%, de las cuales la tercera parte se localiza en el germen. Destaca el contenido en los ácidos grasos linolénico y palmítico.

Las proteínas mayoritarias en la cebada son una glutelina (41%) y una prolamina llamada **hordeína** (38%). Además, encontramos una globulina, la **edestina** (18%) y una albúmina, la **leucosina** (3%). El aminoácido limitante es la lisina, aunque su cantidad es superior a la de otros cereales; a continuación, le sigue la treonina. El endospermo es relativamente rico en ácido glutámico y en lisina.

Las vitaminas mejor representadas son la niacina y el ácido pantoténico, mientras que entre los minerales sobresalen el fósforo, el potasio y el magnesio.

□ Centeno

Los granos de almidón del centeno tienen la misma forma que los del trigo o la cebada. Su cantidad es próxima al 70% del total de los nutrientes y la fibra vegetal representa entre un 1,6% y un 2%.

La cifra lipídica es del 3%; destaca la lisofosfatidilcolina por su combinación con el almidón. Entre los ácidos grasos, predominan los insaturados, si bien la presencia de ácido palmítico no es despreciable.

La técnica de Osborne demuestra la existencia de albúminas (35%), globulinas (10%), prolaminas (20%), glutelinas (10%) y proteínas no solubilizables (20%). Esta composición permite establecer que el valor nutri-

cional del centeno es superior al de la mayoría de los cereales, con excepción de la avena, por su alto contenido en lisina. El aminoácido limitante es el triptófano, aunque la cifra de leucina también es bastante baja.

Las vitaminas más abundantes son la niacina y el ácido pantoténico. Entre los minerales destacan el potasio, el fósforo y el magnesio.

□ **Avena**

El porcentaje de carbohidratos en la avena ronda el 68% y están distribuidos en grandes granos compuestos de almidón. La fibra supone entre un 1% y un 2%.

La cantidad lipídica es superior a la de otros cereales, oscilando entre un 5% y un 9%; es curioso que abundan más en el endospermo que en el germen. Es considerablemente alta la cifra de ácidos linoleico y linoléico. Al igual que en otros cereales, los tocoferoles están bien representados.

La proteína de la avena es la de más alto valor nutricional de los cereales, existiendo una gran presencia de globulinas (55%), más baja de glutelinas (20% a 25%) y menor de prolaminas (10% a 15%); estas últimas se denominan aveninas. La composición proteica global se acerca al 14%.

Entre las vitaminas, predominan la niacina y el ácido pantoténico, entre los minerales, el potasio, el fósforo y el magnesio.

□ **Otros cereales**

La composición básica del sorgo es similar a la de los cereales ya explicados, si bien tiene un rasgo diferencial, gránulos de almidón en el interior de su pericarpio. Su prolamina se llama **kafirina**.

Las variedades de mijo perlado son muchas y las diferencias en su composición nutricional, notables. Su proteína es parecida a la del maíz.

Por último, la combinación entre trigo y centeno para obtener triticale dota a este cereal de una proteína similar a la del centeno.

19.2. Alteraciones en la manipulación, el almacenamiento y el tratamiento culinario.

Determinaciones de control

Las principales alteraciones de estos productos suceden durante el período de almacenamiento; son escasas en los procesos de faenado y manipulación y prácticamente inexistentes en el transporte y distribución.

A lo largo del faenado y la manipulación pueden incorporarse a los cereales impurezas grandes o pequeñas procedentes del medio ambiente y, en especial, del suelo, donde se acumulan durante un tiempo más o menos prolongado. No es raro encontrar materias extrañas como limo, piedras, excrementos de roedores y objetos metálicos. Antes del almacenamiento o de la transformación en harina, se debe proceder a su eliminación mediante sistemas más o menos complejos de tamices o cribas que separen los granos de cereal maduros. Si se desea moler el grano, se ha de lavar y trasladar a una centrífuga donde se agite y deseque, eliminando así el limo e impurezas similares.

El período más crítico es la fase de almacenamiento, pues, habitualmente, se prolonga durante períodos que pueden llegar a varios años. Históricamente, esto ha permitido a las poblaciones dotarse de reservas de alimentos para las épocas de escasez debidas a desastres naturales. Aunque la cosecha se recoge una vez al año —en algunas áreas tropicales, dos—, la disponibilidad para el consumo se mantiene durante todo el año. Las técnicas de almacenamiento varían desde el simple acumulo de los granos sobre el suelo, sobre las calles o sobre estructuras simples, hasta la utilización de construcciones de gran tamaño (silos) capaces de acoger cientos de toneladas.

Las condiciones del almacenamiento tienen una enorme importancia desde el punto de vista económico, en especial, en los países menos desarrollados, en los que diversos agentes pueden hacer que se pierda hasta un 30% de la cosecha. Entre estos agentes destacan los roedores y los insectos. Los roedores son responsables de la destrucción, por consumo o contaminación, de millones de toneladas de alimentos cada año, por lo cual es necesario construir edificaciones con dispositivos anti-roedores y buenas medidas sanitarias que ahuyenten a estos animales. Por su parte, los insectos consumen parte del grano y, además, lo contaminan. Más adelante, se analizará con detenimiento su actuación.

En algunas sociedades primitivas ha existido la práctica de almacenar el grano en niveles subterráneos con un ambiente seco. De este modo, se evita el efecto perjudicial de las inclemencias climáticas y la actuación de insectos y hongos, a causa del alto contenido de CO₂ en el aire que rodea a los granos y de la escasez de oxígeno.

Una técnica más avanzada y con la que se consiguen mejores resultados es el almacenamiento en sacos, siempre y cuando éstos queden aislados de los fenómenos meteorológicos y de los animales predadores. Su inconveniente es que suele resultar bastante caro. Por último, existe la posibilidad de almacenamiento a granel en depósitos de tamaño variable constituidos con madera, acero u hormigón.

19.2.1. Alteraciones en las características físico-químicas y bromatológicas

El apilado del cereal en el suelo o en estructuras sencillas en forma de montones permite, si el plazo de tiempo es corto, una buena eliminación del agua y un mínimo deterioro de la capa superficial, que afecta a una o dos pulgadas. Si el período de tiempo es más largo, las pérdidas van en aumento, debido a que el cereal retiene agua de lluvia y a que actúan roedores, pájaros e insectos.

Durante el almacenamiento en grandes contenedores, el grano se sedimenta o encaja tanto más cuanto menor sea su tamaño. Al verter el cereal en el silo, los granos más pesados caen a mayor velocidad y más derechos, mientras que las partículas más ligeras quedan desplazadas hacia las paredes. Sin embargo, si el vertido se realiza sobre otros granos, las pequeñas partículas correspondientes a granos rotos, polvo, cizaña, etcétera, quedan retenidas entre los granos grandes situados en el centro del montón. Al ir descargando el silo, es esta zona central del montón la que fluye con más rapidez, hecho que se manifiesta por la aparición de una depresión con forma de cono en la superficie.

El grano almacenado conserva durante bastante tiempo una respiración que conducirá a la lenta pérdida de peso si las condiciones de almacenamiento han sido apropiadas. Es difícil separar la respiración correspondiente al grano de la de los microorganismos e insectos que siempre van unidos a él; el mejor método es la determinación del CO₂ producido o la del oxígeno consumido, o ambas a la vez, lo que se conoce como **cociente respiratorio**, que es variable para los diferentes principios inmediatos. Los aumentos de la humedad relativa y de la temperatura se acompaña de una aceleración de la respiración. A su vez, la respiración puede generar una indeseada producción de calor y vapor de agua. Para evitar el acúmulo de calor se precisa una buena aireación que, afortunadamente, en el caso del trigo se consigue gracias a que los espacios libres que quedan entre los granos suponen del 30% al 40% del volumen total. La respiración también se incrementa cuando hay un alto número de granos lesionados.

El cereal que no se ha conservado bien es el cereal enfermo. Si se trata del trigo, la enfermedad se detecta por un oscurecimiento del germen que denota su muerte, asociado al desarrollo de hongos que inhiben la germinación. El oscurecimiento se debe a una reacción del tipo Maillard que torna al germen fluorescente. Otros indicios de alteración del grano remiten a la pérdida del lustre natural y a la adquisición de una tonalidad mate. También es posible detectar olor agrio o a moho. Los primeros síntomas del deterioro afectan al poder germinativo del cereal.

PARA SABER MÁS...

La prueba del tetrazolio se utiliza para comprobar si la semilla es viable y consiste en la reducción del 2,3,5-trifeniltetrazolio por la deshidrogenasa localizada en el germen. Si la prueba es positiva, el germen aparece con color rojizo. El poder de germinación de los granos es de fundamental importancia en el caso de la cebada, por su aplicación en la industria de la maltería-cerveza. Otras pruebas para determinar la posibilidad de conservación del grano son los ensayos de acidez grasa y de actividad de la glutámico-descarboxilasa.

En otras ocasiones, lo que ocurre es una germinación, después de un período de inactividad, a consecuencia de una proteólisis y una amilolisis α desfavorable para la panificación. La capacidad panificadora también puede verse afectada cuando se aplican altas temperaturas para proceder al secado de los granos. Si la temperatura sobrepasa 65°C, pueden modificarse las proteínas del gluten y los enzimas precisos para la formación del pan.

Otras alteraciones remiten a la actividad enzimática del interior del grano. Así, por ejemplo, la acción de las lipasas y lipooxigenasas endógenas y la oxidación química de los lípidos pueden dar lugar a la génesis de compuestos productores de olores, sabores y colores desagradables.

En el caso del arroz, el Código Alimentario Español establece las siguientes denominaciones para los defectos que aparecen:

- **Medianos**, fragmentos de granos con un tamaño inferior a tres cuartas partes de un grano.
- **Granos amarillos**, que tienen color amarillo en más de la mitad de su superficie debido a procesos de fermentación. La gama va desde el amarillo claro al amarillo anaranjado.
- **Granos manchados**, que presentan, al menos en la mitad de su superficie, un color distinto al normal.
- **Granos rojos y veteados rojos**; granos de arroz elaborado en los que la cutícula roja cubre, al menos, el 25% de la superficie del grano. Los granos veteados rojos presentan vetas rojas de una longitud igual a la mitad o más de la del grano entero, pero sin llegar a cubrir el 25% de la superficie del grano.
- **Granos yesosos**, totalmente opacos y harinosos, con aspecto de yeso.
- **Granos verdes**, que no están suficientemente maduros en el momento de la recolección, por lo que su color es verdoso o verde hoja seca.

- **Granos picados;** debido a la picadura de un insecto durante su maduración, tienen una mancha circular penetrante de color oscuro.
- **Impurezas;** se trata de granos de arroz revestidos, cáscaras, semillas extrañas y otras materias.

19.2.2. Alteraciones biológicas

Las modificaciones provocadas por los roedores exigen que, siempre que sean avistados, se proceda a la pertinente desratización.

Tiene especial interés la actuación de los insectos que pueden encontrarse en el interior o en el exterior del grano. Las especies *gorgojo del granero*, *gorgojo del arroz*, *gorgojo del maíz*, *taladradores pequeños de los granos* y la polilla *Angoumois* del grano se desarrollan en el interior y provocan una infestación oculta en los granos almacenados hasta que se transforman en coleópteros o mariposas. Los gorgojos dejan sus huevos dentro del grano, mientras que los taladradores y la polilla los depositan en el exterior, pero la larva recién incubada se introduce en el grano.

Los más importantes insectos del exterior son los *gorgojos confuso y rojo de la harina*, el *gorgojo en diente de sierra* del grano, las *canastillas*, los *gorgojos Khapra* y la *polilla india de la harina*. Se alimentan de granos rotos, polvo de los granos, etc.

Para evitar la actividad de los insectos, podemos actuar de diversas formas:

- Reduciendo la temperatura por debajo de 10°C; así se inhibe el crecimiento y el desarrollo de la mayor parte de insectos, dado su origen subtropical.
- Haciendo que la humedad quede por debajo del 9%; no obstante, la proliferación de hongos a humedades más elevadas también elimina insectos.
- Utilizando agentes químicos.
- Irradiando los granos.

19.2.3. Alteraciones durante el tratamiento culinario

El uso de cereales enteros con fines nutricionales es excepcional en nuestro medio, salvo el caso del arroz y, en menor medida, el del maíz. Lo habitual es que sean molidos y transformados en harina para elaborar un gran número de productos.

Las variedades de arroz son muchas, de tal forma que se puede afirmar que, prácticamente, en cada país se consume un tipo de arroz característico. No obstante, se tiende a establecer dos grandes grupos con usos

gastronómicos diferentes: el arroz de grano largo y el arroz de grano corto. El arroz ofrece muchas posibilidades culinarias y, de hecho, muchos pueblos basan sus platos tradicionales en el arroz que cultivan en sus tierras: baste mencionar la paella española, el *risotto* italiano, el *pudding* inglés, el *curry* indio, el *pilau* persa o el *nasi goreng* indonesio.

El arroz tiene la particularidad de que puede retener agua en sus granos de almidón, lo que determina un hinchado irreversible y un aumento del volumen del grano de 2,5 a 3 veces su tamaño original. Esto sucede a una temperatura de cocción de 69°C a 75°C. La capacidad de retención de agua difiere en cada variedad e igualmente, depende de la edad del arroz, de tal forma que el arroz joven recién recolectado se cuece antes y absorbe menos agua que un arroz viejo de la misma variedad. En relación con este aspecto, hay que señalar que los gustos varían de unas zonas a otras; así, en la India los arroces con edad superior a un año son los más apreciados, mientras que en Japón gustan más los arroces jóvenes.

El contenido en amilosa de los granos de arroz es responsable de su pegajosidad y capacidad aglutinante. Si la cantidad de amilosa es inferior al 20%, se pega al cocerse, por lo que, generalmente, son más apreciados los arroces con contenidos superiores al 25%; incluso, en algunos arroces empleados para elaborar *pilau* se llega al 30%.

Existen arroces comerciales de cocción rápida que han sido sometidos a una cierta trituración y a una precocción con vapor para gelatinizar las partículas de almidón. El arroz sancochado se elabora a partir de granos con cascarilla que reciben la acción del vapor para que los nutrientes que hay en la cáscara pasen hacia el grano, con lo que mejora su valor nutritivo, con la utilidad que esto supone para las poblaciones cuya base alimenticia es el arroz.

Los trucos culinarios para un buen cocinado del arroz son tantos como cocineros hay en el mundo: para algunos, hay que añadir sal al agua de cocción para obtener el punto ideal final, mientras que otros opinan que con esta maniobra se proporciona al arroz un color grisáceo y una alteración del sabor nada deseables. Unos consideran que primero hay que calentar el agua y luego, verter el arroz, mientras que otros calientan el arroz seco y después añaden el agua. Hay quienes no tocan el arroz durante su cocción; otros lo remueven constantemente. Unos lo remojan media hora antes de cocerlo, y otros no son partidarios de lavarlo.

Además de la cocción en agua, también es posible emplear leche y vapor. Asimismo, puede freirse en aceite o en mantequilla hasta que queda traslúcido, pudiéndose añadir después líquido para cocerlo aún más. El resultado final es un ablandamiento del grano que mejora su palatabilidad. Las variaciones en el color y en

el sabor dependen de la adición o no de diversos colorantes y de la técnica culinaria empleada. A partir de granos de arroz rotos se pueden preparar gachas, granos que también son útiles para dar consistencia a las sopas y a algunas salsas.

En relación con el maíz, señalaremos que sólo un 3% de la producción mundial anual se destina al consumo humano en forma de maíz dulce. Un 90% se dedica a fabricar harina y piensos para el ganado y el 7% restante sirve para elaborar diversos derivados, como aceite de maíz, jarabe de maíz y semolina. El maíz dulce es un sabroso complemento para las ensaladas y otros platos, a los que aporta colorido. Las mazorcas de maíz también se pueden cocer directamente y consumirse a continuación.

Por último, indicaremos que los granos de avena se emplean en la confección del muesli, en el que se combinan cereales, frutos, frutos secos y otros productos alimenticios; se trata de un combinado con alto poder energético y elevado contenido en fibra.

19.2.4. Determinaciones analíticas de control en cereales

Las determinaciones físico-químicas más importantes que se han de realizar en los cereales comprenden cenizas, humedad, grasa, nitrógeno y fósforo, para las cuales se han de utilizar los procedimientos ya descritos en otras unidades de la obra.

La muestra se obtiene y prepara mediante selección por técnica de cuarteo, homogeneización y, al ser un producto sólido duro, pulverización de la misma.

19.3. Características microbiológicas y protocolo de análisis

Aunque la composición bromatológica de los cereales podría llevar a sospechar de una fácil colonización microbiológica, la realidad es bien distinta, a causa de sus características físico-químicas. Así, su escaso contenido acuoso impide la multiplicación bacteriana en el interior del grano y limita mucho la proliferación mohosa.

Sin embargo, en la superficie del cereal hay una relativa abundancia de gérmenes saprofitos que proceden del suelo, el aire, los animales, las plantas, etc. Su cantidad y variedad depende de factores como el clima, las características del suelo, las técnicas de recolección, el contacto con animales como insectos, pájaros o roedores y el tipo de almacenamiento a que han sido sometidos.

Los microorganismos más habituales son del tipo coliforme: pseudomonas, bacterias esporuladas que resisten bien las condiciones adversas del suelo, leva-

duros y esporas fúngicas. Es bastante corriente encontrar mohos de los tipos *Cladosporium* y *Aspergillus*.

19.3.1. Alteraciones microbiológicas

Como se ha indicado, el escaso contenido acuoso de estos alimentos impide un crecimiento bacteriano significativo. No ocurre lo mismo con los hongos y los mohos, que son los microorganismos principalmente implicados en la aparición de alteraciones en los cereales. El crecimiento de los hongos depende de la humedad, del tiempo de actuación y de la temperatura, si bien lo más importante es la humedad. Para su medición se emplea el reactivo de Karl Fischer o alguno similar. Como las variaciones de humedad pueden ser muy amplias de unas muestras a otras, el valor básico no es la humedad promedio, sino el valor máximo que se encuentre en el lote.

Con la humedad relativa se hace referencia al grado de humedad del aire que rodea al grano. Por lo general, el desarrollo de las esporas fúngicas no tiene lugar cuando la humedad relativa es inferior al 70%, aunque se acepta que los niveles máximos para el almacenamiento fiable de los principales granos son: maíz, 13%; trigo, 14%; cebada, 13%; avena, 13%; sorgo, 13% y arroz, de 12% a 13%.

Los microorganismos implicados pueden estar en el interior del grano o en su superficie. El grano almacenado es atacado, sobre todo, por especies de *Aspergillus* que se adaptan muy bien a la escasa humedad. Las especies de *Penicillium* necesitan humedades más altas y otras especies sólo se desarrollan cuando la humedad aumenta considerablemente al desajustarse el sistema de almacenamiento. La proliferación de mohos provoca hidrólisis de glicolípidos y fosfolípidos.

El principal riesgo para la salud de los consumidores estriba en la presencia de sustancias tóxicas producidas por los hongos, que actúan tras su ingestión o por contacto con la piel. La aplicación de algunas toxinas de *Fusarium* en la piel de ratones o conejos provoca su muerte en veinticuatro horas. *Aspergillus flavus* es capaz de producir cuatro aflatoxinas, con potencial cancerígeno, cuando se desarrolla sobre granos de cacahuete o de maíz demasiado húmedos. La primera de ellas se descubrió en Inglaterra en 1960, pues ocasionó la muerte de un número importante de pavos.

YA SABEMOS...

El ergotismo es una micotoxicosis que afecta al ser humano debido a los alcaloides tóxicos **ergotamina** y **ergotoxina** que hay en el centeno parasitado por el hongo *Claviceps purpurea*, también conocido como **cornezuelo del centeno**. Sus síntomas son **fatiga, vértigo, alteraciones gastrointestinales y ataques convulsivos**.

Una importante micotoxicosis humana es la islanditoxicosis, ocasionada tras el consumo de arroz contaminado con *Penicillium islandicum*, el cual produce tres toxinas: **luteoskirina**, **ciclorotina** y **eritroskirina**. Se han dado casos de esta enfermedad en Extremo Oriente, manifiestos en un aumento anormal de la incidencia de cánceres hepáticos.

19.3.2. Protocolo de análisis microbiológico

Aunque el análisis microbiológico es infrecuente en el caso de los cereales, el protocolo para su estudio incluye varias determinaciones y recuentos.

La preparación de la muestra se realiza tomando asépticamente porciones de diferentes áreas del total del producto para obtener una muestra representativa. El producto resultante se mezcla con la cantidad necesaria de agua de triptona estéril para obtener una dilución 1:10. La mezcla se tritura y homogeneiza durante dos minutos en condiciones asépticas y se utiliza como solución madre.

Una forma alternativa de preparación consiste en macerar el cereal en el diluyente, sin triturar, en frigorífico durante treinta minutos.

Las determinaciones que se han de realizar son:

- Recuento de colonias aerobias mesófilas ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
- Investigación y recuento de *Enterobacteriaceae* lactosa-positivas.
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella*.
- Investigación y recuento de *Bacillus cereus*.
- Investigación y recuento de mohos y levaduras.

19.4. Harinas

Según el Código Alimentario Español, deberá entenderse por harina, sin otro calificativo, el producto de molturar el trigo industrialmente limpio. Las harinas de otros cereales y leguminosas deberán llevar, junto a su nombre genérico, indicación del grano del cual proceden.

19.4.1. Obtención de harinas

La harina se consigue mediante los procesos de molienda y molturación. Previamente, es necesario limpiar los granos sanos, ya que los que están dañados no deben destinarse a tal fin.

Las impurezas metálicas se eliminan gracias a un dispositivo de separadores magnéticos; otros tipos de separadores se encargan de apartar piedras, palos, paja,

broza y todo el material extraño de mayor o menor tamaño que el del grano que se está limpiando.

Posteriormente, un sistema de cribas va seleccionando el cereal, que será clasificado en función de su tamaño mediante discos separadores. El restregador es un ingenio que se encarga de frotar los granos entre sí, contra una pantalla metálica perforada o contra una superficie abrasiva para eliminar la suciedad adherida, que desaparece por aspiración.

Al grano seco que resulta se le añade agua y se le deja en reposo durante un tiempo: ésta es la fase de **atemperado**, con la que se pretende que el endospermo se reblandezca y que el salvado se ponga correoso para que no se parta en pequeños trozos durante la molturación.

Los trigos blandos se atemperan a una humedad de 15% a 15,5% y los duros, a 16,5% e, incluso, más. Las capas de salvado son perfectamente permeables al paso del agua. Más tarde, se procede a acondicionar los granos utilizando conjuntamente calor y agua para suavizar el endospermo. La temperatura no debe superar los 45°C , pues existe el riesgo de desnaturalizar el gluten.

En el caso del trigo, la eliminación de las cubiertas externas por abrasión es incompleta debido a la presencia del surco. Para solucionar el problema, se lleva a cabo el proceso de molturación, que consiste en sucesivos triturados a través de juegos de rodillos que van reduciendo el tamaño de las partículas. Además, se procede a la separación de los tegumentos y la capa de aleurona que forman el salvado por un lado y, por otro, del germen y el endospermo. El salvado y el germen se destinarán a la alimentación animal.

En primer lugar, el endospermo es fragmentado en pedazos más o menos pequeños que luego pasan por unos rodillos lisos que reducen su tamaño a la finura de la harina. Tras cada paso de molturación se realiza el cernido o tamizado de la harina a través de un sistema de cribas que separan las partículas más groseras para enviarlas de nuevo a los rodillos reductores.

El **grado** o **fracción de extracción** es la cantidad de harina de unas características determinadas que se obtiene en la molturación de 100 kilogramos de grano limpio, referidos una y otro al mismo tanto por ciento de humedad.

La harina procedente del endospermo del grano supone, aproximadamente, un 70% del peso de éste, por lo que se habla de un grado de extracción del 70%. Si se utilizan otras partes del grano para obtener harina, es posible llegar a una fracción de extracción del 95% e incluso más. La harina se distribuye, según su contenido, en proteína o almidón; basándose en la diferente densidad por un mecanismo de turbomolienda que se aprovecha de una corriente turbulenta de aire. Así se

logra todo tipo de mezcla de harinas para pan, pastelería, galletería y otros fines.

La molturación del maíz tiene algunos inconvenientes: el grano es duro, plano y contiene un germen de grandes dimensiones que se debe eliminar para que el producto final no se ponga rancio en poco tiempo. Después de que desaparecen el germen y la cubierta, se hace una molturación similar a la del trigo.

El centeno se muele de modo parecido al trigo, si bien hay que tener especial cuidado en la limpieza previa para eliminar el hongo del cornezuelo que se sitúa sustituyendo un extremo del grano.

En el caso del arroz y de la cebada perlada, el producto deseado es el grano entero sin cáscara, para lo cual se emplea la decorticación o supresión de la corteza. Para el sorgo y el mijo también se utiliza esta técnica, pero después se procede al molido simple, con lo que resulta una harina bastante gruesa. Normalmente no se elimina el germen, por lo que el enranciamiento sobreviene precozmente.

19.4.2. Clasificación

Según las diversas propiedades de la harina, se establece la siguiente clasificación:

□ Harina

Se entiende por harina, sin otro calificativo, el producto finamente triturado que resulta de la molturación del grano de trigo (*Triticum aestivum*) o de la mezcla de éste con el *Triticum durum*, maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finamente triturados de otros cereales deberán llevar, junto con el nombre genérico de la harina, el del grano del cual proceden.

□ Harina integral

La harina integral resulta de la molturación del grano de trigo, maduro, sano y seco, industrialmente limpio, sin separación de ninguna parte de él, es decir, con un grado de extracción del 100%.

□ Harina integral de trigo desgerminado

Se trata del producto resultante de molturar el grano de trigo maduro, sano y seco, industrialmente limpio, al que se le ha eliminado sólo el germen.

□ Mezcla de harinas

Es la resultante de la mezcla de harinas de diferentes cereales. En el envase figurará la especificación cuantitativa y cualitativa de las harinas que la integran.

□ Harina acondicionada

Las características organolépticas, plásticas y fermentativas de esta harina se modifican o complementan para mejorarla mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados. En el envase figurará la leyenda harina acondicionada, seguida del nombre del cereal del que proceda, la fecha de envasado y referencia numérica de la autorización para realizar el acondicionamiento.

□ Harina enriquecida

Se trata de la harina a la que se ha añadido alguna sustancia que eleve su valor nutritivo, con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ella elaborados.

□ Harina para rebozar

Es la harina acondicionada por adición de determinadas sustancias, debidamente autorizadas, y que se utilizan en la condimentación de alimentos.

□ Harina alterada

Se considera como alterada, averiada y enferma la harina que tenga olor anormal, sabor ácido o aquélla cuyo gluten presente propiedades anormales.

□ Harina de fuerza

Es la harina de extracción T-45 y T-55, exclusivamente, procedente de trigos especiales.

□ Sémola y semolina

Son los productos fundamentalmente constituidos por endospermos de estructura granulosa, procedentes de la molturación del trigo industrialmente limpio. Se clasifican según su granulosis en estos grupos:

- **Sémola gruesa:** sus gránulos tienen un diámetro superior a seis décimas de milímetro.
- **Sémola fina:** el diámetro de sus gránulos está comprendido entre cuatro y seis décimas de milímetro.
- **Semolina:** sus gránulos tienen un diámetro comprendido entre dos y cuatro décimas de milímetro.

Podemos distinguir, asimismo, una sémola de boca o de consumo directo, una sémola industrial, una semolina de trigo duro y otra semolina de trigo blando.

□ Harina especial

La harina se obtiene mediante procesos especiales de elaboración; existen varias modalidades:

- **Harina malteada:** se elaborada a partir de cereales que hayan sufrido un malteado previo. A su vez, se clasificará según el contenido en almidón soluble en agua.
- **Harina dextrinada:** es aquella que por tratamiento térmico, o por adición de una pequeña cantidad de ácido no perjudicial, contiene dextrina. La dextrina es el producto que resulta de la fécula de patata o de maíz mediante un tratamiento técnico.
- **Harina preparada:** la mezcla de harinas especiales con productos lácteos y otras sustancias nutritivas.
- **Harina de yuca:** procede de la molienda de la pulpa de yuca, lavada y deshidratada.

19.4.3. Características organolépticas y físico-químicas

La harina presenta una consistencia característica debido a su carácter pulverulento. Además, tiene la propiedad de quedarse pegada a las superficies con las que entra en contacto. Su olor y sabor tienen relación con los de los cereales de los que procede: el color es blanco-amarillento cuando procede de endospermo puro o casi puro, pero si la fracción de extracción supera entre un 72% a un 74%, el color se deteriora rápidamente al incorporar otros constituyentes además del endospermo. La ligera tonalidad amarillenta de la harina recién extraída se debe a la presencia de pigmentos carotenoides del tipo xantofila y sus ésteres en el endospermo. Si la harina se almacena durante un período de tiempo prolongado, el oxígeno va destruyendo dichos pigmentos, con lo que la blancura y el aspecto mejoran considerablemente. Para acelerar este proceso, la industria harinera emplea diversas sustancias blanqueantes de las cuales, la que más se utiliza es el peróxido de benzoiolo, que se añade en forma de polvo seco y actúa en un par de días. El cloro gaseoso o alguno de sus derivados nitrogenados también producen una harina muy blanca en pocos instantes. El cloro es perjudicial en las harinas para panificación y destruye parte de la vitamina E, aunque es beneficioso en las harinas de repostería. También se pueden incorporar a la harina compuestos que aceleran su maduración como el bromuro potásico, el iodato potásico, la azocarbonamida, el peróxido de acetona o el dióxido de cloro.

La humedad de la harina gira en torno al 12% o 13%.

19.4.4. Características bromatológicas

La composición nutricional de la harina depende del tipo de que se trate. Los valores que damos aquí son aplicables a la harina blanca obtenida del molturado del endospermo del trigo.

En el Cuadro 19.3 es posible comprobar la disminución generalizada en la composición nutricional; sólo el aporte hidrocarbonado experimenta un sensible aumento. Sin embargo, la fibra desaparece casi por completo y, con ella, la mayor parte de las vitaminas y de los minerales que contiene.

Cuadro 19.3. Variación en la composición al pasar de trigo a harina. (Adaptado de E. Ziegler y E. N. Greer. 1971. Págs. 115-199 en: *Trigo: Chemistry and Technology*, 2nd ed. Y. Pomeranz, ed. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN.)

	Trigo	Harina de 70% de extracción
Ceniza, %	1,55	0,4
Fibra, %	2,17	Trazas
Proteína, %	13,9	12,9
Aceite, %	2,52	1,17
Almidón, %	63,7	70,9
Tiamina, µg/g	3,73	0,70
Riboflavina, µg/g	1,70	0,70
Niacina, µg/g	55,6	8,50
Hierro, mg/g	3,08	1,42
Sodio, mg/g	3,2	2,2
Potasio, mg/g	316	83
Calcio, mg/g	27,9	12,9
Magnesio, mg/g	143,0	27,2
Cobre, mg/g	0,61	0,18
Cinc, mg/g	3,77	1,17
Fósforo total, mg/g	350	98
Fósforo de filato, mg/g	345	30,4
Cloro, mg/g	39,0	48,4

Para evitar las carencias vitamínicas y minerales, toda la harina casera y el pan de panadería se enriquecen con las vitaminas tiamina, riboflavina y niacina, y con sales minerales de hierro.

PARA SABER MÁS...

Una forma de detectar el fraude en la elaboración de la harina consiste en determinar las cenizas. El grano entero de trigo contiene un 1,5% de su composición en forma de mineral. Sin embargo, el endospermo únicamente presenta un 0,3%, mientras que el salvado puede llegar hasta un 6%. Esto significa que una prueba sencilla y reproducible como la determinación de cenizas en la harina permitirá detectar si se ha añadido salvado.

Durante la molturación, una pequeña pero importante cantidad de granos de almidón (2%-3%) queda lesionada. Los trigos blandos sufren menos lesión que los duros. Los granos lesionados pierden su birrefringencia característica, en el microscopio se ven como

artefactos, pueden teñirse con rojo Congo y son susceptibles del ataque por parte de la α -amilasa fúngica. Aunque la lesión del almidón puede ser de utilidad para la fabricación del pan, actúa muy negativamente en la harina usada en repostería.

Como es sabido, las moléculas de almidón contienen amilosa y amilopectina, las cuales forman una especie de estructura cristalina que se rompe fácilmente. Esta estructura impide que entre el agua entre los gránulos, pero cuando la temperatura asciende a 60°C, las interconexiones comienzan a romperse y el agua penetra en los gránulos que se hinchan, formando su contenido amiloideo un complejo gelatinoso con el agua. Esta propiedad es responsable de la capacidad espesante de la harina cuando se añade a cremas, sopas, purés, etc.

19.4.5. Alteraciones durante la manipulación y el almacenamiento

Al igual que sucede con los granos de los cereales, la práctica totalidad de las alteraciones que sufre la harina acontecen durante su almacenamiento, si éste no se ha llevado a cabo en buenas condiciones.

Las características organolépticas pueden modificarse desagradablemente a causa de un exceso de humedad en los locales de almacenamiento o por la actuación de microorganismos. Así, por ejemplo, la harina puede aparecer apelmazada cuando la humedad ambiente es elevada o pueden aparecer sabores ácidos y olores extraños tras la actividad microbiana.

Mención aparte merecen los cambios en el color y en las propiedades panificables. Tras varios meses de depósito, el oxígeno del aire va inactivando los pigmentos carotenoides responsables de la tonalidad amarillenta que tiene la harina recién extraída. Esta acción confiere a la harina un color cada vez más blanco y atractivo. Otro punto de interés lo constituye la llamada maduración de la harina, que se traduce en ligeros cambios en la configuración del gluten con el paso del tiempo, los cuales mejoran sensiblemente las características del pan con ella elaborado.

PARA SABER MÁS...

La adición de sustancias químicas con fines blanqueadores o aceleradores de la maduración pueden acarrear algunos riesgos para la salud. De hecho, algunos de estos productos están prohibidos en diversos países occidentales, como el tricloruro de nitrógeno, madurador que reacciona con la metionina formando un derivado tóxico, la metionina sulfoximina.

19.4.6. Determinaciones analíticas de control

En la mayoría de las harinas destinadas a la alimentación humana las determinaciones básicas de interés incluyen: acidez, cenizas, humedad, nitrógeno, proteína, grasa y fibra bruta. Para varias harinas procedentes de distintos cereales se incluye, además, la determinación de almidón, como la de trigo o la de cebada.

□ Almidón

Se lava la muestra sobre papel de filtro repetidas veces con etanol al 70% y éter etílico. Se desintegra el papel con 5 ml de ácido clorhídrico al 50% y se añaden al residuo 10 ml del ácido. Después, se diluye a 100 ml con agua destilada y se filtra por un crisol de Gooch. Se toman 50 ml del filtrado y se añaden a 115 ml de etanol al 96%, agitando y lavando las paredes del recipiente con etanol al 70%. Se deja reposar cinco minutos y se decanta por un crisol de Gooch previamente pesado, lavando con los dos etanoles. Luego, el crisol se deseca durante tres horas a 105°C y se calcula el contenido de almidón por diferencia de pesada. En el caso de la harina de trigo, además, es interesante la determinación del contenido en bruto del gluten o la determinación de gliadina.

□ Gluten bruto

Se amasan 100 g de muestra con 100 ml de agua. Se añaden otros 500 ml de agua y se mezcla durante tres a cinco minutos y se deja en reposo una hora. A continuación, el líquido se decanta a través de un filtro de seda fina, repitiendo dos veces la extracción con agua. Se transfiere y compacta la masa a una cápsula de evaporación, previamente pesada, y se deseca a 105°C durante seis horas.

□ Gliadina

Sobre una muestra de 4 g se realiza una extracción con 100 ml de etanol al 70% mediante agitación, se deja reposar a lo largo de cinco a doce horas y, posteriormente, se filtra lavando con etanol. El filtrado se diluye a 200 ml y sobre una alícuota de 50 ml, tras evaporación, se determina el contenido en nitrógeno. La proteína soluble en alcohol, la gliadina, se calcula multiplicando la cantidad de nitrógeno por 5,7.

19.4.7. Características microbiológicas

Durante la molienda, la flora procedente de cereales, semillas, frutos, el medio ambiente, etc., se reparte por todo el producto. La baja actividad de agua que tiene la harina dificulta enormemente el crecimiento bacteriano, aunque esto puede aumentar peligrosamente cuan-

do las condiciones de almacenamiento no son las idóneas. Un valor de actividad de agua superior a 0,70 posibilita el enmohecimiento del producto, con el riesgo añadido de la producción de micotoxinas.

La flora habitual de la harina está constituida, fundamentalmente, por esporos de *Bacillus*, coliformes, representantes de los géneros *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Sarcina* y esporas de los mohos *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor* y *Rhizopus*. Si la carga microbiana es muy elevada, se compromete la estabilidad de los productos a los que se añade la harina, pudiendo surgir problemas para la elaboración de pan, pastas, etc.

Normalmente, la carga microbiana de la harina se sitúa entre 2×10^4 y 5×10^6 gérmenes/gramo. Para evitar alteraciones, lo ideal sería que la presencia microbiológica fuese inferior al 1×10^4 gérmenes/gramo.

El aumento de humedad favorece el desarrollo de mohos y levaduras en la superficie, y de *Bacillus* en la profundidad, los cuales pueden ocasionar fermentaciones alcohólica y acética, así como gas. Desde el punto de vista higiénico-sanitario, tienen todavía mayor importancia las micotoxinas generadas por la contaminación fúngica. Los mohos del grano, del ambiente, de la maquinaria, etc., pasan a la harina, y es posible destruirlos por diversos mecanismos, aunque sus toxinas permanecen en el producto. La bacteria patógena más comúnmente aislada es la *Salmonella* en harinas de soja y en otras oleaginosas; su presencia en la harina de trigo es muy rara.

19.4.8. Protocolo de análisis microbiológico de harinas y derivados

La muestra se prepara, asépticamente, realizando una suspensión al 1:10 en agua de triptona, que se emplea como solución madre.

Las investigaciones y recuentos que se realizarán son los siguientes:

- Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos ($31 \pm 1^\circ\text{C}$).
- Investigación y recuento de *Enterobacteriaceae* totales.
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*.
- Investigación de *Salmonella-Shigella*.
- Investigación y recuento de *Clostridium* sulfitorreductores.
- Investigación y recuento de *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico.

- Investigación y recuento de *Bacillus cereus*.
- Investigación y recuento de mohos y levaduras.

19.5. Otros derivados de los cereales

Si se utilizan los cereales como materia prima, es posible obtener una gran variedad de productos alimenticios, algunos de los cuales se hallan entre los más apreciados por los consumidores. En muchos casos, el alimento o la bebida derivan del tratamiento de la harina pero, en otros procede directamente de los granos. Seguidamente analizaremos las características de los más importantes.

19.5.1. Pan

Según el Código Alimentario Español, se designará con el nombre de pan al producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, mezcla fermentada por la adición de levaduras activas como *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando se empleen harinas de otros cereales, el pan se designará con el apelativo correspondiente a la clase de cereal de que se trate.

□ Panificación

La panificación es el proceso de fabricación del pan usando harina procedente, en la inmensa mayoría de las ocasiones, del trigo.

El primer paso consiste en formar masa de panadería al añadir agua y sal a la harina. El amasado posterior, de quince a veinte minutos de duración, permite incorporar agua a las redes proteicas del gluten y a los gránulos de almidón. El gluten se va estirando, gracias a sus propiedades elásticas, mientras se acumula energía mecánica y se suceden múltiples acoplamientos y desacoplamientos entre las fibras proteicas, que van formando una red rígida, estable y tridimensional.

Los enlaces más potentes son de tipo disulfuro (-S-S-) por los grupos -SH libres del aminoácido cisteína. La masa obtenida presenta, en definitiva, un endurecimiento del gluten que la hace resistente a la extensión. Si el amasado continúa más tiempo de lo deseable, la masa se pone pegajosa y mojada; entonces se dice que se ha cortado. A continuación, se añade la levadura, con capacidad fermentativa, técnica que ya se practicaba en tiempo de griegos y romanos.

La fermentación sucede durante dos o tres horas y origina la producción de etanol y CO_2 , el cual queda retenido entre las finas mallas del gluten formando múltiples celdillas aéreas. Este proceso se conoce con el nombre de maduración y su duración óptima depende

de la fuerza de la harina. En algunos casos, a lo largo de esta fase, es costumbre golpear o reamasar la masa para dividir las celdas gaseosas en muchas más celdillas de menor tamaño que darán al pan su esponjosidad característica.

Por último, se corta la pasta, se le da la forma deseada, se hace un corte, se deja hinchar durante, aproximadamente, una hora y se cuece en un horno a 235°C-260°C a lo largo de veinte a cuarenta minutos. La temperatura de la pasta permanece próxima a 100°C, salvo en la superficie, en la que se produce un endurecimiento por desecación y un pardeamiento no enzimático que origina la corteza. La duración total de la preparación del pan oscila entre cuatro y ocho horas. Hay otros procedimientos, empleados sobre todo en panadería industrial, en los que la duración es sensiblemente inferior.

Cuadro 19.4. Componentes y función de la masa de panadería.

<i>Componentes</i>	<i>Cantidad (en peso)</i>	<i>Función</i>
Harina	100	Fuente de gluten, almidón, lípidos, etc...
Agua	50 a 65	Agente plastificante
Cloruro sódico	2	Sabor, endurecedor del gluten
Levadura	2	Fermentación
Malta	0,5	Origen de amilasas y proteasas
Sal de amonio	0,5	Sustrato para la levadura
Azúcar (sacarosa o glucosa)	6	Sabor, color, sustrato de levadura
Leche descremada en polvo	6	Sabor, color, efecto tampón sobre el pH
Lípidos o glicolípidos (ésteres de sacarosa o lactosa y ácidos grasos)	4	Mejora de textura, permite un enriquecimiento por eventual adición de proteínas de soja
Propionato cálcico	0,2	Agente antimicrobiano
Vitaminas y sales minerales	trazas	Enriquecimiento nutricional

- Los glúcidos corresponden al almidón presente en la harina. Parte de este almidón es escindido por las amilasas, que liberan polisacáridos menores, disacáridos (maltosa) y monosacáridos (glucosa). Las levaduras originan maltasas, que rompen la maltosa para dar moléculas de glucosa, y sacarosas, que liberan fructosa y glucosa a partir de la sacarosa. La glucosa es empleada por la levadura para producir etanol y anhídrido carbónico. La proporción final de azúcares disponibles gira en torno a un 55%.
- Los aminoácidos proceden de las proteínas de la harina y, en ocasiones, de la adición de leche o de otros productos que incrementan la calidad nutricional. La actuación de las proteasas que hay en la masa de pan dota a ésta de una mayor elasticidad. La cifra proteica global está próxima a un 8%.
- Los lípidos presentes en el pan corresponden a componentes auxiliares que influyen positiva-

YA SABEMOS...

El pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard se debe a la reacción de los azúcares no reductores, maltosa, glucosa y fructosa, con las proteínas y aminoácidos, formándose melanoidinas. Los azúcares de la superficie que no reaccionan se caramelizan y generan compuestos aromáticos como el furfural, el maltol, el diacetilo o el acetaldehído.

Composición del pan

Aunque la composición básica del pan depende de los nutrientes de la harina, la sal y el agua, también se pueden adicionar otras sustancias con finalidades varias. Así, es habitual encontrarnos los siguientes componentes (Cuadro 19.4):

mente en la blancura y en la estructura de la miga y de la corteza, y retrasan el envejecimiento de ambos. El contenido graso de la harina es muy bajo (1%) y la adición lipídica, de hasta un 3% a un 5%, aumenta el volumen de la masa y otorga al pan un aspecto esponjoso y suave al paladar.

- Los emulsionantes son aditivos químicos con una cabeza polar y una cola no polar que se disuelve en la fase grasa (no polar). La cabeza se disuelve en la fase acuosa y rechaza el aceite. La misión de los emulsionantes es hacer ligeros y esponjosos los productos a los que se añaden. Algunos de los más usados son la lecitina, el monoestearato de glicerol, el diestearato de glicerol y ésteres monoglicéridos de ciertos ácidos, como el acético, el tartárico, el láurico y el cítrico.
- Las vitaminas y las sales minerales. La cantidad vitamínica es baja, salvo que se añadan expresamente vitaminas para mejorar el valor nutricio-

nal. Los elementos químicos predominantes son el sodio y el cloro, procedentes de la sal, el calcio, el potasio y el hierro.

La leche y los huevos se pueden añadir en proporciones diversas; su misión es sustituir parte del agua, mejorar el contenido proteico y la trama tridimensional que forma, y ejercer los efectos de la grasa y de los emulsionantes.

□ Clases de pan

En el Código Alimentario Español se distinguen las siguientes variedades de pan:

- **Pan bregado, de miga dura, español o candeal:** es obtenido mediante elaboración especial, en la que es imprescindible el uso de cilindros refinadores.
- **Pan de flama o de miga blanda:** la proporción de agua es mayor que la del anterior y no está refinado por cilindros.
- **Pan integral:** está elaborado con harina integral a partir de grañones convenientemente tratados.
- **Pan de viena o pan francés:** es el pan de flama confeccionado a base de masa blanda, entre cuyos ingredientes, además de los citados anteriormente, se encuentran el azúcar, la leche o ambos al mismo tiempo.
- **Pan de gluten:** es el pan de harina de trigo enriquecida con gluten en proporción no inferior al 30% de gluten seco.
- **Pan especial:** sus características son tres:
 - Se le ha incorporado cualquier aditivo o coadyuvante tecnológico de la panificación, autorizados para panes especiales, tanto a la masa panaria como a la harina.
 - Se ha usado como materia prima harina enriquecida.
 - Se han añadido ingredientes como leche, huevos, cacao, pasas, frutas, etc. y no lleva sal ni microorganismos propios de la fermentación.
- **Complementos panarios:** en la elaboración de artículos de panadería y bollería se permitirá la incorporación a la masa panaria de diferentes sustancias alimenticias:
 - Gluten de trigo seco o húmedo, no desnaturalizado.
 - Leche entera, concentrada, en polvo, total o parcialmente desengrasada, o suero lácteo.
 - Huevos frescos o en polvo.

– Harina de leguminosas en una proporción inferior al 3% del peso de la harina empleada y la harina de soja hasta el 5%.

– Harina de malta o extracto de malta y azúcares comestibles.

– Esencia de limón y naranja.

– Cacao, vainilla y otras especias.

Excepto en el caso de los panes integrales y de gluten, las características del pan son éstas:

- **Color de la miga:** blanca, cremosa o amarillenta.
- **Color de la corteza:** dorada, uniforme y brillante o mate, según la clase de pan. Estará exenta de manchas.
- **Olor:** agradable y suave, exento de rancidez o de cualquier otro rasgo anormal.
- **Sabor:** agradable; ni agrio ni amargo.
- **Corteza:** al tacto será más o menos fina, según la clase de pan de que se trate y no deberá resultar excesivamente dura, debiendo quebrarse y crujiir ligeramente al hacer presión sobre la pieza.
- **Textura:** la miga será suave al tacto y tendrá una textura de alvéolos finos y gruesos, de paredes delgadas, distribuidos regularmente, dependiendo de la clase de pan.
- **Acidez:** no será superior al 5%, expresada en ácido láctico, referida a materia seca y determinada sobre extracto acuoso.
- **Examen al microscopio:** estará exento de gránulos de almidón de otros cereales, de mohos, de residuos de insectos, de huevos o larvas o de cualquier otra materia extraña que denote un deficiente estado higiénico-sanitario.
- **Humedad:** no podrá ser superior al 30% en la mayoría de los casos.

□ Alteraciones del pan

En el pan fresco, las cadenas de almidón se disponen caóticamente. Con el envejecimiento, van creando estructuras microcristalinas que empujan a las moléculas de agua hacia la superficie, donde se evaporan, con lo que el pan se vuelve más seco, la corteza, más dura y la miga, más fácilmente desmenuzable. Por tanto, es beneficioso proteger el pan de la acción del aire para evitar su envejecimiento.

Además, si el pan viejo conserva suficiente humedad, podrá convertirse en fresco de nuevo recalentándolo al horno, para lo cual es útil humedecer un poco su exterior. El pan envejece más despacio a temperatu-

Cuadro 19.5. Composición aproximada, en %, de algunos productos elaborados a base de harina.

Producto	Harina	Agua	Grasa	Leche	Huevos	Azúcar	Sal	Leudante
Pan	55	36	2,5	2,5	-	2	1	Levadura (2%)
Pastas	50	15	33	-	-	1,5	0,5	Polvos de panadería
Biscuits	50	35	8	3	-	3	1	Polvos de panadería
Pasta	75	21	-	-	3,5	-	0,5	
<i>Tartas:</i>								
Esponjosa	30	19,75	-	-	25	25	0,25	Aire
Tipo "Chiffon"	20	25	9,5	-	23	22	0,5	Aire
Tipo "Angel"	15	32	-	-	45	75	0,5	Aire
Tipo "Pancake"	25	40	5	2	15	2,5	0,5	Aire

ra ambiente que refrigerado: se ha comprobado que en el frigorífico, el pan se altera seis veces más velozmente. La congelación del pan ha de ser lo más rápida posible para evitar que permanezca mucho tiempo a temperaturas próximas a 0°C.

Por otra parte, el pan tostado es más fácil de digerir, ya que el calor hidroliza parcialmente el almidón a oligosacáridos de menor tamaño.

Las alteraciones microbiológicas que sufre el pan se deben a un aumento de la temperatura o a una humedad excesiva; así, es posible hablar de:

- **Enmohecimiento**, causado por el desarrollo de esporas fúngicas que provocan el típico sabor a moho. Los hongos implicados son *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, *Monilia*, *Mucor* y *Geotrichum*.
- **Pan filante**, debido al enfriamiento lento. Lo producen las variedades *mesentéricas* y *panis* de las especies *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis*. El gluten y el almidón son degradados, con lo que el pan queda convertido en una masa viscosa con olor a melón podrido.
- **Pan rojo o sangrante**, especialmente frecuente en panes de molde o troceados. Aparecen manchas rojas por la acción de bacterias como *Serratia marcescens* u hongos como *Monilia sitophila* u *Oidium aurantreum*.

19.5.2. Pastas alimenticias

De acuerdo con el Código Alimentario Español, las pastas alimenticias son productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada que se confecciona con harinas, sémolas finas o semolinas procedentes de trigo duro o recio (*Triticum durum*), de trigo candeal (*Triticum vulgare*) o de sus mezclas y agua potable.

Las pastas alimenticias compuestas están elaboradas exclusivamente con sémolas o semolinas de trigo

duro, a las que se ha incorporado algunas de estas sustancias alimenticias: gluten, huevos, leche, carnes, grasas comestibles, hortalizas y verduras desecadas, sus jugos y extractos, harinas de soja y otras leguminosas y sal.

Las sémolas se amasan durante veinte minutos, aproximadamente, a 35°C, con un 25% a 30% de agua respecto a la materia seca y, en algunos casos, con una pequeña cantidad de yema de huevo, hasta obtener una pasta fina y homogénea. Después, se emplean cilindros con diseños especiales para dar formas diversas: hilos, cintas, espirales, tubos, estrellas, etc. El secado posterior se realiza mediante bastidores que reducen la humedad hasta su contenido final de 11% a 13% de agua. La textura final debe ser dura y quebradiza, y su aspecto, brillante y amarillo.

Para su cocinado, es necesario emplear recipientes grandes con agua en ebullición. De esta manera, se evita la tendencia a pegarse, propia de las pequeñas partículas de almidón que se van soltando. Las pastas más baratas contienen almidón de patata, lo que las hace más pegajosas. Al añadir aceite al agua de cocción, los pedazos de pasta quedan cubiertos por una fina película que impide su contacto y reduce la formación de espuma. Después de cocida, la pasta se lava con agua fría unos segundos con el fin de que aumente su rigidez. A causa del agua que absorben, su volumen se multiplica por tres o por cuatro.

19.5.3. Productos de pastelería y repostería

Se trata de productos, fermentados o no, de diversa forma, tamaño y composición, considerados de fantasía y se elaboran a base de harina de trigo o de otras procedencias, con féculas, azúcares, grasas comestibles y otros productos alimenticios.

Los pasteles y las tartas se diferencian del pan por su mayor dulzor y riqueza grasa, por su textura, más

blanda y por su apariencia, más delgada. La harina empleada procede de trigo blando y aporta un escaso contenido proteico. Tiene poca agua, pero abundante grasa finamente dispersa y batida para incorporar aire y para que las proteínas no contacten con el almidón. Dentro de este grupo se engloban una gran cantidad de productos como pasteles, hojaldres, tartas esponjosas, tartas de ángel, tartas fritas, *crêpes*, *pancakes* y *biscuits*.

19.5.4. Masas fritas

Las masas fritas son productos formados por una masa integrada por agua potable, harina de cereales y/o patata, con o sin levaduras, sal y azúcar, y fritos en aceite comestible. Además, se podrá incorporar leche, miel, especias y otros productos alimenticios y aditivos autorizados. Se incluyen aquí los churros, los buñuelos y los frutos de sartén.

19.5.5. Polvos para productos de confitería y repostería

Estos polvos están formados por una mezcla en la que figuran varias de las siguientes sustancias:

- Harina de cereales o de leguminosas.
- Féculas de cereales, de patata o de otros tubérculos.
- Huevo en polvo.
- Leche en polvo, entera, desgrasada o sueros lácteos.
- Frutos secos, deshidratados o enteros.
- Zumos concentrados de frutas.
- Vainilla, cacao, canela y extractos de café.
- Especias y aromas autorizados.
- Colorantes y estabilizadores permitidos.
- Levadura natural o gasificantes autorizados.
- Azúcares y sal comestibles.
- Grasas comestibles.

Los productos de confitería son aquellos preparados cuyo ingrediente fundamental es el azúcar o los azúcares comestibles, junto con otra serie de productos alimenticios o alimentarios autorizados.

Los productos de bollería son preparados alimenticios elaborados, básicamente, con masa de harina comestible fermentada, cocida o frita, a la que se han añadido o no otros alimentos, complementos panarios y/o aditivos autorizados.

19.5.6. Galletas

Las galletas resultan del tueste de una masa elaborada con harinas, grasas comestibles y agua, azúcares o no, productos aromáticos diversos, sal y otros productos alimenticios. En las galletas se emplea menos agua que en los pasteles y la gelatinización del almidón es menor. En muchos casos, se incorpora huevo, leche, bicarbonato de sodio y proteasas.

Se clasifican de este modo:

- María, tostadas y troqueladas.
- *Cracker* y de aperitivo.
- Barquillo, con o sin relleno.
- Bizcochos secos y blandos.
- Sandwiches.
- Pastas blandas y duras.
- Bañadas con aceite vegetal.
- Recubiertas de chocolate.
- Surtidas.

La galleta molida es el producto resultante de la molturación industrial de la galleta de barco, elaborada con masa galletera, sin azúcar, no fermentada y cocida.

19.5.7. Salvado para consumo humano

Es el subproducto de la molienda del trigo procedente de las capas externas o cubiertas de la semilla del grano, capas que quedan después de extraer la harina.

19.5.8. Derivados del maíz

Además de la harina, del maíz se obtienen distintos derivados: el aceite de maíz, ya analizado en unidades anteriores, y el jarabe de maíz, jarabe de glucosa con color blanco claro que se fabrica fundamentalmente en Estados Unidos. En Europa este tipo de jarabe se produce a partir del almidón de la patata. Otros derivados del maíz son los copos de maíz y las palomitas. Los copos son los endospermos de los granos, sin salvado ni germen, tratados con vapor de agua, en forma de oblea o de copos que se cuecen u hornean. Cuando se calientan granos de maíz parcialmente secos, la presión de vapor que se forma en su interior los hace explotar, adoptando el aspecto blanquecino y ligero característico de las palomitas (se puede hacer lo mismo con el arroz y con el trigo para obtener otro tipo de cereales inflados). La sémola de maíz es maíz molido, de consumo preferente en Italia, en forma de gachas dulces llamadas *polenta*. Finalmente también proceden del maíz algunas bebidas alcohólicas, como el bourbon o whisky americano y la cerveza de maíz, que se produce y consume en África.

19.5.9. Otros derivados de los cereales

La mayoría de la cebada se destina a la alimentación animal o a la fabricación de bebidas alcohólicas, como la cerveza y el whisky.

A partir del centeno se puede elaborar un pan denso y pesado de digerir bastante consumido en algunas regiones de Europa oriental. También se fabri-

ca cerveza, whisky de tipo bourbon y algunas ginebras.

Los cereales de desayuno se elaboran a partir de diversos cereales y pueden ser aptos para el consumo inmediato o necesitar una preparación culinaria previa. La mayor parte de la avena que consume el ser humano tiene la forma de copos para el desayuno. En otros se emplea el maíz o el trigo como sustrato base.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

- 1 Diseño y estudio de campo sobre los tipos de alimentos cuya composición principal sean los cereales o la harinas de mayor consumo en la zona.
- 2 Visita a una industria harinera o de elaboración de derivados, confeccionando un informe en el que se recoja información sobre el acondicionamiento de materias primas a la recepción, el equipamiento de las instalaciones, los procesos de trabajo, los productos elaborados, los controles realizados, y el libramiento de productos.
- 3 Elaboración de un protocolo de análisis físico-químico rápido para alimentos hechos a base de cereales o derivados y desarrollo sobre una muestra de producto elegido.
- 4 Teniendo en cuenta las características de carga microbiana inicial y de contaminaciones posteriores indicadas en esta unidad para los diferentes productos estudiados, establecimiento de hipótesis de contaminación para un alimento del grupo, considerando la posible "historia" de manipulación y transformación que haya podido sufrir.
- 5 Elaboración de esquema de protocolo de recuento, detección e identificación de microorganismos para los principales alimentos del grupo de mayor consumo en la zona.
- 6 Aplicación del protocolo correspondiente –de los diseñados en la actividad anterior– al análisis microbiológico de una muestra de un alimento del grupo.