



ALIMENTOS

Composición y Propiedades



Iciar Astiasarán
J. Alfredo Martínez



McGRAW-HILL • INTERAMERICANA

ALIMENTOS

Composición y Propiedades

ALIMENTOS

Composición y Propiedades

Dra. Iciar Astiasarán Anchía

Profesora Titular de Nutrición y Bromatología
Universidad de Navarra

Dr. J. Alfredo Martínez Hernández

Catedrático de Nutrición y Bromatología
Universidad de Navarra



McGRAW - HILL • INTERAMERICANA

MADRID • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MÉXICO
NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN • SANTAFE DE BOGOTÁ • SANTIAGO • SÃO PAULO
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILÁN • MONTREAL • NUEVA DELHI • PARÍS
SAN FRANCISCO • SYDNEY • SINGAPUR • ST. LOUIS • TOKIO • TORONTO

ALIMENTOS: COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, su tratamiento informático, la transmisión de ninguna otra forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Derechos reservados © 2000, respecto de la segunda edición en español por ICIAR ASTIASARÁN y J. ALFREDO MARTÍNEZ

McGraw-Hill - INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.

Edificio Valrealty
c/ Basauri, 17, 1.ª planta
28023 Aravaca (Madrid)

Primera edición, © 1999. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra

Segunda edición: 2000
Primera reimpresión: 2002
Segunda reimpresión: 2003
ISBN: 84-486-0305-2
Depósito legal: M. 30.655-2003

Preimpresión: FER Fotocomposición, S. A. Bocángel, 45. 28028 Madrid
Impreso en: EDIGRAFOS, Volta, 2. Polígono Industrial San Marcos. 28096 Getafe (Madrid)
Printed in Spain - Impreso en España

AUTORES

Diana Ansorena Artieda

Doctora en Farmacia. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Yolanda Aquerreta Apesteguía

Doctora en Farmacia. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Iciar Astiasarán Anchía

Profesora Titular de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

José Bello Gutiérrez

Catedrático de Bromatología, Toxicología y Análisis Químico. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Montserrat Candela Delgado

Doctora en Farmacia. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

M.^a de la Concepción Cid Canda

Profesora Titular de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Marta Cuervo Zapatel

Diplomada en Nutrición Humana y Dietética. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Olga Gimeno Hernández

Licenciada en Farmacia. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Carmen Ibáñez Abad

Doctora en Biología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

J. Alfredo Martínez Hernández

Catedrático de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Mercedes Muñoz Hornillos

Profesora Adjunta de Dietética. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Lucía Pascual Ochagavía

Licenciada en Farmacia. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

M.^a Paz de Peña Fariza

Profesora adjunta de Bromatología y Tecnología Culinaria. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Susana Santiago Neri

Diplomada en Nutrición Humana y Dietética. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Gema Yoldi Bienzobas

Diplomada en Nutrición Humana y Dietética. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

M.^a José Zapelena Iñiguez

Doctora en Biología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

Itziar Zazpe García

Diplomada en Nutrición Humana y Dietética. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

M.^a Ángeles Zulet Alzórriz

Doctora en Farmacia. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
1. CARNES Y DERIVADOS. <i>José Bello Gutiérrez</i>	11
Introducción. Definición. Clasificaciones. Composición. Propiedades sensoriales. Derivados cárnicos. Aspectos nutritivos. Aspectos sanitarios. Criterios de calidad. Bibliografía	
2. PESCADOS. <i>Yolanda Aquerreta Apesteguía</i>	29
Introducción. Definiciones y clasificación. Composición. Aspectos nutritivos. Propiedades sensoriales. Aspectos sanitarios y toxicológicos. Derivados. Alteración, conservación y almacenamiento. Criterios de calidad. Bibliografía.	
3. HUEVOS. <i>Itziar Zazpe García, Mercedes Muñoz Hornillos</i>	53
Introducción. Clasificación. Composición nutricional. Propiedades fisicoquímicas de uso industrial. Productos derivados. Alteración y conservación. El huevo y la salud. Recomendaciones. Criterios de calidad. Bibliografía.	
4. LECHE Y DERIVADOS. <i>Mercedes Muñoz Hornillos, Gema Yoldi Bienzobas</i> ...	69
Introducción. La leche. Clasificaciones. Características fisicoquímicas de la leche. Valor nutritivo de la leche natural. Composición de la leche de otras hembras mamíferas. Alteraciones, defectos y contaminaciones de la leche. Derivados lácteos. Nuevos lácteos. Aspectos dietéticos de la leche y sus derivados. Evolución del consumo de lácteos en España. Enfermedades relacionadas con el consumo de lácteos. Bibliografía.	
5. GRASAS COMESTIBLES. <i>Iciar Astiasarán Anchía, Montserrat Candela Delgado</i>	109
Introducción. Refinado de las grasas. Grasas animales. Grasas vegetales. Grasas hidrogenadas. Sustitutos de las grasas. Fritura. Alteración y conservación de las grasas comestibles. Aspectos nutritivos y saludables de las grasas comestibles. Criterios de calidad. Bibliografía.	

6. CEREALES Y DERIVADOS. <i>M.^a Paz de Peña Fariza</i>	135
Introducción. Importancia de los cereales en la alimentación. Estructura del grano de cereal. Composición. Aspectos nutritivos. Aspectos saludables y toxicológicos. Almacenamiento. Harinas. Pan. Otros derivados del trigo. Arroz. Maíz. Cebada. Otros derivados: Cereales para el desayuno. Bibliografía.	
7. LEGUMINOSAS. <i>J. Alfredo Martínez Hernández, M.^a Ángeles Zulet Alzórriz</i>	155
Introducción. Definición y clasificaciones. Composición y valor nutritivo. Aspectos sanitarios y toxicológicos. Aplicaciones alimentarias y derivados. Conservación. Criterios de calidad. Bibliografía.	
8. HORTALIZAS Y VERDURAS. <i>M.^a de la Concepción Cid Canda</i>	169
Introducción. Definición. Clasificación. Composición y aspectos nutritivos. Propiedades sensoriales. Aspectos sanitarios y toxicológicos. Derivados. Alteración, conservación y almacenamiento. Criterios de calidad. Bibliografía.	
9. FRUTAS Y FRUTOS SECOS. <i>Diana Ansorena Artieda</i>	191
Introducción. Definición. Clasificaciones. Composición. Aspectos nutritivos. Propiedades sensoriales. Aspectos sanitarios y toxicológicos. Derivados de frutas. Alteración. Conservación y almacenamiento. Criterios de calidad. Bibliografía.	
10. EDULCORANTES NATURALES Y DERIVADOS. <i>Olga Gimeno Hernández</i>	213
Introducción. Definición. Tipos de edulcorantes. Edulcorantes naturales. Edulcorantes nutritivos derivados de los productos naturales. Poder edulcorante. Edulcorantes y aspectos sanitarios. Alteración, conservación y almacenamiento. Miel. Productos de confitería. Bibliografía.	
11. ESTIMULANTES, CONDIMENTOS Y ESPECIAS. <i>Lucía Pascual Ochagavía, Carmen Ibáñez Abad, M.^a de la Concepción Cid Canda</i>	239
Estimulantes. Café y derivados. Definición y clasificación. Composición. Tecnología del tueste. Envasado, almacenamiento y preparación. Sucedáneos y derivados del café. Té. Definición y clasificación. Composición. Envasado, almacenamiento y preparación. Estimulantes varios. Cacao. Definición y clasificación. Composición. Almacenamiento. Chocolate y derivados. Derivados especiales del cacao, del chocolate y de la manteca de cacao. Condimentos y especias. Definición. Clasificación. Condimentos naturales: sal y vinagre. Especias o condimentos aromáticos. Condimentos preparados o sazonadores. Sucedáneos de especias. Otros condimentos: salsas de mesa. Bibliografía.	
12. PRODUCTOS PARA ALIMENTACIÓN ESPECIAL. <i>Marta Cuervo Zapatel, Susana Santiago Neri</i>	267
Introducción. Concepto y clasificación. Características generales. Productos que pueden encontrarse en el mercado. Alimentos para niños lactantes, post-	

lactantes y de corta edad. Alimentos para situaciones en las que aumentan las necesidades de energía y/o nutrientes. Alimentos sin gluten. Alimentos con reducido contenido en calorías. Alimentos con reducido contenido en sodio. Alimentos destinados a personas diabéticas. Complementos alimenticios. Alimentos no refinados y productos a base de fibra. Productos para nutrición artificial. Bibliografía.

- 13. BEBIDAS: AGUA, BEBIDAS ALCOHÓLICAS Y BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS.** *M.^a José Zapelena Iñiguez*..... 291
Introducción. Agua. Bebidas no alcohólicas. Bebidas alcohólicas. Bibliografía.
- 14. ALIMENTOS COCINADOS.** *Montserrat Candela Delgado, Iciar Astiasarán Anchía*..... 317
Introducción. Cocción. Modificaciones producidas por la cocción de los alimentos. Efecto de la tecnología culinaria sobre el valor nutritivo de diferentes grupos de alimentos. Bibliografía.
- 15. ALIMENTOS CON PROPIEDADES SALUDABLES ESPECIALES**
José Bello Gutiérrez..... 343
Concepto y desarrollo. Papel que desempeñan en la prevención y tratamiento de enfermedades. Aspectos sanitarios vinculados al desarrollo de nuevos alimentos funcionales. Bibliografía.
- 16. ALIMENTOS ECOLÓGICOS Y TRANSGÉNICOS** *Iciar Astiasarán Anchía, J. Alfredo Martínez Hernández*..... 357
Introducción. Alimentos ecológicos. Alimentos transgénicos. Bibliografía.

PRÓLOGO

El establecimiento de dietas sanas y equilibradas requiere, además del conocimiento de los requerimientos nutritivos en las diferentes situaciones fisiológicas y patológicas del individuo, un conocimiento profundo de las características y composición de los diversos alimentos que pueden formar parte de dichas dietas.

Este libro pretende ser un texto de apoyo y consulta para todos aquellos profesionales expertos en alimentación humana que requieran información sobre la composición y propiedades de los diversos grupos de alimentos. Además de los grupos de alimentos clásicos, se han incluido otros productos, como los destinados a alimentación especial, los alimentos cocinados, los

alimentos con propiedades saludables y los alimentos ecológicos y transgénicos. El contenido de cada capítulo es responsabilidad de sus autores.

Los editores agradecen a todos los autores, pertenecientes al Departamento de Fisiología y Nutrición y al Departamento de Bromatología, Tecnología de Alimentos y Toxicología de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra, su dedicación, profesionalidad y desinteresada colaboración, que han hecho posible la elaboración de este libro. Agradecen, así mismo, la inestimable contribución de D. Jorge Heredero en los aspectos relacionados con el diseño del texto. Por último, nuestro agradecimiento a la Universidad de Navarra por el apoyo que nos brinda para llevar a cabo estas actividades.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos son aquellas sustancias o productos de cualquier naturaleza que, por sus características, aplicaciones, componentes, preparación y estado de conservación, son susceptibles de ser habitual e idóneamente utilizados para la normal nutrición humana, como frutivos o como productos dietéticos en casos especiales de nutrición humana (Código Alimentario Español).

Se necesita ingerir un mínimo de nutrientes, en cantidad y calidad, para poder mantener las funciones en las diferentes etapas de la vida. Además, hoy día constituye un hecho innegable la importancia de unos adecuados hábitos alimenticios para el mantenimiento de un buen estado de salud. La dieta equilibrada es aquella que aporta todos y cada uno de los nutrientes necesarios, en las cantidades adecuadas, atendiendo al estado fisiológico particular de cada individuo. El conocimiento del valor nutritivo de los diferentes grupos de alimentos es imprescindible para poder establecer pautas dietéticas adecuadas.

Sin embargo, el papel del alimento no se reduce a ser un mero vehículo de nutrientes. Para el hombre el consumo de alimentos va acompañado habitualmente de sensaciones de satisfacción o placer. Unas adecuadas propiedades de color, sabor, aroma o textura son necesarias para que un alimento sea susceptible de ser consumido. El conocimiento de los compuestos que determinan dichas propiedades y la forma en que los diferentes procesos tecnológicos pueden influir en ellos, son indispensables para poder determinar la calidad sensorial u organoléptica del alimento y, en definitiva, su mayor o menor idoneidad para formar parte de una dieta.

Los alimentos, en general, constituyen medios adecuados para el crecimiento de los microorganismos que pueden causar su alteración e incluso hacer que sean responsables de infecciones e intoxicaciones. También son susceptibles de sufrir a lo largo de su producción o procesado tecnológico contaminación por sustancias químicas o radioactivas, representando un peligro cuando éstas alcanzan determinados umbrales. Todos estos aspectos determinan la importancia de la calidad higiénico-sanitaria y toxicológica de los alimentos.

En los últimos años se está haciendo patente que determinados componentes de los alimentos pueden tener especial trascendencia en la prevención de enfermedades. El estudio de estas sustancias y de su funcionalidad en el organismo puede tener importantes repercusiones en el marco de procurar una mejora en la calidad de vida a través de una alimentación saludable.

En definitiva, se puede afirmar que el alimento constituye un sistema muy complejo, formado por gran cantidad de componentes que presentan funciones diversas. El

estudio del alimento habrá que abordarlo, por tanto, desde diferentes puntos de vista: valor nutritivo, propiedades sensoriales, aspectos sanitarios y saludables, etc. Hay que tener en cuenta, además, la gran diversidad de alimentos existentes, tanto por la variabilidad de su naturaleza como por las diferentes tecnologías que en la actualidad se pueden aplicar en la producción, conservación y transformación de materias primas.

Ciencias como la Biología, Bioquímica, Microbiología, Análisis Químico, Ingeniería Genética, Tecnología de Alimentos y Biotecnología han permitido, con sus grandes avances, profundizar en el conocimiento del alimento y ampliar la gama de productos alimenticios en el comercio.

La Bromatología o Ciencia de los Alimentos, pretende estudiar el alimento de forma íntegra gracias a todas las aportaciones de las ciencias citadas. En concreto, la Bromatología descriptiva, materia de este texto, trata de conocer con profundidad todos los componentes y propiedades de los alimentos que pueden formar parte de nuestra dieta.

1

CARNES Y DERIVADOS

(José Bello Gutiérrez)

INTRODUCCIÓN

De todos los recursos obtenidos de la agricultura, la carne constituye en muchos países el sector económico más importante. La industria transformadora de la carne también representa un porcentaje no despreciable de la industria alimentaria global. Todo ello se debe al papel que los productos cárnicos desempeñan en la alimentación humana, hasta el punto que el ama de casa de nuestro país destina casi un tercio de su presupuesto a la adquisición de alimentos cárnicos. El progreso de las investigaciones sobre la nutrición ha revalorizado la importancia de este grupo de alimentos, y su consumo se ha ido incrementando a medida que mejora el nivel de vida de la población.

DEFINICIÓN. CLASIFICACIONES

Desde el punto de vista bromatológico, la carne es el «resultado de la transformación experimentada por el tejido muscular del animal a través de una serie concatenada de procesos fisicoquímicos y bioquímicos, que se desarrollan como consecuencia del sacrificio del animal».

Al no llegar oxígeno a las células del tejido muscular, se produce una caída del potencial redox que interfiere con la obtención de energía por parte de las células, cuya principal consecuencia es la puesta en marcha de una glucólisis anaerobia y un catabolismo del ATP. Lo primero origina ácido láctico que acidifica el músculo, y lo segundo provoca un endurecimiento (conocido como *rigor mortis*), que desaparece de modo gradual al degradarse la estructura muscular por la acción de las enzimas catepsinas, liberadas de los lisosomas por el pH ácido que presenta ahora el tejido muscular. El complejo conjunto de todos estos fenómenos incide sobre el color, la textura, la jugosidad, el sabor y el aroma del producto resultante, que es lo que se denomina carne.

Tradicionalmente, se ha practicado la costumbre de orear al animal durante un cierto tiempo, una vez efectuado su sacrificio. Esta práctica tenía por objeto mejorar las propiedades sensitivas, que se desarrollarían como respuesta a los diversos procesos culinarios aplicados, proporcionando el tiempo adecuado para que tuvieran lugar todos los fenómenos vinculados a la conversión del músculo en carne.

El Código Alimentario Español clasifica las carnes en función de cuatro criterios:

- a) **Según la especie animal productora.** Carnes de bóvidos, de ovinos, de cápridos, de suidos, de équidos, de camélidos y de cetáceos.
- b) **Según la clase de canal.** Se entiende por canal «el cuerpo de los animales de las especies citadas desprovisto de vísceras torácicas, abdominales y pelvianas, excepto los riñones, con o sin piel, las patas y la cabeza». La legislación alimentaria tiene normas de calidad para las canales de vacuno, porcino y ovino, donde se especifica para cada caso los tipos de canales y los factores de clasificación y calidad.
- c) **Según la categoría.** Se entiende por categoría «el tipo de carne que, dentro de la canal, proporciona cada región anatómica en particular».
- d) **Según la forma en que han sido conservadas y su aptitud para el consumo humano**

«Frescas»: las que sólo han sufrido las manipulaciones propias del faenado y oreo, previas a su distribución, y cuya temperatura de conservación no sea inferior a 0 °C.

«Refrigeradas»: las que, además de las manipulaciones del faenado y oreo, han sufrido la acción del frío industrial a temperatura y humedad adecuadas, hasta alcanzar en el centro de la masa muscular una temperatura superior al punto de congelación de los líquidos tisulares.

«Congeladas»: las que han sufrido la acción del frío de tal manera que la mayor parte de sus moléculas de agua han pasado al estado de hielo.

«Defectuosas»: las que proceden de animales fatigados, mal nutridos o enfermos, y por ello presentan anomalías en sus propiedades sensoriales y nutritivas.

«Nocivas»: las que son portadoras de gérmenes patógenos o de sus toxinas, de parásitos o algunas de sus formas de desarrollo, etc., y producen alguna enfermedad en el que la consume.

Además del producto que procede de la conversión del tejido muscular, el Código Alimentario también contempla otras partes del animal no incluidas en el concepto de canal y que también se usan en la alimentación humana. Son los denominados despojos, que comprenden: hígado, bazo, riñones, pulmones, corazón, sesos, glándulas, estómago, intestinos, patas, lengua y sangre.

COMPOSICIÓN

En nuestro país se consume principalmente —aunque en proporciones muy variables— carne de vacuno, ovino, cerdo y pollo, además de otras menos frecuentes como las de cabra, conejo o corzo, cada una con sus peculiares características organolépticas y químicas (Tabla 1-1).

La composición de la carne de las reses de abasto ofrece pocas diferencias en lo que respecta a las partes magras, exentas de grasa. En cambio, su contenido graso está sometido a oscilaciones considerables que, de hecho, repercuten en las proporciones aportadas por los demás componentes. El contenido en grasa suele depender de cierto número de factores: la especie animal, la raza, el sexo, la edad, la alimentación, la región anatómica, etc.

Tabla 1-1. Composición química de algunas carnes comestibles (%)

Carne	Agua	Proteínas	Grasa	Minerales	Contenido energético Kcal/100g
Vacuno	76.4	21.8	0.7	1.2	96
Tenera	76.7	21.5	0.6	1.3	93
Cerdo	75.0	21.9	1.9	1.2	108
Cordero	75.2	19.4	4.3	1.1	120
Cabra	70.0	19.5	7.9	1.0	153
Corzo	75.7	21.4	1.3	1.0	100
Conejo	69.6	20.8	7.6	1.1	155
Liebre	73.3	21.6	3.0	1.2	116
Pollo	72.7	20.6	5.6	1.1	136
Pavo	58.4	20.1	20.2	1.0	270
Pato	63.7	18.1	17.2	1.0	234
Ganso	52.4	15.7	31.0	0.9	352

En relación con la especie, se puede señalar una clara diferencia entre la carne de vacuno y las carnes de cerdo o de ganado lanar. La primera se caracteriza por un mayor contenido magro, mientras que las otras dos ofrecen un elevado porcentaje de sustancias grasas, aportando así mayor cantidad de calorías cuando se ingieren. Mayores diferencias se observan si se comparan con las carnes de las otras especies animales que también se consumen en la alimentación humana. No obstante, cuando se elimina la porción grasa del tejido muscular, las partes magras presentan una composición química bastante similar.

La raza ejerce una evidente influencia sobre la composición de la carne, especialmente en lo que respecta a su contenido graso, que permite distinguir las carnes de vacas lecheras —con un mayor predominio de grasa subcutánea e intramuscular— de las carnes obtenidas de razas de vacas criadas para la producción cárnica. También la raza influye, de forma muy destacada, en la composición de la carne de cerdo.

Respecto de la influencia de la edad y el sexo sobre la composición de las carnes, existen claras diferencias entre el ganado vacuno y el de cerdo. En el vacuno, la carne de los animales jóvenes, de menos de dos años, suele contener mayor cantidad de agua y menos porcentaje de proteínas, grasas y elementos minerales que la de los animales adultos. Las carnes de las reses jóvenes no presentan la típica marmorización ocasionada por la presencia de grasa, debido a que esos animales son más propensos al engrasamiento intermuscular que al depósito de grasa subcutánea e intramuscular. Además, las hembras tienden a formar más tejido adiposo que los machos, aunque estas diferencias desaparecen con la castración, de modo que la carne de buey presenta una composición química similar a la de vaca.

En el caso del cerdo, la edad viene a influir de modo parecido a lo señalado para el ganado vacuno, pero en relación con el sexo del animal las influencias se hacen más específicas, hasta el punto de observarse un menor contenido graso en la carne de las cerdas en comparación con la de los cerdos castrados.

La alimentación tiene escasa influencia sobre la composición del tejido muscular del ganado vacuno debido a sus características de animal rumiante, que produce una transformación de la comida ingerida por la microflora de la panza antes de su absorción intestinal. En cambio, en el cerdo ejerce una notable influencia, pues su carácter monogástrico le lleva a utilizar para la elaboración de sus triglicéridos corporales los ácidos grasos que recibe con la dieta.

Las canales de las distintas especies animales suelen ser despiezadas en distintas partes anatómicas, en cuya composición química se pueden observar diferencias, porque en cada parte se integran músculos diversos cuya función fisiológica varía, y esta circunstancia se refleja en su conversión en carne (Tabla 1-2).

Generalmente, después del sacrificio animal las canales reciben algún tipo de tratamiento destinado a su conservación, más o menos prolongada, que la mayoría de las veces radica en la aplicación de frío. Gracias a los métodos de refrigeración rápida actualmente disponibles, la carne, refrigerada y almacenada bajo condiciones controladas de ventilación y humedad de aire, apenas modifica su composición química, aunque siempre hay que contar con una merma de peso (1.2-1.4 % en vacuno y 0.7-1.3 % en cerdos).

Para una conservación prolongada hay que recurrir a la tecnología de la congelación, en la que existen varios factores que influyen en la merma posterior: método de congelación, tipo de carnes, condiciones de almacenamiento y otros. Los métodos de congelación ultrarrápida no alteran, prácticamente, la composición química de la carne; pero en los procesos de descongelación sí se pueden dar pérdidas de jugos, que

Tabla 1-2. Composición química de la carne semigrasa de reses de abasto según las zonas de la canal (%)

Carne	Agua	Proteínas	Grasa	Cenizas	Contenido energético Kcal/100g
VACUNO					
Dorso	65.2	19.5	14.3	0.9	213
Lomo	67.6	20.8	9.8	1.0	176
Solomillo	73.1	21.2	4.0	1.2	124
Pierna	71.2	21.2	7.2	1.0	154
Costillar	58.7	19.2	20.3	0.9	268
Jarrete	70.2	22.2	6.8	0.9	154
Pecho	59.6	17.9	22.1	0.8	278
Espalda	69.5	20.8	9.3	1.0	171
CORDERO					
Pierna	64.5	17.4	17.3	0.9	232
Chuletas	55.9	16.0	26.8	0.8	314
Espalda	62.8	17.1	19.2	0.9	248
CERDO					
Pierna	59.8	17.7	20.2	0.9	260
Chuletas	60.4	16.4	21.7	0.9	269
Espalda	60.1	17.0	22.0	0.9	275

Tabla 1-3. Composición química de algunas vísceras de reses de abasto (%)

Carne	Agua	Proteínas	Grasa	Minerales	Contenido energético Kcal/100g
HÍGADO					
Vacuno	69.9	19.7	3.1	1.4	141
Cerdo	71.8	20.1	5.7	5.7	147
Cordero	70.4	21.2	4.0	4.0	131
RIÑONES					
Vacuno	76.1	16.6	5.1	5.1	122
Cerdo	76.3	16.5	5.2	5.2	125
Cordero	78.5	16.5	3.0	3.0	102
CORAZÓN					
Vacuno	75.5	16.8	6.0	6.0	133
Cerdo	76.8	16.9	4.8	4.8	122
Cordero	72.0	16.8	10.0	10.0	169
LENGUA					
Vacuno	66.8	16.0	15.9	15.9	223
Cerdo	65.9	15.1	18.3	18.3	240
Cordero	69.2	13.5	14.8	14.8	200

pueden hacer variar los porcentajes de las sustancias nitrogenadas, las vitaminas hidrosolubles y los elementos minerales. En estos casos, resulta decisivo el tamaño de las piezas a descongelar, pues cuando la carne se encuentra fragmentada pueden alcanzarse pérdidas del 8 % al 10 %.

En ocasiones, también se incluyen en la alimentación humana algunas vísceras comestibles: corazón, encéfalo, hígado, bazo, riñones, lengua y sangre. Estos órganos de las reses de abasto suelen ser más ricos en agua y menos en grasas que la porción muscular, pero sus contenidos proteicos vienen a ser equivalentes, con la excepción del encéfalo, siempre muy inferior (apenas un 10 %), y el hígado de vacuno, lanar y cerdo, con un nivel superior (20 %). En cambio, las vísceras contienen una cierta proporción de hidratos de carbono, en forma de glucógeno y azúcares simples, que no se da en la carne y que en el hígado de vacuno puede alcanzar el 6 % (Tabla 1-3).

PROPIEDADES SENSORIALES

El nivel de exigencia sobre la calidad de la carne y sus derivados es cada vez mayor, sobre todo en lo que hace referencia a las cualidades organolépticas de color, jugosidad, textura y sobre todo «flavor» (sensaciones olfativo-gustativas).

El color de la carne depende de la forma química bajo la que se encuentre una proteína del sarcoplasma celular denominada mioglobina. Se trata de una globulina enlazada a un grupo hematina, formado por cuatro anillos de pirrol y núcleo de átomo de Fe, normalmente con valencia II, cuya función es la de almacenar oxígeno. La forma química natural (propia de la mioglobina) presenta un color rojo oscuro, que se

transforma en rojo brillante cuando se oxigena (oximioglobina); en cambio, cuando lo que se produce es una oxidación del Fe II a Fe III, la molécula (metamioglobina) adquiere coloraciones pardas. Esto puede ocurrir bajo la acción de los diversos factores que pueden desnaturalizar la parte proteica, como el calor. En los derivados cárnicos tratados con nitrito, se forma nitrosomioglobina de coloraciones rosáceas.

La «jugosidad» es una cualidad organoléptica que se encuentra estrechamente ligada a la capacidad de retener agua que poseen las proteínas del tejido muscular. Las distintas formas bajo las que pueden presentarse las moléculas de agua de una pieza de carne desempeñan un papel muy importante en la jugosidad de la misma. De acuerdo con ella, la carne retiene en mayor o menor cantidad una porción de agua que, cuando se mastica, provoca la sensación de jugosidad o la expulsa en forma de exudado. La exudación depende de la cantidad de líquido que libera la estructura proteica muscular y de la facilidad que tenga este líquido para salir de esa estructura. La especie y edad del animal, así como la función anatómica del músculo en él, son factores biológicos que inciden en la jugosidad.

No obstante, existen otros siete factores fisicoquímicos y mecánicos capaces de incrementar la capacidad de la carne de retener agua:

- un pH final elevado
- una glucólisis *postmortem* lenta
- un rápido enfriamiento de la canal, antes de que aparezca el *rigor mortis*
- un almacenamiento a temperaturas muy próximas a 0 °C
- un elevado contenido en grasa intermuscular
- un corte del músculo en sentido longitudinal de la fibra muscular
- cuanto menor sea la superficie de este corte.

La adición de sales de ácidos fuertes, como el cloruro sódico, incrementa la retención de agua debido al complejo formado entre la sal y la proteína. Este aumento se puede conseguir también con la adición de sales de ácidos débiles, tales como los polifosfatos.

La capacidad de retención de agua de una carne influye en el aspecto que presenta antes de su cocción, en su comportamiento durante la misma y en la sensación de jugosidad al masticarla.

La textura de la carne depende del tamaño de los haces de fibras musculares, es decir, del número y diámetro de las fibras, así como de la cantidad de tejido conjuntivo que forma el perimio tisular. Su dureza o blandura depende de la mayor o menor dificultad que presente a ser troceada durante la masticación. En la práctica, es una función de la cantidad de tejido conjuntivo que exista y de la grasa intermuscular que contenga.

Hay que tener en cuenta que la carne es un alimento que nunca se toma crudo, sino después de haber sido sometido a un cierto tratamiento térmico. El tratamiento por el calor suele mejorar las propiedades de la carne en cuanto alimento comestible, pues aumenta su grado de ternura, aunque los resultados difieren según se trate de un calor seco o de un calor húmedo. En el primer caso, se trabaja a temperaturas elevadas de 150 y 200 °C y, en consecuencia, se forma una costra seca y parda en la superficie de la pieza. En cambio, en el segundo caso se aplican temperaturas entre 85 y 100 °C, y

la transferencia de calor tiene lugar a través del agua; su aplicación prolongada transforma el colágeno en gelatina, con un incremento de la ternura y la jugosidad. En los productos cárnicos transformados, la textura depende de diversos factores relacionados con la tecnología específica de cada caso, y en ella intervienen fundamentalmente las proteínas, los lípidos y el agua.

La carne cruda tiene muy poco aroma y un sabor peculiar que recuerda al de la sangre. Su «flavor» característico se desarrolla con la cocción. El tratamiento térmico de la carne origina un gran número de reacciones que dan lugar a numerosísimos compuestos cuyo papel e importancia en el «flavor» se discuten ampliamente. Los precursores de este «flavor» dependen del proceso de glucólisis *postmortem* y del complejo fenómeno de conversión del músculo en carne. Cada especie animal produce «flavores» característicos.

Los hábitos alimentarios consecuentes a las necesidades de la sociedad actual han dado especial relevancia a la presencia de los derivados cárnicos en los menús de comidas de rápida preparación. Consecuencia de ello ha sido la proliferación y el desarrollo de productos cárnicos especialmente preparados para un posible uso rápido. Indudablemente, se puede afirmar que el «flavor» es la característica organoléptica que el consumidor valora con una cierta relevancia. Por eso, el principal obstáculo para la comercialización de estos tipos de alimentos suele ser el desarrollo de «flavores» anormales, especialmente durante su almacenamiento y conservación.

DERIVADOS CÁRNICOS

Se definen como los productos alimenticios preparados, total o parcialmente, con carnes, despojos, grasas y subproductos comestibles, que proceden de los animales de abasto y que pueden ser complementados con aditivos, condimentos y especias. Son los productos específicos de la industria cárnica de transformación, que para su elaboración acude a las tecnologías más variadas.

De acuerdo con tales tecnologías y tratamientos, se pueden considerar los siguientes grupos:

1. **Productos cárnicos frescos:** son aquellos cuya tecnología de elaboración no implica procesos de cocción, salazón ni desecación.
2. **Embutidos crudos curados:** son los elaborados mediante selección, troceado y picado de carnes, grasas, con o sin despojos, que llevan incorporados condimentos, especias y aditivos autorizados, sometidos a maduración y desecación (curado) y, opcionalmente, ahumado. Los más característicos son el chorizo, la chistorra, el salchichón y el salami.
3. **Salazones cárnicas:** son las carnes y productos de despique no picados, sometidos a la acción adecuada de la sal común y otros ingredientes autorizados, ya en forma sólida o en salmuera, que garantiza su conservación para el consumo. Los productos más característicos son el lomo de cerdo y los jamones curados.
4. **Productos tratados por el calor:** se denominan así los productos a base de carnes o despojos, que llevan incorporados condimentos, especias y aditivos, cuya tecnología implica un tratamiento térmico hasta una temperatura suficiente para

la coagulación total o parcial de sus proteínas cárnicas. Opcionalmente, puede incluirse un ahumado, un madurado, o ambos. Su norma de calidad los clasifica en los nueve grupos de productos siguientes:

Primer grupo: jamón cocido, paleta cocida y fiambre de paleta.

Segundo grupo: magro de cerdo.

Tercer grupo: panceta.

Cuarto grupo: salchichas cocidas.

Quinto grupo: mortadelas, «lunch», «chopped», rouladas, etc.

Sexto grupo: embutidos curados cocidos.

Séptimo grupo: pastas de hígado, foie-gras.

Octavo grupo: morcillas, butifarras.

Noveno grupo: callos, cabeza de jabalí.

ASPECTOS NUTRITIVOS

En su composición química, la carne ofrece una gran abundancia de sustancias que desempeñan en el organismo humano la función de nutrientes. Esta circunstancia sitúa a los productos cárnicos en un lugar relevante dentro del ámbito de la alimentación humana.

De todos sus nutrientes, las **proteínas** ocupan un lugar preferente por muchas razones: su porcentaje en las carnes resulta superior al de otros muchos alimentos, especialmente los de origen vegetal; sus contenidos en aminoácidos les proporciona un elevado valor biológico, próximo al de las proteínas del huevo; su digestibilidad es muy aceptable; etc.

Cuando se comparan los contenidos en aminoácidos esenciales de las proteínas cárnicas de diversas especies animales pueden observarse algunas diferencias, que en ocasiones se deben a la influencia de factores como la edad o la alimentación (Tabla 1-4). La metionina es el aminoácido que mayor dificultad presenta para que la carne de la dieta pueda satisfacer sus necesidades diarias (2.2 g): para cubrir estas necesidades haría falta ingerir diariamente 733 g de carne de cerdo o, en su defecto, 564 g de carne de cordero, 489 g de carne de ternera o 407 g de carne de pollo.

En la carne se pueden distinguir tres tipos de proteínas con un interés nutricional: las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, que representan propiamente el concepto de proteína cárnica, y las proteínas del tejido conjuntivo (colágeno y elastina), cuyo porcentaje varía con la región anatómica y que suelen incidir en la calidad de la carne. Estas proteínas ofrecen notables diferencias con las proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares en lo que respecta a sus contenidos en aminoácidos, hasta el punto de ser consideradas de muy bajo valor nutricional. En el colágeno falta el triptófano, escasea la metionina, abunda la valina y sobresale su contenido en hidroxiprolina, glicina y prolina.

Por otra parte, las vísceras de los animales de abasto contienen proteínas que difieren en su composición aminoacídica de un órgano a otro, destacando el hígado sobre los demás en cuanto a riqueza en aminoácidos esenciales. Además, las proteínas del hígado superan a las de las carnes en fenilalanina, leucina y valina, aunque son inferiores en isoleucina, lisina y metionina.

Tabla 1-4. Aminoácidos esenciales de las proteínas de la carne (g/100 g de carne semimagra)

Aminoácido	Necesidades diarias (g)	Tenera	Vacuno	Cerdo	Cordero	Pollo
Fenilalanina	2.2	0.80(275)	0.72(306)	0.47(468)	0.67(328)	0.81(272)
Isoleucina	1.4	1.04(135)	0.92(152)	0.61(230)	0.85(165)	1.09(128)
Leucina	2.2	1.42(155)	1.43(154)	0.88(250)	1.27(173)	1.49(148)
Lisina	1.6	1.64(98)	1.53(105)	0.98(163)	1.33(120)	1.81(88)
Metionina	2.2	0.45(489)	0.43(512)	0.30(733)	0.39(564)	0.54(407)
Treonina	1.0	0.85(118)	0.77(130)	0.55(181)	0.75(133)	0.88(114)
Triptófano	0.5	0.26(192)	0.20(250)	0.15(333)	0.21(238)	0.28(179)
Valina	1.6	1.02(157)	0.97(165)	0.62(258)	0.81(198)	1.01(158)

Las cifras entre paréntesis representan los gramos de carne necesarios para satisfacer las necesidades diarias de cada aminoácido.

La importancia de los productos cárnicos transformados como suministradores de proteínas a la dieta humana depende, en gran medida, de las materias primas que se empleen en su elaboración. Cuando los ingredientes pertenecen en su mayor parte a vísceras y despojos el aporte de ciertos aminoácidos esenciales pueden ser defectuosos.

En la bibliografía se encuentran referencias muy dispares sobre el valor biológico de las proteínas cárnicas; incluso la mayoría de las veces no se indica a qué parte de la canal corresponde la carne estudiada, ni la proporción de tejido conjuntivo que incluye. Los valores más elevados corresponden a 81 para la pierna de cerdo y 80 para el solomillo de vaca; el hígado se sitúa a este nivel, pero los pulmones bajan a 69 y el codillo a 59.

Las proteínas de las carnes se caracterizan por su extraordinaria digestibilidad; sin embargo, las proteínas de vísceras, especialmente de riñón, bazo y pulmón resultan de digestión difícil.

Se puede afirmar que las carnes son muy ricas en proteínas de buen valor biológico, algo reducido por su escasa proporción de aminoácidos azufrados y por sus cantidades de fenilalanina y triptófano, que no son las más adecuadas para cubrir las necesidades requeridas por el organismo humano. No obstante, los productos cárnicos pueden ser considerados como una fuente completa y equilibrada de aminoácidos, capaces de satisfacer con eficacia los requerimientos fisiológicos humanos; desde luego, suelen ser la principal fuente de lisina en las dietas más comunes.

La **grasa** es el nutriente aportado por la carne en el que se observan mayores fluctuaciones, no sólo de unas especies animales a otras, sino también según la región de la canal dentro de una misma especie (Tabla 1-5). Siempre se ha apreciado la presencia en la alimentación de carnes grasas, porque contribuyen a la textura, sabor y «flavor» de los alimentos cocinados, pero no hay que olvidar que las grasas aportan ácidos grasos esenciales y también son vehículo de vitaminas liposolubles, especialmente de la vitamina A.

Existe una clara diferencia entre las grasas contenidas en las carnes de rumiantes (vaca, oveja) y las carnes de cerdo. Los rumiantes, menos dependientes de la composición grasa de la dieta, suelen contener en sus grasas corporales niveles reduci-

Tabla 1-5. Composición en ácidos grasos de los triglicéridos de reses de abasto (% de la cantidad total)

Ácido graso		Vacuno				Cerdo		Cordero	Pollo	
		Pecho	Espalda	Lomo	Pierna	Tocino dorsal	Tocino jamón	Perineal	Pectoral	Muslo
Mirístico	C 14:0	3.2	3.5	3.3	2.9	1.8	1.9	2.7	0.5	0.1
Palmítico	C 16:0	22.4	27.7	25.8	23.2	24.5	23.7	24.7	22.6	19.9
Palmitoleico	C 16:1	10.3	7.4	7.9	9.8	2.7	3.2	2.1	4.3	4.7
Estearico	C 18:0	7.4	10.6	10.0	6.9	15.4	12.5	28.3	8.0	8.4
Oleico	C 18:1	44.8	41.0	42.9	46.5	40.8	38.0	36.8	26.5	27.7
Linoleico	C 18:2	2.6	2.3	2.4	2.2	8.5	12.8	5.7	22.3	23.6
Linolénico	C 18:3	2.5	1.7	1.8	1.9	1.0	1.2	1.5	0.9	1.0
Araquidónico	C 20:4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	2.5	0.6	4.1	3.7
Relación S/I		0.55	0.80	0.71	0.55	0.78	0.66	1.19	0.53	0.47
Relación oleico/linoleico		17.2	17.8	17.9	21.1	4.8	3.0	6.4	1.2	1.2

S/I = saturados/insaturados.

dos de ácidos linoleico y linolénico, porque los ácidos insaturados de 18 átomos de C que reciben con la alimentación son reducidos en la panza por su flora microbiana. Sin embargo, el cerdo suele presentar en sus grasas corporales una mayor insaturación que los rumiantes, dependiendo siempre de la que recibe con la alimentación.

Desde el punto de vista nutricional, tiene gran importancia el aporte de las grasas en ácido araquidónico, por su papel metabólico, y en ácido linoleico, por ser precursor del mismo. Trabajos iniciales del año 1968 señalaban escasos porcentajes en ácidos insaturados C 20 y C 22 para las grasas de vaca y oveja. No obstante, trabajos posteriores, en los que se mejoraba el modo de extracción de los ácidos grasos para su valoración analítica y se tenían en cuenta los fosfolípidos presentes, pusieron de manifiesto concentraciones más importantes de estos ácidos en grasas de rumiantes no domésticos. Hoy día se admite que el contenido graso en estos ácidos depende de una serie de factores, como la especie, la edad, el sexo y, de modo especial, de las cantidades adecuadas de ácido linolénico recibidas con la alimentación.

Son notables las diferencias de composición entre la grasa de la carne y las grasas incluidas en las vísceras, donde se nota una mayor riqueza en ácido araquidónico, posiblemente por la mayor presencia de fosfolípidos (Tabla 1-6).

También resulta interesante la comparación de la grasa de la carne con la de otros alimentos (Tabla 1-7), de modo especial en los valores de la relación de insaturación (S/I), que aproxima el pollo y el cerdo a la grasa de huevo y de pescado (aunque lejos de la grasa de los cereales), o también de la relación O/L, que destaca sobre todas las demás a las grasas de vacuno y cordero.

Respecto de los productos cárnicos transformados, particularmente los embutidos, cabe señalar que la composición de su grasa depende en gran parte de la cantidad y calidad de las materias primas empleadas, aunque en nuestro país suele ser la inclusión del tocino de cerdo lo que marca la pauta del contenido en ácido linoleico.

La conservación por el frío, cuando es prolongada, puede alterar la composición de la grasa, al existir el riesgo de oxidaciones en los ácidos insaturados, que desembocan en procesos de enranciamientos. Los tratamientos térmicos, implicados en los distintos modos de cocción de los alimentos, no suelen afectar a la composición de la grasa.

Tabla 1-6. Composición en principales ácidos grasos de los glicéridos de algunas vísceras de vaca (% de cantidad total)

Viscera	Saturados		Insaturados				
	C 14:0	C 16:0	C 18:0	C 16:1	C 18:1	C 18:2	C 20:4
Hígado	< 1	12.7	33.9	1.0	14.0	11.2	7.3
Riñón	< 1	16.8	18.6	1.3	21.0	18.6	13.8
Corazón	< 1	13.0	16.8	1.0	17.8	25.3	11.1
Lengua	3.7	28.0	10.8	3.4	43.5	3.6	2.0
Hígado de cerdo	< 1	21.2	26.4	0.9	22.1	13.0	12.0

Tabla 1-7. Ácidos grasos contenidos en las grasas de los alimentos más importantes (g/100 g de grasa)

Alimento	Saturados	Insaturados			Relación	
		1 Doble	2 Dobles	Poliénicos	S/I	O/L
Carne de vacuno	48	44	2	3	0.98	22.0
Carne de cordero	56	36	3	4	1.30	12.0
Carne de cerdo	38	46	9	11	0.57	5.1
Carne de pollo	32	38	20	25	0.38	1.9
Pescado	24	52	35	19	0.23	1.5
Huevos	34	45	15	16	0.45	3.0
Leche de vaca	66	25	3	4	2.06	8.3
Trigo	19	20	48	51	0.16	0.4
Centeno	17	22	46	52	0.14	0.5
Cebada	19	24	46	51	0.16	0.5
Avena	15	39	38	40	0.13	1.0

Desde la década de los años cuarenta se han realizado investigaciones bastante detalladas acerca del contenido de las carnes, así como de las vísceras, en **vitaminas** (Tablas 1-8 y 1-9). La importancia nutricional de la carne como portadora de vitaminas se basa principalmente en los contenidos en vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina y ácido pantoténico), aunque las vísceras también posean abundantes vitaminas liposolubles, fundamentalmente vitamina A.

Los contenidos en vitaminas del grupo B presentan ciertas diferencias entre las distintas especies animales: la carne de cerdo posee diez veces más tiamina que las carnes de vaca y cordero. También la carne de ternera supera a la de vaca en estas vitaminas, sobre todo en riboflavina y nicotinamida.

Las carnes desempeñan un papel fundamental en la dieta humana al proporcionar casi el 69 % del aporte de vitamina B₁₂ y, en algunas dietas occidentales, el 96 % de la B₆. En este caso, no existen diferencias entre el cerdo y el vacuno. También pueden aportar el 20 % del folato, de modo especial el hígado y las carnes rojas, entre las que destaca el cordero, seguido de la ternera, sobre la carne de cerdo, que lo contiene en mucha menos cantidad. Todas estas vitaminas se encuentran en las carnes dotadas de una gran biodisponibilidad.

Tabla 1-8. Contenido vitamínico de la carne de animales comestibles

Vitamina		Vacuno	Ternera	Cerdo	Cordero	Pollo
Tiamina	(mg/100 g)	0.08	0.18	0.74	0.16	0.08
Riboflavina	(mg/100 g)	0.17	0.30	0.18	0.22	0.16
Nicotinamida	(mg/100 g)	4.70	7.50	4.00	5.20	6.80
Piridoxina	(mg/100 g)	0.37	0.37	0.42	0.29	0.50
Ác. ascórbico	(mg/100 g)	2.03	2.07	1.52	1.06	5.12
Tocoferoles	(mg/100 g)	4.02	4.11	0.63	0.51	0.24
Retinol	(UI/100 g)	70	70	70	35	300

Tabla 1-9. Contenido vitamínico de algunas vísceras.

Vísceras	B ₁ mg/100 g	B ₂ mg/100 g	B ₆ mg/100 g	Nicotinamida mg/100 g	Ác. ascórbico mg/100 g	A UI/100 g
HÍGADO						
Vacuno	0.23	3.3	0.74	14	31	44 000
Cerdo	0.25	3.0	0.51	14	23	14 000
Cordero	0.29	3.9	0.37	12	33	50 000
RIÑONES						
Vacuno	0.28	1.9	0.39	5.3	13	1000
Cerdo	0.26	1.9	0.55	8.6	13	130
Cordero	0.38	2.2	—	6.8	13	1200
CORAZÓN						
Vacuno	0.24	0.84	0.29	6.6	6	30
Cerdo	0.31	0.81	0.35	7.3	6	30
Cordero	0.31	0.86	—	4.6	—	—
PULMÓN						
Vacuno	0.11	0.36	0.8	3.9	—	—
Cerdo	0.09	0.27	—	3.4	—	—
Cordero	0.11	0.47	—	4.7	—	—

Carnes y vísceras son fuentes destacadas de vitaminas liposolubles. Así, el hígado viene a ser la principal fuente dietética de vitamina A, aunque también abunda en el tejido adiposo. Puede afirmarse que, en general, los productos cárnicos contribuyen al 1-2 % de la ingestión de vitamina A con la dieta. Además, si bien sólo contienen vestigios de provitamina A, su contenido graso contribuye a la absorción intestinal de los carotenos vegetales. La grasa animal apenas dispone de actividad de vitamina E y sólo contribuye al 7-8 % de la ingestión de esta vitamina antioxidante. Las carnes y el hígado contienen pequeñas cantidades de vitamina D, pero no resultan adecuados para cubrir los requerimientos dietéticos.

Las pérdidas vitamínicas relacionadas con la conservación de la carne por congelación apenas tienen importancia desde un punto de vista nutricional, pero no puede decirse lo mismo sobre las preparaciones culinarias. La modalidad tecnológica y la temperatura de cocción son determinantes de las pérdidas, pues algunas vitaminas se destruyen con cierta facilidad. En este sentido, se considera que la tiamina es la más termolábil y la riboflavina la más resistente.

En los productos cárnicos transformados influyen notablemente no sólo la formulación, sino también la tecnología. En general, los embutidos elaborados a base de carne de cerdo son muy ricos en tiamina, mientras que las pastas de hígado lo son en vitamina A. La salazón a la que se somete el jamón cocido origina un 1-5 % de pérdida de vitaminas hidrosolubles, posiblemente por disolución en la salmuera.

La carne contiene todas las **sustancias minerales** que son necesarias para el organismo humano, entre las que destacan el hierro y el fósforo por su relevancia nutricional. Aunque las especies animales no ofrecen diferencias significativas entre sí en

cuanto al aporte de los nutrientes minerales, cabe resaltar la riqueza en fósforo de la ternera y los animales de caza.

En relación con el aporte de hierro a la dieta, ningún alimento suministra tan elevado nivel de hierro biodisponible como las carnes rojas. En general, la carne de vacuno es más rica en este elemento que la de ternera o la de cerdo, y dentro de cada canal cabe destacar el solomillo. También los subproductos como el bazo, la sangre y el hígado (sobre todo de cerdo) contienen mayor cantidad de hierro que la carne magra.

En la dieta occidental, las carnes suelen suministrar casi el 50% del Zn ingerido con la alimentación, pero existen factores dietarios que pueden aumentar la absorción intestinal de Zn, como los citratos y los glutamatos añadidos a ciertas carnes procesadas, circunstancia que debe tenerse muy en cuenta desde un punto de vista clínico. Las carnes y las vísceras son fuentes muy pobres de Mn y Mg, con algo más de Cu, si bien el hígado carece prácticamente de este último.

La carne no contribuye al aporte de calcio con la dieta, ni resulta ser una buena fuente de potasio, aunque muchos productos transformados sí lo son de sodio; no obstante, una ingestión excesiva de carne con la alimentación puede alterar la hemodinámica renal del calcio, el potasio y el sodio.

ASPECTOS SANITARIOS

Desde el punto de vista histórico, la carne ha desempeñado un papel significativo en la dieta humana; además, su proporción en ella ha sido considerada como un índice de nivel de vida. Sin embargo, el cambio en los hábitos alimentarios que ha tenido lugar en los últimos veinticinco años ha traído como consecuencia una disminución del consumo de las denominadas carnes rojas. En ello ha influido la mejora de la disponibilidad de carne de pollo a precios asequibles y las recomendaciones difundidas desde los sectores responsables de la salud pública para que se ingieran menos grasas, especialmente de origen animal, como una medida de prevención de la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer.

No obstante, en los momentos actuales se ha vuelto a considerar como práctica saludable el consumo regular de cantidades moderadas de carnes rojas magras, de acuerdo con las indicaciones sugeridas en 1986 por la American Dietetic Association. De este modo, la carne rica en grasa se viene aceptando con ciertos reparos, mientras que la carne magra se considera como una fuente importante de proteínas, vitaminas y elementos minerales.

Para comprender la importancia que la carne debe tener dentro de la dieta humana, es imprescindible superar la falsa equiparación del nombre de carne con el concepto de «grasas saturadas». En realidad, no existen estos tipos de grasas en la naturaleza, pues las que pueden aportar cualquier tipo de alimento —entre ellos la carne— están integradas por diferentes proporciones de ácidos grasos saturados e insaturados. Así, por ejemplo, el tocino de cerdo viene a tener, solamente, un 40% de ácidos grasos saturados y el sebo de buey un 43-50%, dependiendo de la parte de la canal de la que proceda. Y si el cálculo se hace sobre la grasa total, incluyendo glicéridos, fosfolípidos, etc., se reducen los porcentajes anteriores en un 10%.

En realidad, las grasas de origen animal contribuyen a las dietas convencionales con cantidades de ácidos grasos saturados similares a las aportadas por las grasas de origen vegetal, empleadas en la elaboración de margarinas y grasas concretas, siempre que en el grupo de ácidos grasos saturados se incluyan los ácidos grasos insaturados de estructura *trans*, que en el organismo humano pueden tener un comportamiento equívoco.

Algunos atributos fisiológicos de las grasas de la dieta pueden ayudar en el control de la obesidad —uno de los caballos de batalla de la sociedad occidental—, pues su lento vaciado en el estómago produce una sensación de saciedad, de que no apetece seguir comiendo, y contribuyen, por tanto, a que desaparezca la sensación de hambre, con un efecto opuesto al de los hidratos de carbono. Además, dentro del ámbito clínico se sabe que las dietas pobres en grasas y ricas en hidratos de carbono aumentan la trigliceridemia y, posiblemente, la hiperinsulinemia, hasta el punto de que resulta frecuente observar una mayor incidencia de obesidad en aquellos grupos de población que comen más hidratos de carbono y menos carne.

Por otra parte, la frecuente preocupación por adelgazar implanta las dietas hipocalóricas (2000 kcal para el hombre y 1600 kcal para la mujer), cuyo nivel energético reducido hace difícil conseguir los niveles recomendados para todos los nutrientes, particularmente de aquellos que, como el Fe y el Zn, se encuentran en los alimentos en concentraciones relativamente bajas. Se ha comprobado que existen cuatro nutrientes que en las dietas hipocalóricas pueden resultar limitantes: hierro, cinc, vitamina B₆ y ácido fólico.

Para superar este inconveniente, hay que recurrir a una cuidadosa selección de alimentos densos en nutrientes, entre los que destaca la carne magra, pues con ella se consiguen buenos niveles de hierro y de cinc para niveles energéticos reducidos.

El aporte de nutrientes difiere según la especie animal, la clase de carne y la tecnología culinaria; además, el corte de la carne puede modificar el aporte graso. De todos modos, siempre se deberá tener en cuenta que, para proporcionar una palatabilidad aceptable, se necesita un mínimo de 3 % de grasa intramuscular para el vacuno y de 3.5-4 % para el cerdo.

La industria alimentaria prepara hoy día productos cárnicos transformados cuyos niveles de grasa son algo inferiores a los tradicionales, a fin de responder a la demanda de productos bajos en calorías. A pesar de todo, conviene dejar sentado que no se ha demostrado que una ingestión de grasa equivalente al 40 % de las calorías totales de la dieta sea perjudicial para la salud; no obstante, tampoco es correcto afirmar que la grasa puede ser consumida sin limitación alguna.

Algunos especialistas consideran que la obesidad, al igual que la concentración de colesterol plasmático, es un complejo fenómeno bioquímico y fisiológico que difiere de un individuo a otro a consecuencia de ciertos factores controlados genéticamente. Por ello, las cantidades relativas de grasa, hidratos de carbono y proteínas ingeridas pueden ser utilizadas por cada individuo de modos muy diversos.

Desde que en 1965 se afirmó que las grasas de la dieta eran responsables de un gran número de enfermedades metabólicas, se viene aconsejando su restricción dietética. Pero llevar a cabo una reducción de la grasa en las dietas conlleva el riesgo de provocar carencias alimentarias de minerales, vitaminas y proteínas de alta calidad. En realidad, los lípidos de los alimentos, que desempeñan importantes funciones bioquí-

micas, organolépticas y culinarias, han sido sobreestimados en cuanto a su responsabilidad en la obesidad, porque el ser humano fisiológicamente normal dispone de mecanismos bioquímicos capaces de equilibrar el metabolismo de las mezclas de ácidos grasos que les proporciona la grasa de los alimentos que ingiere.

Una parte de la campaña en contra de la grasa aportada por las carnes rojas se ha debido a su nivel en colesterol. El intento de aclarar si los seres humanos presentaban una conducta metabólica semejante a la de los conejos en su respuesta al colesterol dietético dio lugar a la idea de que las grasas de origen animal son colesterolémicas, y un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares.

En la evaluación de las propiedades colesterolémicas de los ácidos grasos hay que tener en cuenta la naturaleza del ácido graso que aparece en el interior del organismo a partir de los que se ingieren con la dieta. Se ha comprobado que en los pollos existe una correlación entre la grasa que reciben con la dieta y la composición de sus depósitos grasos; sin embargo, no ocurre así con los mamíferos en general y con el ser humano en particular, en los que, de todo el ácido láurico y mirístico ingerido, es poco el que se deposita en las grasas corporales, porque se transforman en ácido palmítico. Desde 1950 se tiene la certeza de que los ácidos grasos de la dieta difieren notablemente en cuanto a modo de incidir sobre los niveles sanguíneos de colesterol, y en la década de los ochenta se ha demostrado que no todos los ácidos con más de un doble enlace tienen el mismo comportamiento en el organismo humano.

Cada ácido graso dispone de su ruta metabólica propia, de tal manera que los ácidos grasos poliinsaturados superiores se metabolizan de modo muy diferente a como lo hace el ácido linoleico, que tiene dos dobles enlaces. En estos últimos años, se ha puesto de relieve que el ácido oleico es un factor dietético tan hipocolesterolémico como el linoleico. Y también se ha llegado a sugerir lo mismo del ácido esteárico, por ser un precursor metabólico del oleico. El organismo humano convierte el ácido esteárico (18:0) —muy abundante en las grasas cárnicas— en oleico (18:1), y por ello el nivel de esteárico aportado por la dieta podría desempeñar el mismo papel que un ácido graso monoinsaturado.

Frente a estas consideraciones, se puede objetar el carácter eminentemente colesterolémico del ácido palmítico, que en el organismo humano es un precursor del ácido esteárico. No obstante, esta dificultad carece de sentido bioquímico porque el ácido palmítico es un punto final del sistema ácido graso sintetasa, y su elongación hasta ácido esteárico tiene lugar por una vía alternativa, que parece conducir al ácido vaccénico, a través del ácido palmitoleico. Como dato favorable a esta argumentación se puede añadir que la grasa de vacuno contiene un 10 % de ácido vaccénico.

Obviamente, todos estos sistemas relacionados entre sí están bajo controles homeostáticos muy complejos, y normalmente existen mecanismos, controlados genéticamente, que mantienen la homeostasis del colesterol plasmático; solamente las personas con alteraciones de esos controles pueden desarrollar una hipercolesterolemia a partir de la dieta. Además, no es correcta la afirmación que atribuye la disminución de las muertes por enfermedades cardiovasculares al estricto seguimiento de las recomendaciones dietéticas, porque en la práctica el nivel de hospitalizaciones por estas enfermedades sigue aumentando, y si los enfermos no mueren se debe a una mejora en los tratamientos clínicos.

La mayor parte del colesterol de la dieta occidental procede de los huevos, las carnes y los derivados lácteos, correspondiendo a los productos cárnicos un 34 %, cifra

que equivale a un 1.5-2 % del colesterol del plasma. Además, debido a su contenido en ácido oleico, las grasas cárnicas favorecen el incremento de la fracción de lipoproteínas de alta densidad (HDL), que son tan deseables para el transporte sanguíneo del colesterol. En los últimos diez años, se ha demostrado que la presencia de grasas cárnicas en la dieta no incrementa el nivel de colesterol en sangre. Por tanto, carece de sentido etiquetar a los derivados cárnicos como nocivos y perjudiciales para la salud.

Finalmente, los productos cárnicos se han relacionado con una predisposición al desarrollo de tumores cancerosos como consecuencia de sus contenidos en proteínas, colesterol y grasas, todos ellos más o menos involucrados en la génesis de procesos cancerígenos. A raíz de una serie de estudios epidemiológicos, se sugirió el vínculo entre la ingestión de proteínas de origen animal y la incidencia de tumores. Ello dio lugar al planteamiento de estudios sobre carcinogénesis experimental, que no han podido demostrar un efecto carcinógeno claro debido a la ingestión de proteínas cárnicas. En relación con el colesterol, son escasos los estudios que le implican en la carcinogénesis. Algunos investigadores opinan que, al ser un precursor de los ácidos biliares, sí puede actuar como un factor cocarcinógeno del cáncer de colon.

Mayor atención ha recibido la grasa de la dieta, que estudios epidemiológicos en seres humanos presentan como un factor de riesgo dependiendo de su grado de insaturación. Centrándonos en la grasa aportada por la carne de la dieta, solamente se puede afirmar que su contribución al proceso cancerígeno puede considerarse en cuanto que contribuye a la ingestión calórica total.

Por consiguiente, de todos los estudios llevados a cabo hasta la fecha no se puede deducir que exista una evidencia clara sobre la relación entre el consumo de carne y derivados cárnicos y la incidencia de procesos cancerígenos.

CRITERIOS DE CALIDAD

La calidad del «flavor» de la carne viene determinada por numerosos factores vinculados a la historia que ha tenido el animal antes de su sacrificio y por otros factores *postmortem*, que se relacionan tanto con el proceso de maduración de la carne como con la tecnología aplicada durante el mismo.

Son numerosos y diversos los componentes químicos que intervienen, o definen, el «flavor» de la carne, tanto el deseado como el alterado, componentes que han sido investigados con mayor o menor profundidad, según los casos. De entre todos los compuestos identificados, muchos son sustancias químicas que resultan de la oxidación de los lípidos. Los lípidos y sus productos de oxidación desempeñan un papel importante en el desarrollo del «flavor» característico de la carne, definiéndolo como gusto a vacuno, a cordero, a cerdo, etc. Se ha llegado a sugerir que el magro de la carne es responsable del cárnico, en general, pero que es la grasa la que proporciona el «flavor» específico.

Actualmente, se admite que la oxidación de los fosfolípidos es el principal proceso responsable de las alteraciones en el «flavor» de los productos cárnicos tratados por el calor, es decir, los ácidos grasos poliinsaturados de los lípidos celulares. Son los métodos de cocción y la temperatura interna final los factores que ejercen un efecto importante sobre la formación y estabilidad de los compuestos volátiles en las carnes, e incluso de compuestos no volátiles relacionados con las proteínas, péptidos y aminoácidos.

Una temperatura interna elevada aumenta la autooxidación de los lípidos, pero también favorece la formación de los denominados productos de la reacción de Maillard, que son reductonas con un genuino carácter antioxidativo, además de compuestos azufrados.

La autooxidación lipídica en las carnes se inicia durante el tratamiento térmico y continúa durante todo el período de almacenado. En este proceso, resultan ser los ácidos linoleico, oleico y araquidónico los agentes reactivos primarios para la formación de sustancias volátiles, a través de sus hidroperóxidos. Otros factores, como la presencia de catalizadores, agentes quelantes, antioxidantes, etc., afectan a la velocidad de autooxidación y a la cuantitativa de las sustancias resultantes. Generalmente, estas sustancias son compuestos carbonilos con un gran impacto sobre el «flavor» debido a su bajo umbral de percepción, en comparación con otros compuestos como furanos y alcoholes. El hexanal, principal derivado de la oxidación del ácido linoleico, se usa con frecuencia como una medida de la alteración del «flavor».

Los productos resultantes de la reacción de Maillard entre algunos azúcares y los grupos aminos de proteínas o aminoácidos suelen desempeñar un papel relevante en la producción del «flavor» cárnico. Muchas de las sustancias orgánicas, caracterizadas por manifestar «flavores» de carne, son aldehídos que en su estructura molecular contienen algún átomo de azufre. Ha quedado establecido que el aminoácido participante es el que determina, en estas reacciones, los tipos de aldehídos específicos que se forman, mientras que el tipo de azúcar es lo que controla la cantidad formada de cada uno de ellos. Aunque mucho se conoce en torno a este proceso cuando se desarrolla *in vitro*, poco se sabe de su participación *in vivo* en la percepción sensorial del «flavor» de los productos cárnicos.

Mientras que los trabajos sobre la contribución de lípidos y productos de Maillard al «flavor» cárnico son abundantes, apenas se encuentran referencias al papel desempeñado por las proteínas y las enzimas proteasas presentes en la carne. No obstante, hace años que se conoce la presencia de actividades proteolíticas en los procesos de maduración de la carne, capaz de incrementar las cantidades de péptidos y aminoácidos presentes. Recientes trabajos japoneses han puesto de relieve el impacto potencial de los péptidos, en general, y de un octapéptido en particular, sobre el desarrollo de un agradable «flavor» cárnico. Existen investigaciones con sistemas modelo, que usan membranas artificiales o liposomas, que han puesto de relieve cómo la alteración de las proteínas englobadas en ellas viene a ser una consecuencia de la oxidación de los lípidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bello, J. (1998). *Embutidos de Navarra*. Ed. Oria. Guipúzcoa
- Girard, J. P. (1991). *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Lawrie, R. A. (1995). *Ciencia de la carne*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Martin, S. (1992). *Manual Práctico de la carne*. Ed. Martin & Macias, Madrid.
- Pearson, A. M. y Dutson, T.R. (1990). *Meat and Health Advances In Meat Researcs*. Vol. 6, Ed. Elsevier Applied Science. London.
- Prandl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. y Sinell, H.J. (1994). *Tecnología e higiene de la carne*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Price, J. F. y Schweigert, B.S. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Varnam, A. H. y Sutherland, J.P. (1998). *Carne y productos cárnicos. Tecnología, química y microbiología*. «Serie Alimentos básicos 3». Ed. Acribia, Zaragoza.

2

PESCADOS

(Yolanda Aquerreta Apesteguía)

INTRODUCCIÓN

La participación de la pesca en la alimentación total de los distintos países es muy variable, dependiendo de sus características geográficas. Se calcula que el consumo de pescado como alimento aporta por término medio el 12% de la proteína animal ingerida, cifra que en países insulares y costeros llega a ser del 70% (Fehlhaber y Janetschke, 1995). La gran diversificación de las formas de vida marinas y la amplia variedad de productos transformados que a partir de éstas se elaboran hace que en general se trate de un alimento bien apreciado por el consumidor y cuyas capturas han aumentado de forma considerable en el curso del presente siglo (Belitz y Grosch, 1997) (Tabla 2-1). Lo mismo ocurre con la práctica de la piscicultura, tanto de especies de agua dulce como de las de agua salada. Del conjunto de capturas anuales mundiales, se estima que alrededor de un 12% corresponde a peces de agua dulce.

En el contexto de las recomendaciones dietéticas realizadas por diferentes organizaciones internacionales relacionadas con la salud, los productos de la pesca ocupan un lugar destacado a la hora de tratar de conseguir dietas equilibradas, alcanzar los requerimientos nutricionales y actuar sobre factores de riesgo de determinadas enfermedades (Kinsella, 1988). En general, los pescados aportan un buen balance de proteínas de alto valor biológico, vitaminas tanto hidrosolubles como liposolubles, algunos elementos minerales y un contenido calórico relativamente bajo. Además, muchas especies constituyen una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3, cuyo consumo se ha asociado con efectos beneficiosos frente a diversos estados patológicos.

DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

Pescados

La denominación genérica de «pescados» comprende a los animales vertebrados comestibles marinos o de agua dulce (peces, mamíferos, cetáceos y anfibios), frescos o conservados por distintos procedimientos.

La clasificación de los pescados puede llevarse a cabo de acuerdo con diversos criterios. En el mercado se distingue, en principio, entre peces de agua dulce y de agua

Tabla 2-1. Capturas de pescado por especies (1989)

	1000 Tm	Porcentaje sobre el total
<i>Peces de agua dulce</i>		10.9
Carpas, barbos, etc.	4974	
Percas	711	
Esturiones	19	
Anguilas	110	
Salmones, truchas	1437	
Otros	5763	
<i>Peces marinos</i>		73.6
Peces planos	1192	
Bacalao, merluzas, merlangos	12 831	
Gallinetas, otros pércidos	5907	
Arenques, sardinas, boquerones	24 574	
Atunes, bonitos y caballas	4010	
Escualos, rayas	688	
Otros	23 129	
<i>Crustáceos</i>		4.3
Gambas	2074	
Cangrejos de mar	1067	
Bogavante, langosta, cigala	225	
<i>Bivalvos</i>		5.5
Ostras	1030	
Mejillones	901	
Otros	2909	
<i>Cefalópodos</i>		2.6
Calamares, pulpos	2450	

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

salada, aunque algunas especies desarrollan etapas de su vida en ambos medios. Otros criterios de clasificación son los siguientes:

- Caracteres morfológicos:
 - Forma del cuerpo: se distingue entre peces redondos (por ejemplo, bacalao o merluza) y peces planos (lenguado, rodaballo...).
 - Forma y número de aletas, escamas, etc.
- Zona de captura:

Se diferencia entre pesca de altura, pesca de bajura y pesca en aguas interiores. Entre las especies marinas, según el espacio oceánico que ocupan, se suele diferenciar entre peces de fondo y peces pelágicos. La Tabla 2-2 muestra las principales especies de peces de interés bromatológico.
- Composición:

La gran variedad en el contenido graso entre especies hace que se utilice este parámetro para clasificar las especies comestibles de pescado. En general, éstas se suelen clasificar en tres grupos:

Tabla 2-2. Especies piscícolas de interés bromatológico

AGNATOS			
Clase CICLOSTOMOS			
		Lamprea	<i>Petromyzon marinus</i>
MANDIBULADOS			
CONDRICTIOS			
Escualiformes		Tiburones	<i>Squalus acanthius</i>
Rayiformes		Raya	Género <i>Raja</i>
OSTEICTIOS			
GANOIDEOS		Esturión	Género <i>Acipenser</i>
PECES TELEÓSTEOS PROPIAMENTE DICHOS			
ORDEN CLUPEIFORMES			
Suborden Clupeidos		Sardina	<i>Sardina pilchardus</i>
		Anchoa	<i>Engraulis encrasicolus</i>
		Arenque	<i>Clupea harengus</i>
Suborden Salmónidos		Salmón	<i>Salmo salar</i>
		Trucha	<i>Salmo trutta</i>
ORDEN CIPRÍNIDOS			
		Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>
		Tenca	<i>Tinca tinca</i>
ORDEN ANGUÍLIDOS			
		Congrio	<i>Conger conger</i>
		Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>
ORDEN GÁDIDOS			
		Bacalao	<i>Gadus morhua</i>
		Abadejo	<i>Pollachius virens</i>
		Merluza	<i>Merluccius merluccius</i>
ORDEN PERCIFORMES			
Suborden Pércidos			
		Lucioperca	<i>L. lucioperca</i>
		Perca	<i>Perca fluviatilis</i>
		Jurel	<i>Trachurus trachurus</i>
Suborden Escómbridos			
		Caballa	<i>Scomber scombrus</i>
		Bonito	<i>Sarda sarda</i>
		Pez espada	<i>Xiphias gladius</i>
Suborden Túnidos			
		Atún rojo	<i>Thunnus thynnus</i>
		Atún blanco	<i>Thunnus alalunga</i>
		Listado	<i>Katsuwonus pelamis</i>
Suborden Cótidos			
		Gallineta	<i>Sebastes</i> spp.
ORDEN PLEURONECTIFORMES			
Familia Escoftálmidos			
		Rodaballo	<i>Psetta maxima</i>
		Gallo	<i>Lepidorhombus</i> spp.
Familia Pleuronéctidos			
		Solla	<i>Pleuronectes platessa</i>
Familia Soleidos			
		Lenguado	<i>Solea solea</i>
ORDEN LOFIFORMES			
		Rape	<i>Lophius</i> spp.

Fuente: Fehlhaber y Janetschke (1995).

- Pescados magros o blancos: contienen menos del 1% de grasa. Su valor calórico oscila entre 50 y 80 kcal/100 g. Entre ellos se encuentran el bacalao, el lenguado y el gallo.
- Pescados grasos o azules: su contenido en grasa oscila del 8 al 15 %, con un valor energético de entre 80 y 160 kcal/100 g. Entre las especies más representativas se encuentran el salmón, el arenque, el atún, la caballa y la sardina.
- Pescados semigrasos: su proporción de grasa oscila entre el 2 y el 7 %. Algunos ejemplos son la trucha, la carpa o la gallineta.

Mariscos

Los mariscos son animales invertebrados comestibles marinos o continentales (crustáceos y moluscos), frescos o conservados por distintos procedimientos autorizados.

Bajo esta denominación general se incluyen los siguientes grupos:

Crustáceos

- Decápodos macruros: bogavante, langosta, cigala, langostino, gamba, camarón, etc.
- Decápodos braquiuros: nécora, centollo, buey, etc.
- Cirrípodos: percebe.

Moluscos

- Bivalvos o lamelibranquios: almeja, berberecho, ostra, mejillón, vieira, etc.
- Univalvos o gasterópodos: bígaro.
- Cefalópodos: calamar, pota, sepia, pulpo, etc.

COMPOSICIÓN. ASPECTOS NUTRITIVOS

En el pescado, la fracción comestible es menor que en los animales terrestres. Los desperdicios de pescado pueden suponer hasta un 50 % o hasta un 10-15 % si se trata de peces descabezados. Los más espinosos, por ejemplo la perca o la tenca, tienen más desperdicio, mientras que los más grasos, como la anguila o el salmón, ofrecen un mayor rendimiento. Aunque el contenido en proteínas del pescado es bastante constante, las proporciones de agua y grasa son mucho más variables entre especies. Los valores de estos dos parámetros están inversamente relacionados, de forma que aquellos pescados que presentan un mayor porcentaje de grasa tienen un menor contenido acuoso y viceversa (Tabla 2-3).

En general, la composición de los pescados está afectada por diferentes factores, que pueden dividirse en dos grupos:

Factores intrínsecos: diferencias interespecíficas, variaciones individuales y anatómicas, y factores fisiológicos (desove).

Tabla 2-3. Composición del pescado

Espece piscícola	Agua ^a	Proteína ^a	Grasa ^a	Minerales ^a	Fracción comestible (%)
<i>Peces de agua dulce</i>					
Anguila	61	13	26	1.0	70
Perca	80	18	0.8	1.3	38
Carpa	72	19	7	1.3	55
Salmón	66	20	14	1.0	64
Trucha	78	19	2	1.2	50
<i>Peces marinos</i>					
Bacalao	82	17	0.3	1.0	56
Merluza	81	17	0.9	1.1	58
Lenguado	80	18	1.4	1.1	71
Rodaballo	80	17	1.7	0.7	46
Arenque	63	17	18	1.3	67
Sardina	74	19	5	1.2	59
Caballa	68	19	12	1.3	62
Atún	62	22	16	1.1	61

^a porcentaje, referido a porción comestible. Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Factores extrínsecos: disponibilidad de alimento y época del año. En relación con esta última, la temperatura del agua influye de forma importante. Se ha observado que la insaturación de los lípidos del plancton marino aumenta en invierno. Si la poliinsaturación aumenta en los fosfolípidos de la membrana de los peces, el punto de fusión disminuye. Este fenómeno es importante en el control de la flexibilidad y movilidad celular, de modo que las células siguen siendo flexibles en invierno y aumenta su rigidez con altas temperaturas (Love, 1997).

Agua

El contenido acuoso oscila entre el 60 y el 80 %, dependiendo del contenido graso.

Componentes nitrogenados

Proteínas

La tasa de proteína bruta del pescado oscila entre un 17 y un 20 %. Al igual que las de la carne, las proteínas del músculo de pescado se dividen en:

- *Proteínas sarcoplásmicas.* Constituyen entre el 16 y el 20 % de la proteína total. En su mayor parte poseen naturaleza enzimática. Su separación electroforética origina patrones propios de cada especie que permiten diferenciarlas. El contenido en pigmentos (mioglobina, citocromos) es variable, pero en cualquier caso inferior al de los mamíferos. Algunas especies, como el atún, poseen una parte

de músculo rojo, rico en mioglobina, que puede sufrir decoloraciones como consecuencia de reacciones de degradación que dan lugar también a sabores extraños. Por tal razón, esa parte del músculo se elimina en la elaboración de conservas.

- *Proteínas miofibrilares.* Constituyen alrededor del 75 % del total, porcentaje que es superior al de las proteínas de la carne, aunque sus componentes se corresponden. Está compuesto fundamentalmente por filamentos de actina y miosina, que en el pescado se encuentran dispuestos en grupos o segmentos denominados miotomos, separados por tabiques de tejido conjuntivo. Cuando el tejido conjuntivo se separa de los miotomos, se origina el fenómeno de separación o *gaping*, que genera pérdidas económicas, ya que dificulta la venta del pescado por los defectos que ocasiona en la calidad organoléptica. Además, los filetes que presentan este defecto no pueden ser sometidos a determinadas operaciones, por lo general realizadas mecánicamente.
- *Proteínas del tejido conjuntivo.* En el músculo de pescado hay menor cantidad de tejido conjuntivo y de colágeno. Este hecho repercute en sus características organolépticas (mayor ternura) y en su menor resistencia a la alteración, tanto enzimática como bacteriana.

Atendiendo a su proporción de aminoácidos, las proteínas del pescado tienen un elevado valor biológico, incluso mayor que el de la carne. El músculo de pescado es rico en lisina y metionina, por lo que tiene gran valor en la dieta humana, y posee un excelente espectro de aminoácidos esenciales, cuyos contenidos sobrepasan en su mayor parte la pauta recomendada por la FAO (Tabla 2-4). Con la ingestión de 200 g de pescado se cubren y superan las necesidades de treonina, valina, leucina, isoleucina lisina y un 80 % de las de triptófano.

En los moluscos y crustáceos la proporción de proteínas es algo inferior a la del pescado, oscilando los valores medios entre el 13 y el 15 % de la fracción comestible.

Tabla 2-4. Aminoácidos esenciales de las proteínas de los distintos pescados en g/100 g de proteína

	Arenque	Bacalao	Carpa	Crustáceos	Moluscos	Pauta FAO	Huevo
Fenilalanina + Tirosina	7.5	7	6	7	—	6	6
Isoleucina	4	4	4	4	4	4	6.8
Leucina	8	6.5	7	8	7	7	9
Lisina	8.5	10.5	8.5	7.5	7.5	5.5	6.3
Metionina + Cisteína	4	4.5	5	4	4	3.5	5.4
Treonina	4.5	4	3.5	3.5	3.5	4	5
Triptófano	1	1	1.1	1.2	1.2	1	1.7
Valina	5.5	4	6	3.5	6	5	7.4

Fuente: Primo Yúfera (1997).

Los moluscos bivalvos se caracterizan por poseer una baja proporción de esclero-proteínas, en contraste con una alta cantidad de proteínas hidrosolubles. Su valor biológico es similar al de las proteínas del pescado. Los gasterópodos y cefalópodos, por el contrario, son más ricos en proteínas conectivas, y por tanto su digestibilidad es menor.

Otros compuestos nitrogenados

La proporción de nitrógeno no proteico respecto del nitrógeno total es del 9-18 % en los peces teleósteos y del 33-38 % en los cartilagosos. En el marisco, en general, la cantidad de NNP supone de 1/3 a 1/4 del nitrógeno total. Dentro de la fracción del nitrógeno no proteico se pueden distinguir:

- *Aminoácidos libres y péptidos.* Entre los aminoácidos libres predomina la histidina, sobre todo en los escómbridos (caballa, atún). En la descomposición bacteriana aumenta la cantidad de histidina libre. Además de este aminoácido, en el músculo de pescado se encuentran la metil-histidina libre y (en menor proporción en producto fresco) la anserina, la carnosina y la taurina.
- *Aminas y óxidos de aminas.* Los peces marinos contienen óxido de trimetilamina (OTMA), en concentración de 40-120 mg/kg. Este compuesto tiene función osmorreguladora. Tras la muerte, el OTMA es reducido por acción bacteriana a trimetilamina (TMA), originándose así el olor típico a pescado. Una parte de la trimetilamina se degrada a dimetilamina y formaldehído durante el almacenamiento en congelación. En la fracción amínica se encuentran también la dimetilamina, el amoníaco y las aminas biógenas resultantes de la decarboxilación de aminoácidos, como histamina (de histidina) y tiramina (de tirosina).
- *Otros compuestos.* Compuestos guanidínicos y de amonio cuaternario, purinas y urea.

Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono están presentes en muy poca cantidad en el músculo de pescado. Los valores son en general inferiores a 0.3 g/100 g. Sin embargo, su proporción en el hígado es variable, ya que depende de las reservas de glucógeno que posea el ejemplar.

Lípidos

El contenido en grasa del pescado es extremadamente fluctuante, ya que a la gran variabilidad que existe entre especies hay que añadir las fluctuaciones que se dan en el contenido graso de los peces a lo largo de las diferentes etapas fisiológicas que atraviesan durante su ciclo vital. En los pescados grasos o azules, como el arenque o la caballa, los lípidos se depositan en el tejido muscular, formando una dispersión globular. Por el contrario, en los pescados magros o blancos, los lípidos se acumulan en su mayor parte en el hígado, una pequeña porción se distribuye debajo de la piel y el músculo está prácticamente libre de grasa. Así, por ejemplo, en el bacalao la mayor parte de la grasa está en el hígado, mientras que el músculo contiene cantidades des-

preciables; por ello, es muy apto para la conservación por salado, sin que en él se desarrollen sabores rancios.

En el marisco la cantidad de lípidos es, en general, más baja, constituyendo aproximadamente el 2 % de la fracción comestible.

Fracción saponificable

La fracción saponificable de los lípidos del pescado se caracteriza por presentar una elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, especialmente de la serie omega-3 (Ω -3). Los ácidos eicosapentaenoico (C20:5 Ω -3) y docosahexaenoico (C22:6 Ω -3) son característicos de la grasa del pescado. Estos ácidos grasos están presentes en el plancton marino y en algunas algas, y se incorporan a los tejidos de los peces al ser ingeridos por éstos.

El perfil de ácidos grasos de los pescados es muy variable, incluso dentro de la misma especie. En muchos casos, se encuentran ácidos grasos ramificados y de número impar de átomos de carbono. Los más abundantes son, además del eicosapentaenoico y el docosahexaenoico, el ácido oleico y el ácido palmítico (Tabla 2-5). Los ácidos más insaturados suelen ocupar, en los triglicéridos, las posiciones 1 y 3.

Fracción insaponificable

La fracción insaponificable está constituida fundamentalmente por esteroides, de los cuales el más importante es el colesterol, y por vitaminas liposolubles, especialmente A, D y E.

El contenido en colesterol de los pescados oscila, en general, entre 50 y 90 mg/100g de músculo. El aporte en colesterol tiende a aumentar con el contenido graso. Así, los pescados blancos más magros aportan menos de 30 mg/100g, mientras que los pescados azules poseen hasta 100 mg/100g. Los moluscos bivalvos y los crustáceos aportan generalmente cantidades superiores a los 150-200 mg/100g, valores que son incluso más elevados en el caso de los cefalópodos (Kinsella, 1988).

Tabla 2-5. Composición en ácidos grasos del pescado (%)

	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2 Ω -6	20:1	20:4 Ω -6	20:5 Ω -3	22:6 Ω -3	Total Ω -3	n-3/n-6
Bacalao	0.5	22.1	2.1	4.8	9.5	1.2	2.0	1.5	16.3	36.1	53.1	15.2
Arenque	5.1	16.5	8.9	2.6	18.1	1.8	7.1		9.2	8.9	23.6	13.1
Caballa	2.8	17.5	6.0	5.8	7.8	1.9	4.1	6.9	11.2	22.8	41.2	4.3
Salmón	3.3	13.0	5.2	3.0	14.0	2.0	3.5	2.8	11.0	20.0	39.9	5.9
Sardina	3.4	14.5	7.0	4.9	15.4	1.4	4.2	0.9	11.3	25.8	43.4	11.7
Lenguado	4.9	16.5	15.3	3.6	12.2	1.4	4.8	4.9	16.4	7.6	35.7	5.7
Trucha	4.7	11.4	8.2	7.3	17.4	12.3	1.6	1.4	5.1	16.8	30.1	2.2
Atún	3.1	9.5	7.5	7.9	17.5	1.8	2.6	4.1	7.5	26.4	37.6	4.7
Merluza	2.0	9.1	3.3	7.9	15.4	1.9	1.8	3.6	13.2	23.9	44.6	4.0

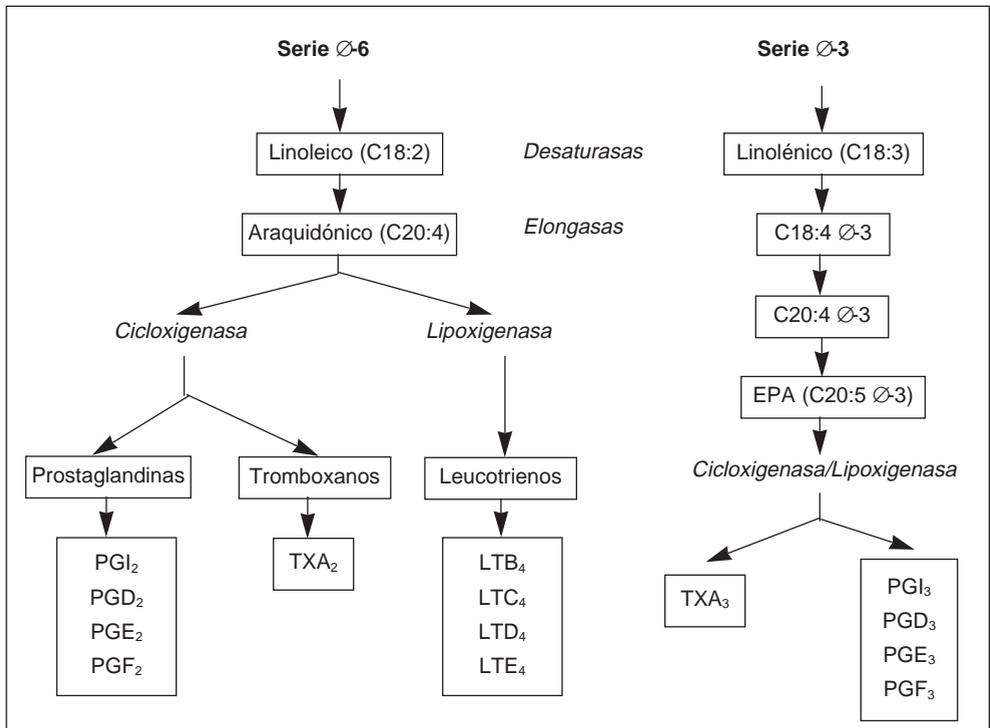
Fuente: Hearn y col. (1987).

El aceite de hígado de bacalao posee una cantidad importante de vitaminas A y D. En algunas especies de peces grasos están presentes en el tejido muscular. No obstante, en general, el pescado no puede considerarse una de las principales fuentes de estas vitaminas en la dieta (Nettleton, 1985).

La relativa escasez de tocoferoles de acción antioxidante en el músculo de pescado, unida al alto grado de insaturación de la fracción lipídica, hace que la grasa de pescado sea difícil de conservar, debido a su acusada susceptibilidad a la oxidación.

Aspectos nutritivos de la fracción lipídica de los pescados: Ω -3

Los estudios epidemiológicos llevados a cabo por Dyerberg y Bang (1979) con esquimales durante la década de los 70 pusieron de manifiesto la escasa incidencia de afecciones cardiovasculares en estas poblaciones, que consumían grandes cantidades de pescado. Esto se relacionó con la abundancia de ácidos grasos de la familia Ω -3 en la grasa de pescado, en concreto de los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA). Investigaciones posteriores han revelado que estos ácidos grasos entran a formar parte de determinadas rutas metabólicas que dan lugar a prostaglandinas y leucotrienos que desempeñan diferentes funciones en el desarrollo de algunos estados patológicos (Fig. 2-1).



Fuente: Simopoulos (1996a).

Figura 2-1. Ácidos grasos esenciales como precursores de prostaglandinas y leucotrienos.

Tabla 2-6. Efectos de los ácidos grasos Ω -3 sobre los factores implicados en la fisiopatología de la arteriosclerosis e inflamación

Factor	Función	Efecto de los ácidos Ω -3
Ácido araquidónico	Precursor de eicosanoides Agregación plaquetaria Estimulación de leucocitos	α
Tromboxanos	Agregación plaquetaria Vasoconstrictor Incremento del Ca^{2+} intracelular	α
Prostaciclina (PGI _{2/3})	Previenen la agregación plaquetaria Vasodilatación Incremento del AMPc	δ
Hidroperóxidos	Estimulan la formación de eicosanoides	α
VLDL	Relacionado con el nivel de LDL y HDL	α
HDL	Disminuye el riesgo de enfermedad cardiovascular	δ
Triglicéridos y quilomicrones	Contribuye a la lipemia posprandial	α

Fuente: Simopoulos (1996b).

Los ácidos EPA y DHA, cuando están presentes en la dieta de forma habitual, constituyen un elemento preventivo de la aterogénesis, porque permiten la formación de prostaglandinas PGI₃, de carácter vasodilatador y antiagregante plaquetario, y del tromboxano TXA₃, sin apenas efecto vasoconstrictor ni agregante plaquetario. Asimismo, se ha observado que interfieren en el metabolismo de los ácidos Ω -6, de forma que inhiben las enzimas lipoxigenasa y cicloxigenasa, que conducen a la formación, a partir del ácido araquidónico, de prostaglandina PGI₂ (de efectos similares a la PGI₃), pero también de tromboxano TXA₂, que sí tiene capacidad vasoconstrictora y agregante plaquetaria (Tabla 2-6). Además, los Ω -3 compiten con los Ω -6 por la acilación en los fosfolípidos de la membrana. De ahí que un nivel elevado de Ω -3 o Ω -6 en la dieta incremente su proporción en las membranas, lo que determina sus características de permeabilidad y fluidez. Por todo lo anterior, los ácidos grasos característicos de la grasa de pescado poseen un carácter antitrombótico y antiinflamatorio, lo que justifica una menor prevalencia de las enfermedades cardiovasculares en las poblaciones consumidoras de grandes cantidades de pescado. Asimismo, hay estudios que sugieren un efecto positivo de los Ω -3 en relación con la prevalencia de la artritis reumatoide, el cáncer y el desarrollo de metástasis (Caygill y Hill, 1995).

Minerales

El contenido en sodio de los filetes de pescado fresco oscila, por término medio, entre 20 y 140 mg/100g de porción comestible (Tabla 2-7). Sin embargo, estos valores son sustancialmente más elevados en la mayoría de los productos transformados:

Tabla 2-7. Contenido en minerales del pescado (mg/100g de porción comestible)

	Na	K	Ca	Fe	I	Cl	P
Arenque	100-120	300-350	50-60	Aprox. 1	0.05	120-150	200-300
Anguila	50-100	200-300	20-30	0.4-1	0.005-0.01	40-60	150-200
Atún	30-50	250-350	30-50	Aprox. 1	0.05	150-180	200-220
Bacalao	70-100	300-400	10-15	0.5-0.7	0.1-0.2	50-100	150-250
Carpa	30-50	200-400	20-50	1	0.003	50-80	200-300
Merluza	100-120	250-350	30-50	1	0.01-0.03	150-200	140-170
Salmón	30-60	300-400	10-20	1	0.0035	20-30	200-300
Sardina	120-140	300-400	50-100	2-3	0.01-0.02	160-180	200-300
Tenca	50-90	200-400	20-50	0.5-1	0.004	30-60	150-200
Trucha	20-50	400-600	10-20	1	0.0035	20-50	200-300
Langosta	200-300	200-400	50-80	2-3	0.1-0.5	50-60	200-400
Mejillón	250-400	200-300	20-40	5-6	0.1-0.2	40-60	200-300

Fuente: Primo Yúfera (1997).

congelados, en conserva, ahumados o curados. Esto es consecuencia de los métodos convencionales de procesado que se realizan en los barcos: congelación en salmuera y almacenamiento en agua de mar refrigerada. Además, algunos productos llevan sal añadida en su formulación.

El pescado fresco es normalmente una buena fuente de potasio, ya que contiene de 200 a 400 mg/100g en las diferentes especies. Por otra parte, su consumo supone también un importante aporte de otros minerales, como yodo, calcio, fósforo y hierro.

Los moluscos y crustáceos son una buena fuente de elementos como cinc, hierro, cobre, magnesio, yodo y selenio (Gordon, 1988). En algunas especies se ha demostrado falta de aptitud para eliminar ciertos metales, los cuales constituyen verdaderos depósitos en el cuerpo del animal.

Vitaminas

Como se ha indicado, en los pescados blancos las vitaminas liposolubles, especialmente la A y la D, se encuentran casi exclusivamente en los aceites de hígado, pero en los pescados grasos se encuentran también en cierta medida en el tejido muscular. Así, por ejemplo, en el arenque, el aceite de hígado contiene hasta 10 000 U.I. de vitamina A por gramo, mientras que la grasa extraída de los filetes contiene alrededor de 30 UI/g. La parte comestible de los diferentes pescados suministra cantidades variables según se trate de pescados grasos o magros (Tabla 2-8).

En cuanto a las vitaminas hidrosolubles, el pescado contiene concentraciones variables de vitaminas del grupo B, dependiendo de la vitamina específica y de la especie. En general, la tiamina, la riboflavina y la niacina están en mayor cantidad. La piridoxina está presente en cierta cantidad en mariscos y en algunos pescados, como el atún y el salmón. Pescados y mariscos, particularmente anchoas, almejas, arenques, ostras y sardinas, son fuentes importantes de vitamina B₁₂ (Pearson y Dutson, 1997).

Tabla 2-8. Contenido medio en vitaminas del pescado (valores por 100 g de fracción comestible)

	Peces magros	Peces grasos
Vitamina A	50-100 UI	4000-6000 UI ¹
Vitamina D	10-20 UI	8000-12000 UI ²
Vitamina B ₁	0.1-0.4 mg	0.3-0.4 mg
Vitamina B ₂	0.2-0.4 mg	0.3-0.6 mg
Nicotinamida	6-12 mg	4-8 mg

¹ 1 UI = 0.3 mg; ² 1 UI = 0.025 mg.

Fuente: Primo Yúfera (1997).

PROPIEDADES SENSORIALES

Una vez capturado el pescado, en sus tejidos se producen modificaciones que dan lugar a diferentes compuestos que son responsables de las propiedades sensoriales de este alimento. El aroma y la textura son las propiedades más relacionadas con la calidad de los pescados.

Aroma

Como consecuencia de la degradación enzimático-oxidativa de los ácidos grasos poliinsaturados que componen los lípidos del pescado, en la que participan lipoxigenasas con distinto grado de actividad, se forman en un primer momento sustancias aromáticas implicadas en el aroma metálico del pescado recién capturado: hexanal, 1-octen-3-ol, 1-octen-3-ona, 1,5, *cis*-octadienol, 1,5, *cis*-octadienona.

El 2,6-dibromofenol, cuyo umbral aromático es muy bajo (0.5 ng/kg), también participa en el aroma del pescado marino. En concentraciones más elevadas es causante de defectos en el aroma. Otro compuesto que se origina durante el cocinado de ciertos pescados azules y contribuye a su aroma característico es el 2-metil-3-furanotiol, que proporciona una cierta nota a carne.

Por otro lado, los compuestos nitrogenados no proteicos contribuyen también de forma notable al sabor y aroma típicos del pescado. Además de los aminoácidos libres y péptidos, es importante la presencia de otros compuestos volátiles, como la trimetilamina, resultante de la reducción microbiana del óxido de trimetilamina, la dimetilamina o el amoníaco, que se origina por reacciones de desaminación de los compuestos nitrogenados no volátiles. Los umbrales de aparición de olores son, para la trimetilamina, de 600 ppb, de 30 000 para la dimetilamina y de 110 000 ppb para el amoníaco (Regenstein y cols. 1982).

Las reacciones que conducen a la formación de todos estos compuestos, que en un primer momento proporcionan el aroma a pescado fresco, progresan muy deprisa debido a la intensa actividad bacteriana y enzimática que tiene lugar tras la muerte del animal.

Rápidamente, aparecen aromas extraños, como el «olor a aceite de hígado de bacalao», que cabe atribuir a un aumento de la concentración de trimetilamina, y otros *off-flavors*, producidos tras reacciones de autooxidación de los ácidos grasos poliinsaturados. Algunos compuestos que se han identificado como responsables de estos aromas extraños son el 4-*cis*-heptanal y los decatrienales. Algunos factores que influyen sobre la velocidad de formación de estos compuestos en las diferentes especies son el contenido en los ácidos grasos eicosapentaenoico y docosahexaenoico, y el porcentaje de lípidos que se encuentran formando parte de los fosfolípidos, más susceptibles a las reacciones de autooxidación (Love, 1997).

Textura

Las miofibrillas del músculo de pescado se disponen formando segmentos angulares (miotomas) separados por láminas de tejido conjuntivo. Las proteínas que forman estas miofibrillas, actina y miosina principalmente, son más sensibles a la desnaturalización y a la proteólisis que las de la carne. Por otro lado, el tejido conjuntivo de los peces es más débil y menos rico en colágeno, está menos polimerizado y gelatiniza a 40°C. Por esta razón, durante la cocción los miotomas se desprenden unos de otros. Además, en los peces más viejos el colágeno no se hace más resistente por enlaces cruzados, como sucede en los animales de sangre caliente. De ahí que la textura del pescado sea en general más tierna (Primo Yúfera, 1997).

El principal factor que influye en la textura del músculo de pescado es el pH, de forma que cuanto más bajo sea el pH *postmortem*, la textura será más firme. El pH influye también en las modificaciones de la consistencia que tienen lugar tras la congelación y descongelación del pescado. Durante la congelación, el tejido conjuntivo absorbe agua y los cristales de hielo lo rompen. Si el pescado se descongela y se filetea, los miotomas se sueltan, los filetes pierden consistencia y aparecen con un aspecto como deshilachado (efecto *gaping*). Entre los factores que causan el efecto *gaping* se encuentran el largo tiempo transcurrido entre la muerte del pez y la congelación, el alcanzar el *rigor mortis* a altas temperaturas, el daño mecánico causado durante las operaciones de pesca, un proceso de congelación muy lento y un pH bajo del músculo (Love, 1997).

ASPECTOS SANITARIOS Y TOXICOLÓGICOS

Toxiinfecciones e intoxicaciones de origen bacteriano

El músculo de pescado recién capturado es estéril, a diferencia de la piel, las branquias y los intestinos, que suelen albergar una flora comensal más o menos abundante. Esta flora es un reflejo de la del ambiente donde viven los peces. La temperatura, la estación del año, el pH, la salinidad del agua y la concentración de oxígeno disueltos influyen de forma notable.

La presencia de gérmenes patógenos está íntimamente relacionada con su presencia en las aguas o en los sedimentos. Entre las bacterias patógenas que son contaminantes

naturales del pescado se encuentran *Vibrio parahaemolyticus*, que origina gastroenteritis relacionadas con el consumo de pescado crudo o poco cocinado, y *Clostridium botulinum* tipo E, más ligado a la ingestión de pescado fermentado salado o ahumado.

Infecciones víricas

La ingestión de moluscos puede ser una causa de infección por algunos virus, como el virus de la hepatitis A o algunos enterovirus. La presencia de virus en este tipo de productos ha de considerarse un riesgo potencial no sólo por su alto poder infectivo sino también, porque se ha demostrado que estos virus sobreviven largo tiempo en moluscos refrigerados y congelados.

Enfermedades parasitarias

Algunos parásitos que afectan a los pescados pueden causar enfermedad en el hombre, normalmente tras el consumo de pescados en estado crudo o poco cocinado. La afección parasitaria más frecuente transmitida por pescados es la anisakirosis, originada por un nematodo del género *Anisakis*, que provoca en el hombre úlceras y gastroenteritis.

Aspectos toxicológicos

Intoxicaciones producidas por peces tóxicos

Existen algunas especies de pescado que pueden contener tóxicos naturales, bien de forma permanente o bien esporádica (ligada a determinadas condiciones ambientales). Entre las intoxicaciones que se pueden producir por consumo de productos de la pesca se encuentran:

- *Intoxicación por ciguatera*. La ciguatoxina tiene su origen en dinoflagelados tóxicos y provoca normalmente sintomatología nerviosa, actuando sobre el sistema nervioso central.
- *Intoxicación por histamina*. Es relativamente frecuente en España y se debe a la ingestión de escómbridos en mal estado de conservación. La histamina se produce por descarboxilación del aminoácido histidina. Existe una flora (bacterias de los géneros *Proteus*, *Klebsiella* o *Morganella*) que, en determinadas condiciones, produce la enzima histidina-descarboxilasa, necesaria para esta reacción. La sintomatología se caracteriza por la presencia de urticaria y edemas.
- *Intoxicación por tetrodotoxina*. Los causantes son peces del orden tetraodontiformes, como el pez erizo o el pez tamboril. La toxina responsable es termolábil y es el tóxico de naturaleza no proteica más potente que se conoce. Su dosis letal 50 es de 0.009 mg/Kg. Los síntomas son tanto neurotóxicos como enterotóxicos y dermatotóxicos. La intoxicación por consumo de peces fugu es frecuente en Japón, donde es la principal causa de muerte por intoxicación alimentaria.

Contaminación por metales pesados

Las concentraciones de plomo, mercurio y cadmio han aumentado considerablemente en los medios acuáticos. La importancia del pescado y, sobre todo, de los moluscos y crustáceos como acumuladores de metales pesados se puso de manifiesto a raíz de la intoxicación por metil-mercurio que se produjo en la bahía de Minamata (Japón).

Los metales pesados pueden encontrarse en el medio acuático como iones simples o complejos, en solución o bien asociados a partículas orgánicas. En el caso del cadmio, parece ser la concentración del ion libre el principal determinante del grado de captación por parte del pescado. Mercurio y plomo existen en forma orgánica e inorgánica. La forma orgánica es la forma metilada sintetizada por los microorganismos. La naturaleza lipófila del metilmercurio y del tetrametilplomo permite su acumulación en los peces y mariscos, produciéndose un efecto de bioacumulación a lo largo de la cadena trófica. Ingestiones excesivas de plomo y mercurio pueden dañar el sistema nervioso central y periférico, así como la función renal. Una exposición crónica al cadmio causa enfisema, anemia y alteraciones de la función renal, además de haberse demostrado que es un agente carcinógeno (Kinsella, 1987).

Contaminación por otros productos

Dentro de este grupo se incluyen los pesticidas organoclorados, muy persistentes en el medio ambiente, y los policlorados bifenilos (PCB), compuestos utilizados anteriormente con diferentes fines industriales, que son carcinógenos. En general, se trata de compuestos muy estables químicamente y muy resistentes tanto a la degradación biótica como a la abiótica. Además, estos productos son relativamente insolubles en agua y bastante lipófilos, por lo que son susceptibles de acumularse en los organismos acuáticos, y especialmente en moluscos y algunas especies de pescados grasos.

Productos originados por oxidación de los lípidos

El alto grado de insaturación de los lípidos del pescado hace que éste sea un alimento muy susceptible de experimentar reacciones de autooxidación tras reaccionar con el oxígeno atmosférico en presencia de los radicales libres iniciadores de estas reacciones (Kinsella, 1987).

La autooxidación origina el enranciamiento de las grasas y el desarrollo de olores y sabores desagradables. Además de estos defectos organolépticos, los hidroperóxidos y los radicales libres causan lesión celular y están implicados en el desarrollo de diferentes estados patológicos, como la inflamación, el cáncer y la arterosclerosis (Slater y cols., 1987).

DERIVADOS

El pescado se altera tan rápidamente que las formas elementales de conservación se impusieron hace mucho tiempo. Debido a su alto contenido en agua, los

procedimientos de conservación del pescado se han orientado tradicionalmente hacia una reducción de la actividad de agua del producto: secado, salazón y curado al humo, que dan lugar a derivados con características peculiares y diferentes a la materia prima de partida. Se trata normalmente de productos que han sufrido, en mayor o menor grado, un proceso de maduración y degradación proteica y lipídica, con un contenido en sodio relativamente importante en la mayoría de los casos. En la Tabla 2-9 se muestra la composición de los principales productos derivados de pescado.

Tabla 2-9. Composición de algunos derivados de pescado

	Porción comestible	Humedad (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Lípidos (g/100g)	Hidratos de carbono (g/100g)	Energía (kcal/100g)	Colesterol (mg/100g)	Sodio (mg/100g)
PESCADOS SALADOS O AHUMADOS								
Arenques, sardinas y otros ricos en grasa	0.7	65.9	21	13.1	0	202	70	1880
Bacalao y otros pobres en grasa	0.73	65.5	31.6	0.5	2.4	140	50	1170
PESCADOS EN ACEITE								
Atún, bonito, caballa y otros	1	55	24	21	0	285	65	420
Sardinias	1	64.6	22.2	13.2	0	208	100	650
PESCADOS EN ESCABECHE								
Atún, bonito, caballa y otros	1	73	15	12	0	168	80	880
Sardinias	1	76.7	15	7.5	0.8	131	100	760
CONSERVAS DE MOLUSCOS								
Almejas, berberechos y similares	1	88.8	10.7	0.5	Trazas	47	40	—
Mejillones	1	83.1	12	2.9	2	82	100	290
PESCADOS AHUMADOS								
Salmón ahumado	1	64.6	21.3	11	0	184	50	1200
Arenque ahumado	0.87	62.3	22.2	13.5	0	216	70	550

Fuente: Moreiras y col. (1992); Favier y col. (1995).

Pescado desecado

Los efectos del proceso sobre las propiedades del pescado se deben al descenso de la actividad del agua y también a la acción directa del calor. Se produce oxidación de los lípidos, desnaturalización parcial de las proteínas, retracción del músculo (endurecimiento), reacción de Maillard y destrucción de vitaminas, sobre todo de B₁. Los cambios irreversibles sufridos por las proteínas hacen que, tras la reconstitución, no sea posible recuperar las características iniciales (Linden y Lorient, 1996).

Salazones

Se salazonan principalmente arenques, bacalao, sardinas, anchoas, abadejo, salmón y atún. La salazón puede ser de diferente tipo según la cantidad de sal utilizada. A lo largo del proceso de salazón, tienen lugar varias fases, que están en relación con el efecto de las distintas concentraciones salinas sobre las proteínas. Tras el salado, el pescado sufre normalmente un proceso de maduración, debido a enzimas tisulares y digestivas y a la acción fermentativa bacteriana, que da lugar a la liberación de ácidos grasos libres y a un incremento del contenido en aminoácidos libres, nitrógeno no proteico y nitrógeno amínico.

Pescado ahumado

El proceso de ahumado, que actualmente se realiza sobre todo con fines organolépticos, origina una serie de modificaciones debidas no sólo a los más de 200 componentes del humo sino también a la temperatura a la que se realiza el proceso y a la interacción de estos compuestos con el pescado de que se trate. El aroma a ahumado se atribuye fundamentalmente a la fracción fenólica, sobre todo a fenoles de bajo punto de ebullición. También intervienen compuestos carbonílicos, ácidos orgánicos y diacetilo. El guayacol y el eugenol contribuyen al sabor de estos productos.

Los cambios más importantes que se producen en los componentes del pescado son la pérdida de agua y la desnaturalización de las proteínas del tejido conjuntivo, por acción del formaldehído y de los ácidos volátiles. En el caso del ahumado en frío, las pérdidas de lisina de las proteínas se sitúan alrededor del 20 %, mientras que pueden exceder del 55 % en el ahumado en caliente. Los fenoles ejercen también una función antioxidante sobre los lípidos del pescado, ya que inhiben la fase de propagación de la autooxidación. Además son compuestos con función antimicrobiana. Resulta problemática la presencia en el humo de algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos, como el 3-4-benzopireno y el dibenzantraceno, ya que poseen carácter carcinógeno.

Pescados escabechados

El proceso de escabechado une a la acción conservante de la sal la acidificación del medio por la adición de vinagre o ácido acético diluido. Durante el escabechado tiene lugar una hidrólisis enzimática de las proteínas, con liberación de péptidos y aminoácidos.

Conservas de pescado

Las conservas de pescado se someten a un proceso de esterilización suave, se envasan en recipientes herméticos y pueden presentarse en su propio jugo o, más frecuentemente, en aceite. También pueden utilizarse otro tipo de rellenos, como salsas, gelatina o salmuera.

Las modificaciones del contenido en nutrientes respecto a la materia prima de partida dependerán del tipo de relleno y de los aditivos y condimentos utilizados. Cabe citar como ejemplo, en las conservas en aceite, la modificación en la relación O_6/O_3 que se produce en el alimento al utilizar aceites vegetales como líquido de «gobierno» de las conservas de pescado.

Hidrolizados de pescado

Se obtienen mediante un procedimiento de proteólisis enzimática de los tejidos del pescado, que permite conservar las propiedades funcionales de las proteínas. Los hidrolizados se presentan normalmente en forma deshidratada, contienen proteínas solubles, péptidos y aminoácidos, y poseen propiedades emulgentes y gelificantes interesantes. En su elaboración suelen utilizarse especies de escasa aceptabilidad para su consumo en fresco, o bien subproductos de las industrias de transformación.

Productos fermentados

Al igual que los procesos basados en el secado y el salado del pescado, la fermentación es una práctica muy antigua (Inn, 1995). En la actualidad, los productos fermentados a base de pescado pueden dividirse en:

- Salsas de pescado, elaboradas fundamentalmente en el sudeste asiático y utilizadas como condimento en los platos de arroz.
- Pastas de pescado, utilizadas normalmente con el mismo fin.
- Pescados enteros salazonados y posteriormente fermentados.
- Ensilados de pescado, utilizados en alimentación animal.

Productos elaborados a base de *surimi*

El *surimi* es músculo de pescado picado, sometido a repetidos lavados, escurrido hasta la proporción de agua original, desprovisto de impurezas y al que se añaden sustancias crioprotectoras que permiten su adecuada conservación en estado congelado. La serie de operaciones tecnológicas de que consta su elaboración conduce a la extracción de una forma concentrada de proteína miofibrilar de pescado, que conserva la capacidad de formar geles.

El *surimi* es una excelente materia prima para la elaboración de productos que son imitación de otros, como los análogos de marisco, cuyo consumo ha aumentado considerablemente en los últimos años, sobre todo en Norteamérica y Europa.

Desde el punto de vista nutricional, los análogos de marisco elaborados a base de *surimi* son productos con un alto contenido de proteínas, similar al del pescado de origen, aunque cualitativamente diferente, ya que con los sucesivos lavados se eliminan las proteínas más hidrosolubles, con lo que la calidad nutricional de las proteínas aumenta.

El contenido de hidratos de carbono, superior al 5 %, se debe a la adición de azúcares o sorbitol como crioprotectores. La cantidad de grasa que poseen suele ser inferior a la del pescado de origen, al igual que el colesterol. La comparación de las vitaminas hidrosolubles y los minerales revela pérdidas en los productos sucedáneos respecto a los de partida.

Una posible limitación de los análogos es su aporte en sodio, derivado de la adición de cloruro sódico, para favorecer la gelificación, y también del uso de sales sódicas de polifosfatos, para evitar la desnaturalización proteica durante la conservación en congelación (Lanier, 1988).

La progresiva consecución de análogos de otros productos diferentes a base de *surimi* está haciendo que las empresas se planteen la elaboración de nuevos productos con beneficios nutricionales, como menor contenido en sodio o enriquecidos con determinados aminoácidos o minerales.

ALTERACIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Alteración

En el pescado, los fenómenos de aparición y de resolución del *rigor mortis* son rápidos y tienen lugar, por término medio, a las 5 y 22 horas, respectivamente, tras la muerte, cuando se efectúa un almacenamiento a 0 °C. La caída del pH es moderada, alcanzándose valores de 7 a 6.5-6 en el caso de pescados blancos y de alrededor de 5.6-6 en las especies de pescado azul.

Este descenso del pH suele ser insuficiente para inhibir el desarrollo microbiano. Además, las vísceras y la piel del pescado son ricas en bacterias psicrótrofas, y el músculo del pescado contiene numerosos compuestos que pueden ser utilizados por las bacterias para su crecimiento. Por otra parte, en el pescado existe una intensa actividad enzimática de diferente tipo:

- Proteasas, capaces de ablandar rápidamente los tejidos.
- Lipasas y fosfolipasas, que favorecen la oxidación de los ácidos grasos liberados.
- Descarboxilasas, que provocan la formación de histamina a partir de histidina.
- Reductasas bacterianas, que transforman el óxido de trimetilamina en trimetilamina, compuesto con el olor característico del pescado no fresco.

Las reacciones enzimáticas conducen a la formación de moléculas de pequeño tamaño, que constituyen los primeros sustratos para el crecimiento de los microorganismos, como inosina, ribosa, creatina, urea, anserina y aminoácidos libres. Además, en los productos de la pesca se liberan compuestos nitrogenados volátiles de carácter básico, que originan un ascenso del pH, lo que favorece una proliferación bacteriana en forma expo-

nencial. La alteración que se produce se caracteriza por cambios en el aspecto y por la aparición de olores y gustos anormales debidos a metabolitos bacterianos (Abgrall, 1994).

Desde el punto de vista cualitativo, la evolución de la flora microbiana se caracteriza por un dominio de las *Pseudomonas* y *Alteromonas*, mientras que los gérmenes pertenecientes a los géneros *Moraxella*, *Acinetobacter* y *Flavobacterium* persisten, pero en proporción decreciente. El dominio de las pseudomonas se explica por su capacidad de crecer con rapidez a temperaturas de refrigeración y por su capacidad de utilizar numerosos compuestos químicos del pescado, especialmente las sustancias nitrogenadas no proteicas (Liston, 1980). La Tabla 2-10 muestra los principales compuestos que se originan por la acción bacteriana sobre el pescado.

Además de los productos resultantes de la autólisis y del metabolismo bacteriano, es necesario citar la formación de compuestos resultantes de las reacciones de auto-oxidación de las grasas, que dan lugar a sabores y olores a rancio. El principal compuesto identificado como responsable de éstos parece ser el *cis*-4-heptenal, que se forma también durante el almacenamiento prolongado en congelación. Algunos factores que influyen en la velocidad de oxidación son: el porcentaje de poliinsaturados sobre el total de ácidos grasos, la presencia de oxígeno, la temperatura de almacenamiento y la exposición a la luz (Garthwaite, 1995).

Según Abgrall (1994), la velocidad de alteración de los pescados conservados en unas condiciones determinadas depende de diferentes factores:

- La especie. Las diferencias encontradas se han atribuido a las diferencias en la composición del mucus de las distintas especies.
- El tamaño y la riqueza en lípidos. Dentro de una misma especie, los ejemplares más grandes o los más magros se conservan mejor que los más pequeños o más grasos.
- El estado del pescado en el momento de la captura. Los pescados generalmente se debaten mucho en las redes y, una vez que mueren, las reservas de glucógeno son muy escasas y el *rigor mortis* es precoz, menos intenso y menos largo. El pH final es más elevado, lo que favorece el ataque bacteriano.
- La importancia y la naturaleza de la contaminación bacteriana.
- La temperatura de conservación.

Tabla 2-10. Principales modificaciones químicas que se desarrollan en el músculo de pescado durante la alteración

Sustrato	Compuesto producido por la acción bacteriana
Inosina	Hipoxantina
Azúcares y lactato	Ácido acético
Cisteína	Ácido sulfhídrico
Metionina	Metilmercaptano, dimetilsulfuro
Glicina-Leucina-Serina	Ésteres de los ácidos acético, propiónico, butírico y hexanoico
Óxido de trimetilamina	Trimetilamina
Urea	Amoníaco

Fuente: Abgrall (1994).

Conservación y almacenamiento

Los métodos de conservación basados en la reducción de la actividad de agua se han detallado en el apartado correspondiente a los productos derivados del pescado. Sin embargo, es el frío el procedimiento fundamental de conservación de este producto.

Refrigeración

La rápida aplicación del frío resulta fundamental para conservar el pescado una vez capturado. Sometiendo el pescado a la acción del frío se conservan tanto su valor nutritivo como sus características organolépticas.

Como el pescado se descompone ya a temperaturas ligeramente por encima de 0 °C, el tratamiento frigorífico consiste en depositar hielo picado sobre los peces, con objeto de mantener una temperatura de entre -2 y +2 °C, posibilitando un enfriamiento húmedo a la temperatura de fusión del agua. A estas temperaturas, y si las condiciones de captura no han sido muy agotadoras (no más de dos horas de arrastre), se consigue prolongar la duración del *rigor mortis*. Durante el período de rigidez, los peces se conservan frescos y aptos para el consumo. Para que la conservación sea óptima, es fundamental que no se produzcan rupturas en la cadena de frío, ya que éstas originan grandes pérdidas en la calidad del pescado.

Congelación

La congelación, que actualmente se lleva a cabo normalmente en los barcos factoría, se realiza sobre pescados enteros, normalmente eviscerados, o sobre porciones de los mismos. Se utilizan técnicas rápidas, bien por contacto, bien por medio de túneles de congelación, que permiten atravesar rápidamente el intervalo crítico de -0.5 a -5 °C (zona de máxima formación de cristales).

El almacenamiento debe realizarse a temperaturas inferiores a -18 °C, con ventilación escasa y humedad ambiente alta, superior al 85 %. Para evitar la oxidación de las grasas y la desecación superficial de los peces, los ya congelados se protegen rociándolos con agua (glaseado) o bien envasándolos en materiales impermeables al aire, como plástico o papel parafinado. La Tabla 2-11 muestra los plazos de conservación de pescados congelados.

Las enzimas celulares del pescado todavía desarrollan una actividad considerable a una temperatura de -10 °C. Un almacenamiento demasiado prolongado origina dese-

Tabla 2-11. Vida útil del pescado, crustáceos y moluscos congelados

	Plazo posible de almacenamiento en meses		
	-18 °C	-25 °C	-30 °C
Pescado graso	4	8	12
Pescado magro	8	18	24
Bogavantes y cangrejos (mar)	6	12	15
Cangrejos (río)	6	12	12
Ostras	4	10	12

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

cación, enranciamiento, y amarilleado o pardeado de la musculatura. También se producen cambios en la consistencia, debidos a modificaciones en la solubilidad y desnaturalización de las proteínas.

CRITERIOS DE CALIDAD

Hablar de criterios de calidad en el pescado equivale fundamentalmente a hablar de frescura. Los criterios generales de frescura en los pescados son:

- Olor y sabor: propios de cada especie, ligeramente «a mar» o «a algas», que aparecen netos y sin anomalías.
- Rigidez cadavérica: si la pieza aparece arqueada o rígida, es signo de frescura.
- Aspecto externo: piel adherida al cuerpo, brillante y con colores irisados, branquias rojas o ligeramente castañas, ojos brillantes y convexos.
- Peritoneo: adherido a la cavidad visceral, sin roturas, de aspecto húmedo y brillante y con el color propio de cada especie.

Existen diferentes escalas para la evaluación organoléptica de la frescura del pescado, que permiten otorgar a cada ejemplar una determinada puntuación en función de una serie de características, o bien incluirlo en distintas categorías.

Como signos típicos de falta de frescura, Fehlhaber y Janetsche (1995) señalan los siguientes:

- Piel: enturbiamiento del mucus cutáneo, falta del brillo.
- Branquias: pálidas, turbias y con mucus de olor alterado.
- Ojos: enturbiados, opacos y hundidos.
- Cavidad abdominal: vísceras con contornos borrosos, peritoneo dañado, pared abdominal con coloración azul violáceo.
- Músculo: reblandecimiento y pérdida del aspecto vidrioso, coloración violácea a lo largo de la espina central.

Además de la valoración organoléptica, existen algunos métodos objetivos para medir el estado de conservación de los pescados. Dado su carácter muy perecedero, se ha trabajado mucho en el desarrollo de métodos analíticos para cuantificar la alteración de los productos de la pesca. El éxito ha sido limitado debido a la variedad de rutas químicas a través de las cuales puede producirse el deterioro de los peces. Además, la gran variación existente entre especies o entre los distintos tratamientos que puede sufrir el pescado una vez capturado hace que sea difícil encontrar valores de referencia válidos (Hutchinson, 1995).

Algunos de los métodos más utilizados son:

Métodos físicos

- *Medición de los cambios de textura* por medio de equipos tipo texturómetros o penetrómetros.

- **Resistencia eléctrica específica del músculo.** Este parámetro va disminuyendo a lo largo del tiempo de almacenamiento, desde valores de 440-400 ohmios inmediatamente después de la captura hasta 220 ohmios en el límite de aptitud.
- **Índice de refracción del humor vítreo,** parámetro que va aumentando en diferentes especies a medida que se produce la pérdida de frescura.
- **Medida de fluorescencia en el músculo.**

Métodos fisicoquímicos

- **pH.** El pH del pescado fresco suele oscilar entre 6 y 6.5. En la proximidad del límite de aptitud para el consumo se alcanzan valores de 6.8. Valores superiores a 7 son indicativos de alteración.

Métodos químicos

- **Medida del nitrógeno básico volátil total o de la trimetilamina.** La determinación del nitrógeno básico volátil total (NBVT) en los productos de la pesca comprende el estudio del contenido de aminas de bajo punto de ebullición, como la monometilamina, la dimetilamina, la trimetilamina y el amoníaco, cuya estimación conjunta, una vez transformados todos en NH_3 , constituye el valor de NBVT. De entre estos compuestos, el más significativo es la trimetilamina (TMA), responsable del olor típico del pescado no fresco. El contenido de nitrógeno básico volátil total se utiliza como índice representativo del estado de frescura, ya que aumenta a medida que se produce la alteración del pescado.
- **Determinación de histamina** por métodos fluorométricos o por HPLC.
- **Determinación del valor K.** El valor K es un índice de la descomposición enzimática de los nucleótidos, que comienza por vía autolítica y continúa por acción de las enzimas microbianas. Un descenso en los niveles de ATP del músculo provoca el inicio del *rigor mortis* y la degradación de los nucleótidos. Para su cálculo, se tienen en cuenta los distintos compuestos intermedios que se originan hasta la conversión del ATP en ácido úrico. Este índice presenta una buena correlación con la evaluación sensorial en algunas especies de pescado. En algunas ocasiones se utiliza como índice de frescura la medida del contenido en hipoxantina, uno de estos compuestos intermedios, ya que se ha observado que ese contenido aumenta regularmente en el curso de la conservación.

Otros métodos analíticos para determinar la calidad del pescado incluirán análisis microbiológicos y de contaminantes, especialmente de metales pesados, para los cuales la legislación de los diferentes países establece normalmente los límites máximos permitidos en los diferentes productos de la pesca, tanto pescados como crustáceos y moluscos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abgrall, B. (1994). «Pescados y otros productos marinos». Bourgeois, C. M., Mescle, J. F. y Zucca, J. En *Microbiología alimentaria 1. Aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria*. Ed. Acribia, Zaragoza; 263-277.
- Ariño, A. y Herrera, A. (1993). *Biotoxinas en los productos de la pesca*. Alimentaria, 248, 35-47.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*. Segunda edición. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Caygill, C. P. y Hill, M. J. (1995). «Fish, n-3 fatty acids and human colorectal and breast cancer mortality». *European J. of Cancer Prevention*, 4, 329-332.
- Dyerberg, J. y Bang, H. O. (1979). «Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos». *Lancet*, 2, 433.
- Favier, J. C., Ripert, J. I., Toque, C. y Feinberg, M. (1995). *Répertoire général des aliments. Table de composition*. INRA Editions, Paris.
- Fehlhaber, K. y Janetschke, P. (1995). *Higiene veterinaria de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Garthwaite, A. (1995). «Fish raw material. Footitt», R. J. y Lewis, A. S. (Eds.) En *The canning of fish and meat*. Ed. Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, Londres; 17-43.
- Gordon, D. T. (1988). Minerals in seafoods: «Their bioavailability and interactions», *Food Tech.* 42, 5, 156-160.
- Hearn, T. L., Sgoutas, S. A. Hearn, J. A. y Sgoutas, D. S. (1987). «Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits». *J. Food Sci.*, 52, 1209-1211.
- Hutchinson, M. (1995). «Laboratory services». Footitt, R. J. y Lewis, A. S. (Eds.) En *The canning of fish and meat*. Ed. Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, Londres.
- In, T. (1995). «Los productos de la pesca fermentados. Bourgeois», C. M. y Larpent, J. P. En *Microbiología alimentaria 2. Fermentaciones alimentarias*. Ed. Acribia, Zaragoza; 281-287.
- Kinsella, J. E. (1987). *Seafoods and fish oils in human health and disease*. Ed. Marcel Dekker Inc., New York.
- Kinsella, J. E. (1988). «Fish and seafoods: Nutritional implications and quality issues», *Food Tech.*, 42, 5, 146-150.
- Lanier, T. C., Martin, R. E. y Bimbo, A. P. (1988). «Nutritional implications of increased consumption of engineered seafoods», *Food Tech.*, 42, 5, 162-165.
- Lee, J. S. y Harrison, J. M. (1968). «Microbial flora of Pacific hake (*Merluccius productus*)». *Appl. Microbiol.*, 16, 1937-1938.
- Linden, G. y Lorient, D. (1996) *Bioquímica Agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Liston, J. (1980). «Microbiology in fishery science». Connell, J. J. (Ed). En *Advances in fish science and technology*. Ed. Fishing News Book, Ltd. Farnham, Surrey, Inglaterra.
- Love, R. M. (1997). «Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish». Hall, G. M. (Ed.). En *Fish processing technology, 2ª edición*. Ed. Blackie Academic and Professional, Londres.
- Moreiras, O., Carbajal, A. y Cabrera, M. L. (1992). *La composición de los alimentos*. Ed. Eudema, Madrid.
- Nettleton, J. (1985). *Seafood Nutrition*. Ed. Osprey Books, Huntington, Nueva York.
- Pearson, A. M. y Dutson, T. R. (1997). *Production and processing of healthy meat, poultry and fish products*. Ed. Blackie Academic and Professional, Londres.
- Primo Yúfera, E. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Regenstein, J. M., Schlosser, M. A., Samson, A. y Fey, M. (1982). «Chemical changes during fresh and frozen storage of fish». En *Chemistry and biochemistry of marine food products*. Ed. AVI Pub. Westport, Connecticut, 137-148.
- Simopoulos, A. P. (1996a) Omega-3 fatty acids. Part I: «Metabolic effects of omega-3 fatty acids and essentiality». Spiller, G. A. (Ed.). En *Handbook of lipids in human nutrition*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Simopoulos, A. P. (1996b) Omega-3 fatty acids. Part II: «Epidemiological aspects of omega-3 fatty acids in disease states». Spiller, G. A. (Ed.). En *Handbook of lipids in human nutrition*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Slater, T. F., Cheeseman, K. H., Davies, M. J., Proudfoot, K. y Xin, W. (1987). «Free radical mechanism in relation to tissue injury». *Proc. Nutr. Soc.*, 46, 1-12.

3

HUEVOS

(Itziar Zazpe García, Mercedes Muñoz Hornillos)

INTRODUCCIÓN

Con la denominación genérica de huevo se entiende, única y exclusivamente, los huevos de gallináceas. Los huevos de otras aves se designarán indicando, además, la especie de la que proceden (huevo de oca, huevo de pata, huevo de codorniz). La máxima importancia desde todos los puntos de vista corresponde a los huevos de gallina, situándose los de otras especies aviares muy por detrás. Por esa razón, en este capítulo nos vamos a referir exclusivamente al huevo de gallina.

Los huevos han servido de alimento para el hombre desde tiempos muy antiguos. En la actualidad constituyen un grupo de alimentos de suma importancia por su valor nutricional, así como por su presencia en la dieta. Sus cualidades nutricionales son excepcionales, pues contienen nutrientes en forma concentrada y fácilmente absorbible por el organismo. Esta densidad de nutrientes le ha valido a veces el apelativo de «bomba nutritiva».

CLASIFICACIÓN

El Código Alimentario Español clasifica los huevos en cinco grupos, según la forma en que han sido conservados y su aptitud para el consumo humano:

- Huevos frescos: los que mantienen su olor y sabor característicos, y la única manipulación que han sufrido ha sido una limpieza en seco. Su cáscara está limpia, y es fuerte y homogénea; la clara es firme, transparente y sin enturbiamiento; y la yema está entera, centrada, de color uniforme (amarillo claro o anaranjado rojizo) y sin adherencias con la cáscara. Además, al ser observados con el ovoscopio, aparecen completamente claros, sin sombras, con la yema apenas perceptible y con una cámara de aire inferior a 7 milímetros de altura.
- Huevos refrigerados: los huevos enteros mantenidos, entre 15 y 30 días desde su puesta, en cámaras frigoríficas o en locales acondicionados a una temperatura inferior a 4 °C.
- Huevos congelados: los que han permanecido a una temperatura de 0 °C, entre treinta días y seis meses.

- Huevos defectuosos: los que presentan una o varias de las siguientes características: estar rotos (incluso parcialmente), pero con membranas intactas; tener mal olor y sabor; presentar una sombra oscura al ser observados con el ovoscopio, o una cámara de aire superior a 12 milímetros de altura.
- Huevos averiados: los huevos de gallináceas o palmípedas impropios para el consumo humano, por concurrir en ellos alteraciones tales como una clara verdosa y muy movable, una cámara de aire superior a 20 milímetros, mal olor o sabor, contaminación por bacterias u hongos, estar podridos, contener sangre, estar incubados o haberse conservado por procedimientos no autorizados.

Un criterio muy utilizado en la comercialización de los huevos es el que los clasifica en tres grupos o categorías (Tabla 3-1). La categoría A corresponde a los huevos frescos. Las categorías B y C corresponden a huevos frescos, refrigerados y conservados, y por último, la categoría C engloba a los huevos que se emplean en la industria alimentaria pero no pueden destinarse al consumo directo.

Tabla 3-1. Categorización de los huevos

Parte a calificar	Categoría A	Categoría B	Categoría C
Cáscara y cutícula	<ul style="list-style-type: none"> • Normal • Intacta • Limpia 	<ul style="list-style-type: none"> • Normal • Intacta • Manchada < 25 % 	
Cámara de aire	<ul style="list-style-type: none"> • Inmóvil • Altura inferior a los 6 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Altura inferior a los 9 mm 	
Clara de huevo	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente • Limpia de consistencia gelatinosa <ul style="list-style-type: none"> • Exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente • Limpia <ul style="list-style-type: none"> • Exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente • Exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza
Yema de huevo	<ul style="list-style-type: none"> • Visible al trasluz en forma de sombra solamente, sin contorno aparente, no separándose sensiblemente de la posición central en caso de rotación del huevo. • Exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza 	<ul style="list-style-type: none"> • Visible al trasluz en forma de sombra solamente <ul style="list-style-type: none"> • Exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza 	<ul style="list-style-type: none"> • Visible al trasluz en forma de sombra <ul style="list-style-type: none"> • Exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza
Germen	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo imperceptible 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo imperceptible 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo imperceptible
Olor y sabor	<ul style="list-style-type: none"> • Exenta de olores y sabores extraños 	<ul style="list-style-type: none"> • Exenta de olores y sabores extraños 	<ul style="list-style-type: none"> • Exenta de olores y sabores extraños

Fuente: Código Alimentario Español (1967).

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Generalidades

El huevo es uno de los alimentos más completos por la equilibrada proporción de proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y vitaminas que contiene. No aparecen diferencias de valor nutritivo en función de la intensidad del amarillo de la yema, ni por la coloración de la cáscara (huevos blancos y morenos).

Su contenido en nutrientes no es siempre constante, ya que varía según el peso del huevo entero (cuanto mayor sea el peso, menor será el extracto seco), y las condiciones de manipulación y almacenamiento (el vapor de agua puede penetrar a través de los poros de la cáscara).

La propia constitución del huevo influye también en su valor nutricional, ya que existen diferencias netas entre el huevo entero, la clara y la yema (Tabla 3-2). El peso medio de los huevos oscila entre 55 y 60 g, incluida la cáscara, y el aporte calórico es moderado, unas 80 kcal, por lo que resulta de utilidad en las dietas hipocalóricas. Las proporciones en peso son aproximadamente: 10 % para la cáscara (5-6 gramos), 58-60 % (32-36 gramos) para la clara y 30-32 % (16-19 gramos) restante a la yema.

La cáscara es una cubierta calcárea, de carácter poroso, revestida en su interior por dos membranas. En el polo superior del huevo, ambas membranas se separan para formar la cámara de aire. La altura de esta cámara es un criterio empleado para determinar la calidad del huevo; así, por ejemplo, la cámara de aire en un huevo fresco mide aproximadamente 5 mm, valor que va incrementándose a medida que aumenta su edad.

La clara es una disolución acuosa de proteínas, ligeramente amarillenta, formada por tres capas de diferente viscosidad (la interna y la externa más líquidas, y la intermedia, que forma un gel, más viscosa). La clara sirve de envoltura a **la yema**, de forma esferoidal y color amarillo o anaranjado. Es una emulsión de grasa en agua, que también contiene partículas proteicas y pigmentos carotenoides del tipo de las xantófilas, responsables de su color característico. La yema se mantiene en el centro del huevo gracias a las «chalazas» o ligamentos proteicos que se unen a la membrana exterior de la yema por una parte, y por otra a los dos polos del huevo.

La cáscara

Se compone, en su mayor parte, de carbonato cálcico y fibras proteicas (complejo proteína- mucopolisacárido), y en menor medida, de fosfatos y carbonato magnésico. En la cara externa hay una cutícula proteica muy delgada que cubre toda la superficie; a continuación, existe una capa proteico-mineral esponjosa, que acaba en unas protuberancias a las que se fijan las membranas interiores de la cáscara.

La matriz de la cáscara está atravesada de fuera a dentro por miles de poros o canales (7000-17.000 por unidad), llenos de fibras proteicas, que no dejan pasar los microorganismos, aunque sí son permeables al aire.

Tabla 3-2. Composición nutricional del huevo entero, clara y yema, por 100 g

	Huevo entero	Clara	Yema
Porción comestible	88	100	100
Energía (kcal)	167	55	377
Agua (g)	74.1	87.3	50
Proteínas (g)	12.9	11.1	16.1
Hidratos de carbono (g)	0.5	0.7	0.3
Lípidos (g)	11.2	0.2	31.9
Ácido palmítico (g)	2.3	—	6.5
Ácido esteárico (g)	0.8	—	2.2
Ácido oleico (g)	4.2	—	11.7
Ácido linoleico (g)	1.35	—	3.8
Ácido linolénico (g)	0.07	—	0.21
Ácido araquidónico (g)	0.07	—	0.21
AGP ¹ (g)	1.2	—	4.5
AGM ² (g)	4.4	—	13
AGS ³ (g)	3.5	—	8.8
Colesterol (mg)	400	0	1170
Minerales			
Calcio (mg)	56	11	140
Fósforo (mg)	210	21	590
Magnesio (mg)	13	12	16
Hierro (mg)	2.1	0.2	7.2
Cinc (mg)	1.4	0.02	3.8
Yodo (μg)	6.9	6.8	7
Selenio (μg)	10.4	7	30
Vitaminas			
Vitamina A (μg)	0.22	tr	0.3
Vitamina D (μg)	1.8	tr	2.5
Vitamina E (mg)	1.1	—	3.1
Vitamina B ₁ (mg)	0.1	0.022	0.3
Vitamina B ₂ (mg)	0.3	0.3	0.4
Vitamina B ₆ (mg)	0.12	0.012	0.3
Vitamina B ₁₂ (mg)	1.2	0.1	2
Ácido fólico (μg)	65	16	150
Vitamina C (mg)	—	0.3	0
Biotina (μg)	25	7	50
Nicotinamida (μg)	83	65	90
Ácido pantoténico (mg)	1.6	0.14	3.72

¹ AGP= ácidos grasos poliinsaturados. ² AGM= ácidos grasos monoinsaturados. ³ AGS = ácidos grasos saturados.

Fuente: Llopis J. (1995).

La clara o albumen

Disolución acuosa al 10 % de diversas proteínas (Tabla 3-3). También contiene otros componentes, aunque ninguno de ellos alcanza valores superiores al 1 % (0.5 % de azúcares libres, 0.5 % de minerales). Igualmente, el contenido en lípidos es despreciable. Así pues, el 88-89 % de la clara es agua.

Tanto las proporciones de las proteínas de la clara como sus funciones varían mucho de un tipo a otro, por lo que deben ser estudiadas por separado (Tabla 3-3). En conjun-

Tabla 3-3. Proteínas más importantes de la clara

	% Respecto al total	Observaciones
Ovoalbúmina	58	• Fija iones metálicos
Conoalbúmina	13	• Inhibidor de microorganismos.
Ovomucoide	11	• Inhibidor de la tripsina del vacuno pero no de la humana
Ovoglobulinas	8	• Formadoras de la espuma
Lisozima	3.5	• Hidroliza la pared de bacterias (G+)
Ovomucina	1.5	• Inhibe la hemoaglutinación vírica
Flavoproteína	0.8	• Fija la riboflavina
Ovoinhibidor	0.1	• Inhibidor de las proteinasas
Avidina	0.05	• Fija la biotina

Fuente: Llopis J. (1995).

Tabla 3-4. Valor biológico de las proteínas de diferentes alimentos

Alimento	Valor biológico
Huevo	94
Leche de vaca	90
Germen de arroz	78
Pescado	76
Ternera	76
Soja	75
Germen de trigo	75
Arroz blanco	75
Trigo	67
Levadura de cerveza	63
Harina de algodón	62
Maíz	60
Harina de cacahuete	56
Harina de trigo blanca	52

Fuente: Primo Yúfera (1997).

to, las proteínas del huevo son fáciles de digerir y se deben considerar de alto valor biológico, ya que el equilibrio en aminoácidos esenciales es perfecto y próximo al de la proteína ideal. La Organización Mundial de la Salud las propuso como patrón de referencia para determinar la calidad proteica de otros alimentos. La Tabla 3-4 muestra el valor biológico de las proteínas del huevo en relación con las de otros alimentos.

La yema o vitelo

Emulsión de grasa en agua, con un extracto seco aproximado del 50 %. Es en esta parte del huevo donde se concentran casi la totalidad de los lípidos y el colesterol que contiene.

La composición nutricional de la yema es de un tercio de proteínas y dos tercios de grasas, destacando en esta fracción su contenido en ácido oleico (proporciona la cuarta parte de la energía), lecitinas y fosfátidos. El colesterol supone el 6 % de la grasa total de la yema. Este dato convierte al huevo en uno de los alimentos más ricos en colesterol, por detrás de las vísceras cárnicas.

Entre los minerales son evaluables el calcio, el hierro (su absorción parece encontrarse limitada por la conoalbúmina) y el fósforo; de las vitaminas, las liposolubles A y D.

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE USO INDUSTRIAL

Los huevos y sus derivados (ovoproductos) son una materia prima básica, no sólo en la industria alimentaria, sino también en la farmacéutica y la cosmética. En la industria alimentaria su empleo se debe, principalmente, a las siguientes propiedades: acción emulsionante, coagulabilidad por acción del calor y capacidad de formación de espuma. Además, confiere color y aroma a las distintas preparaciones.

Acción emulsionante

Se debe a la presencia en el huevo de determinadas proteínas y lipoproteínas. Actualmente, la acción emulsionante del huevo entero o de la yema se aprovecha en la elaboración de mayonesa, cremas de alimentación, salsas grasas, productos cosméticos, etc. El poder emulgento disminuye si se mezclan la clara y la yema. Estas emulsiones son inestables frente al calor.

Coagulabilidad térmica

La clara del huevo tiene la capacidad de coagular, si se le aplican altas temperaturas, formando un gel firme y blanco, debido fundamentalmente a la ovoalbúmina y la conalbúmina. Este poder gelificante es el que hace posible la preparación de flanes y otros postres, y da consistencia a diversos alimentos elaborados.

En el huevo fresco, la clara y la yema coagulan a diferentes temperaturas: la clara a 62 °C y la yema a 65 °C. En general, la gelificación comienza a los 62 °C y se completa a los 90 °C, de modo que cada proteína va coagulando a medida que se alcanza su temperatura de coagulación. La primera en hacerlo es la conalbúmina y la última la ovoalbúmina. Existen, sin embargo, dos proteínas que no tienen esta capacidad: los ovomucoides y la fosvitina.

La temperatura de coagulación de la clara varía en función inversa al pH (si aumenta éste, disminuye la temperatura de coagulación). Lo contrario ocurre con la presencia de sacarosa o sal, que actúan favoreciendo esa coagulación, pero no la de la yema.

Capacidad de formación de espuma

Esta propiedad se debe a la presencia de tres proteínas en la clara de huevo: las ovomucinas, las globulinas y las ovoalbúminas. La espuma generada al batir las cla-

ras, hecho que se conoce popularmente como «punto de nieve»; se emplea para esponjar productos de pastelería y bollería, merengues, soufflés, etc.

Al añadir sacarosa, se dificulta la formación de espuma, pero ésta resulta más estable. Otro factor que hay que controlar es el tiempo de batido, ya que si la clara se somete a un batido excesivo, disminuye el volumen de la espuma obtenida.

PRODUCTOS DERIVADOS

Los ovoproductos o derivados del huevo están constituidos, total o parcialmente, por huevo de gallina, sin cáscara, y sirven como materia prima en la elaboración de productos alimenticios. Está prohibido el empleo de huevos rotos o agrietados, así como los huevos «claros» de incubación.

Cualquier derivado deberá pasteurizarse con el fin de eliminar los posibles gérmenes patógenos, y no contendrá más de 150 000 gérmenes /g o cm³.

El huevo entero es uno de los alimentos más interesantes desde el punto de vista nutritivo, pero en la práctica diaria presenta algunos inconvenientes, como su fragilidad, su conservación limitada y el riesgo de contaminación al retirar la cáscara. Además, es frecuente la utilización de la yema o la clara por separado, y no como huevo entero. Por eso, desde hace tiempo se pensó en procedimientos tecnológicos, capaces de transformar el huevo entero en un producto más cómodo de utilizar, en la industria en primer lugar y, posteriormente, en la restauración colectiva e incluso en el hogar.

Las ventajas de los ovoproductos respecto a los huevos enteros son: composición química y organoléptica invariable, fácil almacenamiento por su reducido volumen, disponibilidad inmediata para su empleo, coste independiente de las fluctuaciones de los precios de los huevos frescos en el mercado y garantía sanitaria. Efectivamente, el proceso de elaboración de los ovoproductos incluye una pasteurización que garantice la eliminación de los microorganismos patógenos, sobre todo la del germen más termorresistente de los ovoproductos: *Salmonella seftenberg*. La combinación de temperatura y tiempo más recomendable es de 64.5 °C y 2.5 minutos; si la temperatura aplicada es inferior a la aconsejada, puede no inhibir la salmonela, y si fuese superior a los 68 °C, podría provocar la coagulación total o parcial de la clara.

Actualmente, el consumo de derivados del huevo en países industrializados supone entre el 4 % y el 14 % del consumo total, cifra alcanzada, sin lugar a duda, por las ventajas ya mencionadas.

Clasificaciones

Según el tratamiento tecnológico al que han sido sometidos los huevos, se pueden considerar los siguientes grupos:

- Derivados líquidos o primarios: los constituidos por huevo entero y también por cada una de sus partes, clara o yema.
- Derivados secos: los elaborados mediante un proceso de desecación o deshidratación de un derivado primario. Se presentan en tres formas: gránulos, hojuelas

y en polvo. El huevo entero en polvo tiene la misma composición que el residuo seco del huevo fresco. Se calcula que un huevo mediano equivale a una cucharada sopera de huevo en polvo reconstituido con dos cucharadas de agua.

- Derivados congelados: los derivados líquidos pasterizados y sometidos a una congelación de entre $-35\text{ }^{\circ}\text{C}/-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, y que se mantienen para su conservación hasta el consumo a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}/-23\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Derivados compuestos: los productos a base de un derivado líquido o seco, que incorporan además otros productos alimenticios, siempre que el contenido mínimo de huevo sea del 50 %.

Un segundo criterio clasifica a esos derivados atendiendo, en primer lugar, a la parte del huevo de que se trate. En este caso, se habla de derivados compuestos por:

- claras: líquidas, congeladas o desecadas
- yemas: líquidas, congeladas o desecadas
- huevos enteros: líquidos, congelados o desecados.

Aplicaciones de huevos y ovoproductos

Son variadísimas las aplicaciones de los huevos dentro del campo de la alimentación. Por ejemplo, la elaboración de masas para bizcochos y dulces, aderezos para ensaladas, etc., sería impensable, sin la adición de huevos completos y yemas desecadas. Algo similar sucede con los merengues y los caramelos, que llevan incorporada clara deshidratada.

En la Tabla 3-5, se detallan alimentos que llevan en su composición derivados del huevo. Algunos de esos productos, que tienen como materia prima el huevo y que han sido comercializados en los últimos años, son:

Tabla 3-5. Productos alimenticios elaborados con huevo entero, yema o clara, congelados, líquidos o desecados

Tipo de producto	Congelado			Líquido			Desecado		
	Entero	Yema	Clara	Entero	Yema	Clara	Entero	Yema	Clara
Pasteles	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Productos lácteos	*	*		*	*		*	*	
Postres helados	*	*	*	*	*	*	*	*	
Helados	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Bebidas	*	*	*	*	*	*			
Alimentos infantiles	*	*		*	*				
Sopas		*		*			*		
Aderezos		*			*			*	
Pastas alimenticias	*	*		*	*		*	*	
Aglomerante carne			*			*			*
Alimento para animales domésticos	*	*		*	*		*	*	

Fuente: Aleixandre Benavent, J.L. (1996).

- «Huevo largo» o especie de embutido de huevo. Si se corta en ruedas, puede sustituir al huevo duro tradicional sin el inconveniente de tener que pelarlo, o recibir uno de los extremos casi sin yema.
- Huevos en escabeche. Son huevos duros pelados y envasados. Su novedad es el sabor adicional del vinagre, especias y otros aditivos añadidos.
- Huevos revueltos o en tortilla congelados. Sus dimensiones y pesos permiten incorporarlos fácilmente a bocadillos y similares. Se emplean fundamentalmente en los sectores de hostelería y restauración colectiva.
- «Tosta francesa». Especie de torrija castellana, formada por pan embebido en leche y huevo, sazonado con especias.

ALTERACIÓN Y CONSERVACIÓN

Alteración

Los huevos pueden alterarse en distintos momentos: en la puesta y recogida (según el estado sanitario y la alimentación de las ponedoras, y la suciedad de los gallineros), en su manipulación (frotamiento de la cáscara, cepillado, lavado) y en el envasado, transporte y almacenamiento.

Los factores que pueden precipitar este proceso son: su temperatura interna (las altas temperaturas aceleran la actividad enzimática del huevo), la humedad, que puede provocar enmohecimiento y la aparición de olores anormales, y la presencia de luz y oxígeno, que disminuyen la resistencia de la cáscara.

Los huevos que no cumplen los criterios de calidad establecidos no son aptos para el consumo humano, al presentar alteraciones o anomalías que se detectan:

1. Por observación a simple vista: cáscaras sucias, rotas y rajadas.
2. Mirados al trasluz. De esa forma pueden apreciarse algunas deficiencias del huevo: presencia de cuerpos extraños; manchas amarillas o negras a la altura de la cara interna de la membrana de la cáscara, debidas al desarrollo de bacterias o mohos; color rojo (más o menos oscuro) por rotura de la yema; opacidad completa (huevos llamados «podridos negros» o «putrefactos»).
3. Tras el cascado:
 - Olores anormales provocados por el tipo de embalaje (paja húmeda, heno) o por la proximidad de sustancias olorosas (ajo, pescado, excrementos) o por una alimentación incorrecta de las aves.
 - Colores anormales: por ejemplo, huevos «hemorrágicos», a consecuencia de la rotura de los vasos sanguíneos en el proceso de formación del huevo; clara verdosa de origen microbiano; y yema de color pardo (huevos «podridos negros»).
 - Presencia de cuerpos extraños (coágulos de sangre, pequeñas piedras, restos de plumas).
 - Germen demasiado desarrollado, etc.

Las contaminaciones microbianas causan muchas de las alteraciones de los huevos. Uno de los principales agentes de toxiinfecciones alimentarias producidas tras la ingesta de huevos crudos o poco cocidos, con cáscara sucia, es la *Salmonella enteritidis*.

Conservación

Los huevos enteros que vayan a someterse a un proceso de conservación, independientemente del método aplicado, deberán ser lo más frescos posibles y con un grado de calidad óptimo.

Los sistemas de conservación aplicables a los huevos son dos: la inmersión y el frío.

Conservación de huevos enteros por inmersión

En la actualidad, la producción de huevos a lo largo de todo el año es estable, por lo que este método ha perdido interés; sin embargo, hasta hace unos años era importante prolongar el tiempo de conservación, sometiéndolos a una inmersión en lechada de cal o en una mezcla de silicatos.

Conservación por el frío

Existen tres métodos con este mismo fundamento básico: la cadena de frío, la refrigeración simple y la conservación en atmósfera gaseosa. Sea cual sea el método aplicado, los factores que determinan la calidad del huevo son:

- La temperatura: cuanto mayor sea la temperatura, mayores cambios constitucionales se producirán: fluidificación de la clara, aplanamiento de la yema al debilitarse su membrana vitelina, etc.
- La humedad relativa. En condiciones de humedad relativa alta, se reduce en parte la pérdida de peso que sufren los huevos durante su período de almacenamiento.
- El tiempo de conservación. A medida que éste aumenta, se incrementan también las pérdidas de peso y de calidad.

Cadena de frío

Se puede aplicar siempre y cuando los huevos sean frescos, de menos de diez días desde su puesta, y se hayan mantenido a una temperatura inferior a los 8 °C. A su llegada al centro frigorífico, y antes de su entrada en las cámaras frías, se observan al trasluz para eliminar los que presenten alguna alteración, y después se procede a su marcaje.

La cadena de frío debe ser respetada desde la producción de los huevos hasta su consumo.

Refrigeración simple

Las condiciones de aplicación de este método son: temperaturas de -1 °C/0 °C y humedad relativa del 80-85 %. El período medio de conservación oscila entre 6 y 9 meses.

Los huevos deben introducirse en las cámaras refrigeradoras limpias y sin olores anormales; se colocarán en posición vertical (con su polo mayor hacia arriba), sobre bastidores de bandejas perforadas o en cajas con celdillas.

Refrigeración en atmósfera gaseosa

Este método de conservación consiste en mantener los huevos a 0 °C, en una atmósfera formada por una mezcla de aire y gas carbónico en diferentes concentraciones.

nes. El gas carbónico retarda las modificaciones enzimáticas del interior de los huevos, reduciendo el desarrollo microbiano.

En el momento de sacar los huevos de los refrigeradores, nunca se deben exponer directamente a la temperatura ambiente, con el fin de evitar una condensación de vapor de agua en la superficie de las cáscaras. Se recomienda un proceso previo de recalentamiento desde los 0 °C, hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Conservación de los ovoproductos

Refrigeración

Los ovoproductos refrigerados se elaboran en los talleres de cascado de huevos situados a corta distancia del comprador o cliente. Se les aplica un rápido descenso de temperatura (6 °C), y su período de conservación no debe ser superior a 24 horas.

Congelación

El primer paso en el proceso de congelación es la introducción de los ovoproductos líquidos en bidones metálicos o en bolsas plásticas flexibles. A continuación, son transportados a túneles de aire enfriado con nitrógeno líquido a -30 °C/-40 °C. En su almacenamiento se debe mantener una temperatura de -18 °C.

Si no se aplican correctamente las temperaturas de congelación, pueden presentarse algunos cambios organolépticos, como la cristalización de parte del agua de composición, que provoca la separación, en los huevos enteros, de la clara y la yema.

Deshidratación o desecación

Los ovoproductos líquidos que vayan a ser deshidratados se extienden en una capa fina sobre bandejas en armarios. Allí se les somete a una violenta corriente de aire a 65 °C, o a un proceso de pulverización en forma de gotitas, en un recinto donde es insuflado aire caliente (200 °C) a fuerte presión.

La temperatura óptima de almacenamiento es de 0 °C, y nunca se deben sobrepasar los 15 °C.

Al cerrar los recipientes que contienen estos ovoproductos, es preciso eliminar el oxígeno y reemplazarlo por una atmósfera gaseosa inerte (CO₂ y nitrógeno, solos o mezclados).

EL HUEVO Y LA SALUD. RECOMENDACIONES

Recomendaciones y niveles de consumo en España

El huevo es un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional y que siempre ha sido básico en una dieta saludable. Los especialistas en nutrición y dietética recomiendan un consumo semanal de cuatro o cinco unidades, ya sea de forma visible (huevo frito, huevo duro, en tortilla) o invisible (en rebozados, cremas, salsas, flanes, dulces).

Un consumo moderado de huevos presenta numerosas ventajas, como su buena relación calidad/precio, las grandes posibilidades culinarias que ofrece (admite múlti-

ples preparaciones y la elaboración de menús rápidos), su amplia aceptación, la alta calidad de la proteína y su contenido en otros nutrientes.

Sólo debe restringirse la ingesta de huevos y derivados a las personas que presentan niveles altos de colesterol sérico o factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares. En general, se aconseja sustituir parte de la carne ingerida (grasa y semigrasa fundamentalmente) y productos cárnicos, por huevos, a pesar de que esta sustitución nos aleje con frecuencia del objetivo de no superar los 300 mg de colesterol/día. Para paliar este exceso, se pueden elaborar platos nutritivos y con la mitad de colesterol, realizando, por ejemplo, las tortillas con dos claras y una yema.

Según El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (1991), aproximadamente el 50 % del colesterol diario ingerido (unos 450 mg) por término medio en España proviene de los huevos, mientras que las carnes aportan alrededor del 30 %.

Recientemente, se ha creado el Instituto de Estudios del Huevo, encaminado a fomentar el conocimiento y la investigación sobre este alimento, para difundirlos a profesionales de la salud e instituciones públicas y privadas, y sobre todo para que sirvan de base a los consumidores, ofreciéndoles la mejor información sobre un alimento clave en la dieta y en la economía diarias.

Evolución de consumo

La Tabla 3-6 resume la evolución de los niveles de consumo de huevos en España. Se observan dos tendencias bien diferenciadas: una primera, entre los años 1964 y 1981, en la que se aprecia un aumento significativo en el consumo de huevos (de 32 a 45 g/pc/día), y otra, a partir de la década de los ochenta, en la que de un modo cada vez más pronunciado descienden esos consumos, llegando a 26 g/pc/día en el año 95. Este hecho puede deberse, entre otras causas, a la tendencia a considerar al huevo casi exclusivamente como fuente importante de colesterol y, por tanto, alimento que hay que restringir como medida de prevención de la enfermedad coronaria.

Inconvenientes de un consumo excesivo

El abuso en el consumo de huevos puede acarrear una serie de inconvenientes más o menos importantes relacionados con:

Tabla 3-6. Evolución del consumo de huevos y ovoproductos en España

	1964	1981	1987	1988	1989	1991	1995
Fuente Huevos (g/pc/día)	ENNA-1 32	ENNA-2 45	MAPA 1990 41	MAPA 1991 41	MAPA 1990 38,5	ENNA-3 35	MAPA 1996 26

Fuente: ENNA 1990-91.

- La presencia de sustancias antinutritivas de la clara:
 - un inhibidor de la tripsina del jugo pancreático, que puede incidir negativamente en la absorción de las proteínas de la dieta
 - ovomucoides y avidina, capaces de fijar la biotina de los alimentos, disminuyendo su absorción. Estas dos proteínas son termolábiles; por lo tanto, es recomendable calentar bien la clara antes de su consumo. Sólo debe preocuparnos una ingestión habitual de huevos crudos, pero no su consumo ocasional.
- El elevado contenido en colesterol de la yema. Numerosos estudios científicos han demostrado que la colesterolemia no es consecuencia del consumo de un alimento concreto, sino de la dieta total, además de otros factores como el contenido vitamínico y mineral de los alimentos, su contenido en ácidos grasos saturados y poliinsaturados, y la relación entre ambos. En el caso del huevo, esta relación es favorable en cuanto a la influencia sobre el nivel de los lípidos sanguíneos.

Digestibilidad del huevo

Resulta difícil determinar el grado de digestibilidad del huevo, ya que en ella influyen factores tan diversos como:

- 3.1. **La coagulación de la clara y de la yema.** La clara coagulada se digiere mejor que la cruda o líquida, porque al desnaturalizarse sus proteínas, pueden ser atacadas más fácilmente por las enzimas gástricas. La digestibilidad de la clara coagulada es del 92 % aproximadamente, mientras que en estado crudo se utiliza tan sólo en un 50 %. A diferencia de la clara, la yema coagulada resulta muy indigesta porque los glóbulos de grasa que contiene se agregan, dificultando la acción posterior de las sales biliares y de las lipasas pancreáticas.
- 3.2. **El batido del huevo.** Esta técnica aumenta la digestibilidad del huevo, porque al introducir burbujas de aire del alimento, aumenta la superficie total, lo que facilita la acción de los jugos gástricos sobre las proteínas.
- 3.3. **Ingredientes que se les puede añadir.** Si al huevo se le añaden alimentos hidrocarbonados (arroz, patata, pan), bastante digeribles en general, aumenta el grado de digestibilidad del plato final. Ocurre lo contrario cuando se adicionan alimentos de naturaleza grasa o proteica.
- 3.4. **Cocción de los huevos en grasa.** Al cocinar los huevos con grasa (fritos, tortillas) aumenta el valor nutritivo y energético de la receta por la adición de la grasa, pero si la técnica no es correcta, resultan más indigestos.

En resumen, se puede decir que los huevos crudos son poco digeribles porque su clara está sin coagular. Los pasados por agua son los más digeribles, ya que está coagulada su clara pero no su yema. El grado de digestibilidad de los huevos duros es menor, porque la yema está coagulada. Si la tortilla francesa no ha absorbido mucha grasa, es bastante digerible y, además, el batido aumenta esa digestibilidad. El huevo frito es el que más grasa absorbe y, por tanto, el más indigesto.

Motivos para favorecer su consumo

Las razones que avalan el fomento del consumo de huevos y ovoproductos son de tipo nutricional, ya que, como se ha indicado antes, el huevo destaca fundamentalmente por su contenido en:

- Proteínas de alto valor biológico. Las necesidades proteicas de determinados sectores de la población (niños, adolescentes, gestantes, ancianos) son mayores que las de los adultos, y las puede cubrir una ingestión adecuada de huevos o derivados.
- Hierro. Las anemias ferropénicas constituyen un problema nutricional frecuente en las sociedades desarrolladas, sobre todo entre la población femenina en edad fértil, y muy principalmente en la mujer embarazada. Esto incide negativamente en la salud, la calidad de vida y el rendimiento físico e intelectual del individuo.
- Cinc, selenio, vitaminas A y E. En la dieta habitual de algunos sectores de la población se observa un déficit de estos nutrientes, cuya función antioxidante frena la formación de radicales libres y los procesos implicados en el inicio y progreso de muchas enfermedades degenerativas (cardiovasculares, cáncer).
- Vitamina D. Esta vitamina puede sintetizarse en parte si sobre ella incide la luz solar. En el caso de los enfermos, personas que no salen de casa o que se exponen poco a la luz del sol, la ingestión de vitamina D a través de los alimentos puede ser fundamental.
- Ácido fólico. Contribuye a mejorar el estado nutritivo global y la protección cardiovascular. Una carencia de esta vitamina incrementa el riesgo cardiovascular o la probabilidad de padecer ciertos tipos de cáncer, y empeora la función mental.
- Vitaminas del grupo B (B₁, B₂, niacina y especialmente B₁₂). Se ha demostrado con estudios documentados la relación existente entre un aporte dietético adecuado de este grupo de vitaminas y un cambio favorable en los niveles de lípidos séricos.

CRITERIOS DE CALIDAD

Los define la reglamentación comunitaria, y conciernen: al estado de la clara, de la yema y de la cáscara; a los caracteres organolépticos y al tamaño de la cámara de aire (dimensiones y movilidad).

1. Estado de la clara. Al observarlos al trasluz, los huevos frescos presentan una clara blanca-amarillenta, y sus chalazas están claramente dibujadas. Sin embargo, en los huevos «viejos» la clara es más líquida, y las chalazas más delgadas y menos nítidas.
2. Estado de la yema. La yema de los huevos frescos es de tipo esferoidal y flota en el centro de la clara. A medida que el huevo va envejeciendo, las chalazas se rompen y la yema, con menor densidad que la clara, tiende a subir.
3. Estado de la cáscara. La cáscara de los huevos de buena calidad debe ser gruesa, sólida, íntegra, mate y tan limpia como sea posible. Si está sucia, y por tanto

posiblemente contaminada por bacterias, mohos o gérmenes patógenos, los huevos se considerarán insalubres. En general, la cáscara de los huevos oscuros o morenos es más sólida y menos permeable que la de los blancos, lo que permite una mejor conservación.

4. Caracteres organolépticos. Además del aspecto de la clara y de la yema, el sabor también varía con la edad de los huevos, siendo más insípido en los viejos. Igualmente, una alteración en el olor de los huevos es indicativa de una pérdida de calidad.
5. Tamaño de la cámara de aire. El volumen y la movilidad de la cámara de aire va cambiando a medida que aumenta la edad del huevo. En los huevos frescos, la cámara es fija y su tamaño aproximado es de 5 mm, mientras que en los huevos viejos se vuelve móvil y su altura o tamaño aumenta, debido al paso de vapor de agua y gas a través de los poros de la cáscara, por un lado, y por otro a la evaporación del agua del medio interno.

Es difícil distinguir a simple vista la frescura de los huevos en el momento de la compra, pero sí se puede determinar por dos procedimientos sencillos:

- Observación al trasluz. Consiste en situar el huevo, con el polo mayor hacia arriba, entre el ojo del observador y una fuente de luz. La fiabilidad de esta operación aumenta considerablemente si se realiza con aparatos especiales (llamados «mira huevos»).
- Sumergir los huevos en una solución de agua salada al 12 %. Este método permite juzgar la frescura de los huevos con menos de quince días y que no se hayan conservado por inmersión. El huevo de un día se hunde; el de dos o tres días se mantiene en equilibrio en el centro; el de cuatro días asoma en posición vertical en la superficie del agua y el de quince días alcanza la horizontalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aleixandre Benavent, J. L. (1996). «La industria de los huevos y sus derivados». En *Procesos de elaboración de alimentos*. Ed. Servicios de Publicaciones, Valencia.
- Barcina Y. (1991). «Valor nutritivo del pescado y tecnología de los huevos». En *Nutrición y tecnología de los alimentos*. Ed. Universidad del País Vasco, San Sebastián.
- Belitz, H. D., Grosch, W. (1988). «Huevos». En *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Código Alimentario Español. (1967). *Huevos y derivados*. Decreto 2484. Presidencia del Gobierno. Ed. García Enciso, Madrid.
- Dupin, H.; Cuq, J-L., Malewiak, M-I., Leynaud-Rouaud, C. y Berthier, A-M. (1997). «Los huevos». En *La alimentación humana*. Ed. Bellaterra, Barcelona.
- ENNA. Estudios Nacionales de Nutrición y Alimentación. *Encuestas de Presupuestos Familiares 1990-91*. Estudio Nacional de Nutrición y Alimentación. Tomo I, Ed. INE
- Llopis J. (1995). «Huevos». En: *Guías alimentarias para la población española*. SG Editores, Barcelona.
- López Nomdedeu C. (1991). *Los alimentos*. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid.
- MAPA (1990). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Dieta alimentaria española*. Secretaría General Técnica, Madrid.
- MAPA (1991-95). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Dieta alimentaria española*. Secretaría General Técnica, Madrid.
- Mataix, J. y Carazo E. (1995). *Nutrición para educadores*. Ed. Díaz de Santos S.A., Madrid.

- Mataix, J., Mañas, M., Llopis, J. y Martínez de Victoria E. (1998). *Tablas de composición de alimentos españoles*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Granada, Granada
- Ortega Anta, R. M. (1998). «Composición y equilibrio de nutrientes en el huevo». Actas de II Congreso Nacional de la Sociedad Española de Nutrición Básica y Aplicada (S.E.M.B.A). En: *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*.
- Primo Yúfera, E. (1997). «Huevos». En *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Varela, G. (1985). *Encuesta de Presupuestos Familiares*. I.N.E.. Tomo I, Madrid.

4

LECHE Y DERIVADOS

(Mercedes Muñoz Hornillos,
Gema Yoldi Bienzobas)

INTRODUCCIÓN

La leche y sus derivados poseen unas magníficas cualidades nutritivas. Son alimentos especialmente ricos en proteínas y calcio de fácil asimilación, nutrientes muy importantes en etapas de crecimiento y desarrollo, y también para el mantenimiento de la masa ósea y muscular del ser humano. En la actualidad, son el grupo de alimentos de mayor consumo a escala mundial.

Sus numerosas propiedades y posibilidades gastronómicas han promovido el nacimiento de una nueva ciencia denominada «Lactología», que estudia todos los aspectos relacionados con la leche: elaboración, endocrinología de la producción, microbiología, características nutritivas del producto, etc.

La leche de mayor producción y consumo en el mundo es la de vaca (Tabla 4-1), seguida a mucha distancia por la de búfala.

La denominación de «leche» se aplica única y exclusivamente a la de origen vacuno; en los demás casos, siempre deberá precisarse su procedencia: de oveja, cabra, búfala, camella, etc. (Código Alimentario, CAE).

El desarrollo de la industria alimentaria y de las ciencias de la Alimentación y de la Nutrición ha potenciado el estudio de las múltiples aplicaciones de este alimento y ha generado la expansión en el mercado de una amplia gama de productos que se obtienen mediante procesos innovadores de conservación y de transformación.

Basta con acercarse a cualquier comercio de alimentación para contemplar la gran oferta de este grupo de alimentos: leche desnatada, semidesnatada, entera (enriquecida o no en calcio, o vitaminas A y D), pasteurizada, esterilizada, UHT (ultra high tem-

Tabla 4-1. Producción de leche de hembras de diferentes mamíferos en el mundo

Especie	Millones de toneladas
Vaca	500.000
Búfala	24.000
Oveja	6.500
Cabra	7.500

Fuente: F.A.O. (1983).

perature), evaporada, concentrada, condensada, en polvo, leche con grasa vegetal o fibra soluble; batidos lácteos, yogures, mousse de yogur o de queso fresco, leches fermentadas, *petit suisse*, todo tipo de quesos, natillas, flanes, postres lácteos que no necesitan frío, etcétera. Las posibilidades del consumo de leche se amplían más aún si revisamos cualquier libro de recetas de cocina española o internacional. Resulta un ingrediente idóneo en salsas, guarniciones y postres (purés y cremas de verdura, croquetas, bechamel, arroz con leche, flan, natillas, etc.) y enriquece desde el punto de vista nutritivo y gastronómico muchos de nuestros platos habituales.

LA LECHE

Definición

La leche es el producto íntegro, no alterado ni adulterado y sin calostro, procedente del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas domésticas sanas y bien alimentadas. Sólo se considera leche la obtenida después de las primeras 48 horas de emisión de los calostros. El período de ordeño se establece en 305 días. El animal productor de leche por excelencia es la vaca (CAE, 1991).

La **denominación genérica** de leche comprende única y exclusivamente la leche natural de vaca. Las leches producidas por otras hembras se designarán indicando el nombre de la especie correspondiente: leche de oveja, de cabra, de burra, de búfala, de yegua, de camella, etc.

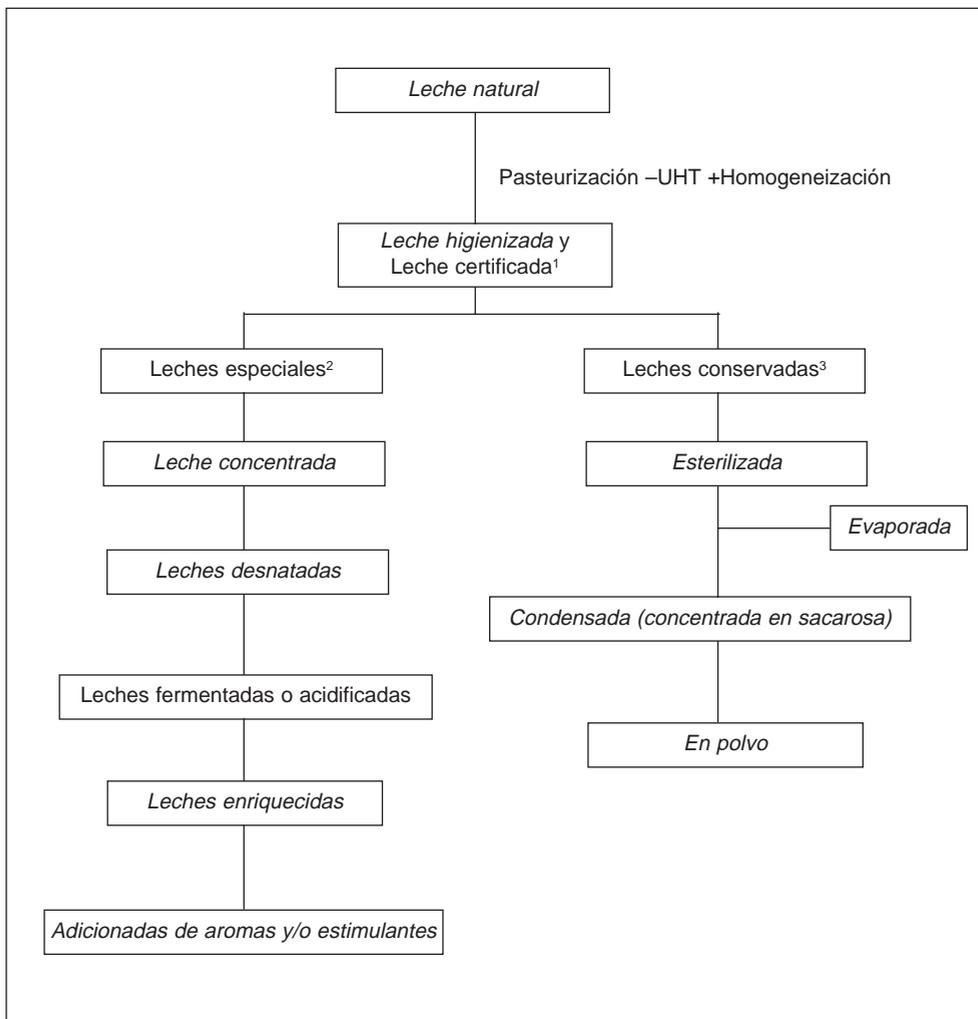
La raza vacuna que se considera como la mayor productora de leche en la actualidad es la **frisona** y la **holstein**. La raza frisona tiene origen holandés y la holstein, raza americana-canadiense, fue creada a partir de vacas holandesas llevadas a América hacia el año 1621. Están difundidas por todo el mundo por las siguientes razones: la producción alcanza los 6000 L/lactación en España y 8000 en EE.UU, el volumen de producción es un factor heredable, la cantidad de leche producida es regular a lo largo de toda la lactación y la disposición de los pezones facilita el ordeño automático.

CLASIFICACIONES

Según lo establecido en el Código Alimentario Español (CAE)

Los diferentes tipos de leche (Figura 4-1) se clasifican en función del tratamiento que se aplica a la leche natural, del siguiente modo:

Leches higienizadas. Leche natural sometida a un proceso tecnológico automatizado que asegure la total destrucción de los gérmenes patógenos y de la casi totalidad de la flora banal, sin modificación sensible de su naturaleza fisicoquímica (afectaría a las cualidades organolépticas), características biológicas y cualidades nutritivas.



¹ Igual valor nutritivo que la leche natural. El tratamiento tecnológico aplicado destruye los gérmenes patógenos y casi toda la flora banal.

² Se modifica la composición con respecto a la leche natural.

³ La vida útil del producto es superior a 30 días.

Figura 4-1. Clasificación de los tipos de leche según el CAE.

Leches certificadas. Leche natural oficialmente controlada. Procede de explotaciones ganaderas en las que todos los procesos (producción, obtención, envasado) están sometidos a rigurosos controles de sanidad para garantizar su inocuidad y valor nutritivo.

Leches especiales.

- a) *Leche concentrada*: leche natural higienizada, entera, que ha sido privada de parte de su agua de constitución hasta reducirla como máximo a 1/4 ó 1/5 de su volumen primitivo.
- b) *Leche desnatada*: leche natural higienizada o conservada, privada parcial o totalmente de su contenido graso natural con la modificación relativa de los demás componentes normales.
- c) *Leche fermentada-acidificada*: se obtiene a partir de cualquier tipo de leche por acción microbiana o de fermentos lácticos activos. Son claros ejemplos:

Yogur: por inoculación, entre otros, de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*.

Kefir y Kumis: bebidas espumosas alcohólicas que contienen anhídrido carbónico. Se obtienen por fermentación láctica y alcohólica de leche de vaca, oveja, yegua, bajo la acción de levaduras *Torula* y bacterias lácticas (*Streptococcus lactis* homofermentativo y *Lactobacillus caucasicus* heterofermentativo).

Yakult: bebida azucarada, elaborada a partir de leche desnatada que contiene la bacteria láctica *Lactobacillus casei shirota*.

- d) *Leche enriquecida*: modificada mediante la adición de principios inmediatos, minerales y vitaminas (albuminosas, dextrinomalteadas, vitaminadas, etc).
- e) *Leche adicionada de aromas, estimulantes o ambos*: modificada mediante la adición de sustancias aromáticas y estimulantes autorizados.

Leches conservadas

- a) *Leche esterilizada*: leche natural sometida a un proceso tecnológico tal que asegura la total destrucción de gérmenes patógenos y la inactividad de sus formas de resistencia.
- b) *Leche evaporada*: leche esterilizada privada de parte de su agua de constitución.
- c) *Leche condensada*: leche natural higienizada, privada de parte de su agua de constitución y cuya conservación se consigue mediante la adición de sacarosa.
- d) *Leche en polvo*: producto seco y pulverulento que se obtiene por deshidratación de la leche natural, o de la total o parcialmente desnatada, higienizada al estado líquido antes o durante el proceso de fabricación. Se obtiene por proceso de atomización.

Por su sistema de higienización

Leche pasteurizada. Se comercializa bajo la denominación de leche fresca. La leche es sometida a un tratamiento térmico higienizante denominado pasteurización. Con la pasteurización se destruyen los microorganismos patógenos y se inactivan las enzimas de la leche (lipasas), lo que garantiza su salubridad y evita la posible alteración y destrucción de su contenido graso. Esta leche debe conservarse en el frigorífico, y el período de conservación es corto.

Tratamientos térmicos equivalentes de pasteurización		Finalidad
63 °C	30 minutos	— Reducir el número de microorganismos por mL — Aumentar la vida útil de la leche.
71.7 °C	15 segundos	

Leche esterilizada. La leche se somete a temperaturas del orden de 115 °C durante unos 15 minutos. Para evitar que la grasa quede en la capa superficial se realiza un proceso mecánico que reduce el diámetro de los glóbulos de grasa: la homogeneización.

Ventajas: Aumenta la vida útil por periodos de semanas e incluso meses.

Inconvenientes: El contenido vitamínico es menor respecto a la leche de origen.

Leche UHT (Ultra High Temperature). La leche alcanza temperaturas de 140-150 °C, durante un tiempo de 2 a 16 segundos.

Ventajas: Se mantiene prácticamente todo el valor nutricional respecto a la leche de origen y además puede conservarse durante meses.

Una vez abierto el envase, tanto la leche esterilizada como la UHT, deben conservarse a temperatura de refrigeración (frigorífico) y tienen que consumirse antes de 1-2 días.

Por su presentación comercial en el momento de la venta

Leche líquida. Incluye leches de composición muy diferente (enriquecidas, desnatadas, fermentadas), pero comercializadas todas en forma de leche líquida.

Leche evaporada o concentrada. Las pérdidas de nutrientes son similares a las de la leche esterilizada.

Leche condensada. Las pérdidas nutritivas son sensiblemente menores que en la esterilización, y el valor calórico aumenta por la adición de sacarosa.

Leche en polvo. Reconstituida, tiene igual valor nutricional que la leche de origen.

Por su valor nutritivo (Tabla 4-2)

Entera. También denominada leche completa.

Semidesnatada. Tiene menos grasa y vitaminas A, D y E que la entera.

Desnatada. No tiene grasa ni vitaminas liposolubles y es de bajo valor calórico.

Modificadas lipídicamente. Se sustituye la grasa original por aceites vegetales. Con esta manipulación se elimina la grasa saturada y el colesterol natural de la leche y se introducen en su lugar grasas vegetales insaturadas, más adecuadas para la prevención y tratamiento de las hiperlipoproteinemias y la aterosclerosis.

Enriquecida. Se obtiene a partir de cualquier tipo de leche, añadiendo principios inmediatos, vitaminas y minerales. Las formas comerciales más conocidas son la leche enriquecida en calcio y la leche desnatada enriquecida en vitaminas A y D, que son las que se pierden al eliminar el contenido graso de la leche.

Tabla 4-2. Valor nutritivo de diferentes clases de leche

Leche Por 100 g	Entera	Semidesnatada	Desnatada	Modificada lipídicamente	Enriquecida Ca y vit. A + D
Energía (kcal)	78.00	58.80	43.20	69.60	49.95
Proteínas (g)	3.95	4.20	4.30	3.60	4.80
Hidratos de C. (g)	6.00	6.00	6.00	5.30	6.85
Lípidos (g)	4.45 ^a	2.05	0.10	3.85 ^b	0.35
Colesterol (mg)	16.80	10.80	0.10	0.00	0.00
Vitamina A (µg)	57.60	21.60	0.36	21.60	58.80
Vitamina B ₁ (mg)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamina B ₂ (mg)	0.21	0.18	0.18	0.18	0.18
Vitamina B ₆ (mg)	0.02	0.08	0.08	0.08	0.08
Vitamina B ₁₂ (µg)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Vitamina C (mg)	2.40	1.20	1.20	4.30	1.20
Vitamina D (µg)	0.03	0.03	Trazas	1.20	0.37
Vitamina E (mg)	0.08	0.09	0.00	0.00	0.00
Niacina (mg)	0.96	0.24	0.24	0.24	0.24
Ác. Fólico (µg)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Calcio (mg)	145.20	150.00	145.20	145.20	196.00
Fósforo (mg)	103.20	120.00	120.00	120.00	157.00
Magnesio (mg)	14.40	15.60	16.80	16.80	16.80

(a) AGS 63 %; AGM 32 %; AGP 5% (b) AGS 15 %. AGM 70 %. AGP 15%

AGS = ácidos grasos saturados; AGM = ácidos grasos monoinsaturados; AGP = ácidos grasos poliinsaturados.

Fuente: Mataix (1995).

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA LECHE

Antes de estudiar en profundidad la composición química de la leche, de la que derivan muchas de sus propiedades, se describen sus características sensoriales, que son las que el consumidor percibe en primer lugar y por las que la aprecia y valora. «La leche es un alimento líquido, de color blanco, dos veces más viscoso que el agua, de sabor ligeramente azucarado y olor poco acentuado».

Propiedades físicas y características sensoriales

- **Sabor:** ligeramente dulce.
- **Color:** blanco opaco.
- **Aroma:** más o menos acentuado en función de sus componentes.
- **Textura:** líquida, doble densidad respecto al agua.

Tabla 4-3. Principales características fisicoquímicas de la leche natural

Densidad a 15 °C	1.03-1.034
Calor específico	0.93
Punto de congelación	-0.55°C
PH	6.5-6.6
° Dornic (acidez expresada en decigramos de ácido láctico por litro de leche)	16 a 18

La Tabla 4-3 recoge las principales características fisicoquímicas que posee la leche en su estado natural.

Estructura de la leche

La estructura de la leche es compleja y muy organizada: una emulsión de grasa en agua que contiene numerosos elementos, unos en disolución y otros en estado coloidal. Se distinguen tres estados:

1. Emulsión de la grasa en agua.
2. Disolución coloidal de proteínas.
3. Disolución verdadera del principal azúcar de la leche: la lactosa.

Todos sus componentes están relacionados entre sí y, según su proporción cuantitativa y cualitativa, determinan el equilibrio o bien la desestabilización de la leche.

Composición fisicoquímica de la leche

Su composición varía en función de la especie, el origen, la raza, la alimentación y el estado de salud del animal, el clima, las condiciones higiénicas, etc.

Los procedimientos realizados para la venta y consumo aseguran una composición siempre constante (Tablas 4-4 y 4-5) dentro de unos márgenes establecidos por la legislación alimentaria según el tipo de leche.

La leche tiene un elevado contenido acuoso (87 %). El resto de sus constituyentes es lo que se denomina *extracto seco total* (EST) que representa habitualmente unos 12.5-13.0 g por 100 mL de leche (véase la Tabla 4-5). El *extracto seco magro* (ESM) expresa el contenido de la leche en materia seca libre de grasa y se calcula restando al

Tabla 4-4. Composición media de la leche natural (de vaca)

Agua	87%
Proteínas	3.4-3.6%
Lípidos	3.4-3.7%
Hidratos de carbono	4.6-4.8%
Sales minerales	0.7%

Tabla 4-5. Composición química de 100 mL de leche

1. Constituyentes plásticos y energéticos		
Agua	90-91 g
EST	* Grasa 3.5-4.5 g
	* ESM	— Lactosa 4.7-5.2 g
		— Sustancias nitrogenadas 3.3-3.6 g
		— Sales minerales 0.9-0.95 g
2. Biocatalizadores (de difícil determinación o en cantidades muy pequeñas):		
Pigmentos, enzimas, vitaminas		
3. Gases disueltos:		
Gas carbónico, oxígeno, nitrógeno4-5 % del volumen de leche a la salida de la mama		

Fuente: Veisseyre R. (1988).

EST el contenido graso. La cantidad de ESM es una cifra mucho más constante que para el EST, y supone aproximadamente unos 9 g por 100 mL.

Algunos componentes de la leche están presentes en cantidades sensibles (grasa, lactosa, sustancias nitrogenadas y sales minerales), y otros, en proporciones tan pequeñas que son mucho más difíciles de determinar (enzimas, pigmentos, vitaminas).

Componente graso de la leche natural

La fracción grasa se encuentra formando una *emulsión de glóbulos esféricos*, con un diámetro que oscila entre 2 y 10 micras (el diámetro varía según la raza de vacuno productor). Cuanto mayor sea el contenido de grasa en la leche, mayor diámetro tendrán los glóbulos grasos. Estos glóbulos se hallan rodeados de una película protectora, denominada *membrana haptógena*, muy frágil. Esta película está formada por proteínas, un compuesto similar a la queratina, fosfolípidos y triglicéridos de alto punto de fusión (70 % de los mismos son saturados). Sobre ella se encuentra el 60 % de la lecitina que contiene la leche. La disposición de las proteínas hacia la fase acuosa es la parte hidrófila, y la parte hidrófoba, los glicéridos hacia el interior. Entre ambas se encuentran, formando una capa intermedia, proteínas y fosfolípidos.

Esta membrana es fácilmente atacable por microorganismos que alteran sus propiedades, provocando que los glóbulos grasos se unan entre sí y suban rápidamente hacia la superficie formando la nata. Este fenómeno también puede ser provocado por descensos bruscos de temperatura.

Lípidos saponificables (99% de la materia grasa total)

Los lípidos de la leche natural se pueden clasificar (Tabla 4-6) en dos grandes grupos: lípidos sencillos y lípidos complejos.

Tabla 4-6. Composición media de los lípidos de la leche

<i>Lípidos simples o sencillos:</i> glicéridos y estéridos	99-99.5% de lípidos totales
<i>Lípidos complejos:</i> lecitinas y cefalinas	0.5-1.0% de lípidos totales

a) Lípidos simples (99-99.5% de los lípidos totales)

Los lípidos simples, o **ternarios** se dividen en **glicéridos**, si el alcohol es la glicerina (la mayoría de ellos), o **estéridos**, si el alcohol es un esterol.

La composición en ácidos grasos (AG) de la leche es muy compleja. Hasta ahora se han identificado más de 400 ácidos grasos diferentes (saturados, insaturados, normales y ramificados), aunque solamente 20 de ellos suponen la mayor parte de los residuos. La Tabla 4-7 muestra el contenido medio de esos ácidos grasos mayoritarios. La mayor parte se encuentran como **triglicéridos**, apareciendo **exceso de ácidos grasos libres**.

Tabla 4-7. Contenido medio en ácidos grasos de la leche

Ácidos grasos		Contenido (mg/100 g)	Características del ácido graso					
			Volátil	No volátil	Sólido a temp. ambiente	Líquido	Hidro-soluble	Inso-luble
1. Saturados	n° de C							
Butírico	C 4:0	120	+			+	Poco	
Caproico	C 6:0	60	+			+	Poco	
Caprílico	C 8:0	40	+			+	Muy poco	
Cáprico	C 10:0	80	+		+			
Láurico	C 12:0	100		+	+			+
Mirístico	C 14:0	360		+	+			+
Palmítico	C 16:0	930		+	+			+
Esteárico	C 18:0	400		+	+			+
Araquídico	C 20:0	0		+	+			+
2. Insaturados								
<i>1 Doble enlace</i>								
Tetradecenoico	C 14:1	0		+		+		+
Oleico	C 18:1	890		+		+		+
<i>2 Dobles enlaces</i>								
Linoleico	C18:2	92		+		+		+

Fuente: García Jiménez JM. (1995).

El 30% de los glicéridos son **trisaturados**, mientras que en el 70% restante suele estar presente el **ácido linoleico**. También se encuentran en la leche **otros ácidos grasos** de número impar de átomos de carbono, como el **ácido margárico**, el **ácido behénico**, y el **ácido lignocérico**, en cantidades menos representativas.

- **Ácidos grasos saturados (AGS)**. Los ácidos grasos volátiles son los responsables del olor característico de la leche. Los más abundantes son el palmítico y el esteárico. Los AGS son más estables y resistentes a las alteraciones químicas que los insaturados. Por otro lado, gran parte de microorganismos poseen mecanismos enzimáticos que producen su degradación en pequeñas moléculas por oxidación. Entre otras, las causas más frecuentes de su degradación son:
 1. Mohos: forman cetonas por oxidación.
 2. Desaturación por mohos y bacterias: con pérdidas de átomos de hidrógeno y aparición de dobles enlaces.
- **Ácidos grasos insaturados (AGI)**. El más abundante es el ácido oleico (70% de los AGM). La cantidad total de AGI varía mucho con la alimentación del animal. La grasa de la hierba y el forraje es rica en ácido linoleico, que se hidrogena o satura en el rumen del animal, produciendo fundamentalmente ácido oleico.

La grasa de la leche es mucho más pobre en AGI (35%) que la grasa de origen vegetal (60%).

El contenido en ácido linoleico varía poco a lo largo del año (1.2-4% de ácidos grasos totales-AGT). En la leche humana, se encuentra en proporción de algo más del doble (8-9%). Para aumentar el bajo nivel de ácido linoleico en la leche de vaca, se proporcionan al animal alimentos ricos en ácido linoleico. Se considera adecuada la cifra máxima de un 6%, ya que niveles superiores provocarían gran inestabilidad.

b) Lípidos complejos (0.5-1% de los lípidos totales)

En la leche se encuentran sólo lípidos complejos fosforados y nitrogenados, llamados **fosfátidos o fosfoaminolípidos**, principalmente **lecitinas, cefalinas y fosoesfingolípidos**.

- **Lecitinas**: representan el 35% de los lípidos complejos. También se denominan fosfatidil colina. Por su estructura, tienen una parte hidrófila y otra lipófila (anfifilia). Las lecitinas tienen el poder de estabilizar los triglicéridos en la fase acuosa, y su presencia explica, en gran parte, la formación de espuma en la leche por agitación.
- **Cefalinas o fosfatidil etanol amina**: suponen el 40% de los lípidos complejos.
- **Esfingolípidos**: representan el 25% de los lípidos complejos.

Las cefalinas y los esfingolípidos tienen una mayor proporción de AG poliinsaturados, por lo que son más sensibles que los triglicéridos a las reacciones de oxidación.

Fracción insaponificable (1% de la materia grasa total)

La fracción insaponificable agrupa un conjunto de constituyentes de la materia grasa que tienen como característica que no reaccionan con la sosa o la potasa para dar lugar a la formación de jabones.

Sus componentes son numerosos y variados, a pesar de que no representan en conjunto más que el 1% de la grasa de la leche. Los principales componentes son: carotenoides, tocoferoles y esteroides. Las vitaminas liposolubles A, D y E también pertenecen a la fracción insaponificable.

a) Carotenoides

Son hidrocarburos, colorantes amarillos o rojos, liposolubles. En la leche se encuentran los isómeros «alfa» y «beta» (el isómero «beta» sólo en la leche humana y de vaca, no en la de cabra, oveja o búfala). Sus principales derivados son la vitamina A y, en menor medida, la xantofila, el escualeno (siempre presente en bajas dosis, se relaciona con la cantidad de vitamina A en la leche y es un intermediario en la biogénesis de colesterol) y el licopeno. El carotenoide más abundante es el **€caroteno**, a partir del cual, por hidrólisis en el organismo, se origina la vitamina A. Los carotenos son resistentes al calor, pero muy sensibles a la oxidación.

El contenido en caroteno de la leche varía mucho según las condiciones de alimentación del animal. La inclusión de forrajes verdes en la dieta aumenta la presencia de estas sustancias. El €caroteno es uno de los compuestos que hace que la leche tenga cierto tono amarillo. Su presencia en los derivados de la leche hace que sean también de color amarillento (mantequilla). Durante el invierno, el ganado suele consumir forrajes secos, henos o ensilados, por lo cual la tasa de €carotenos disminuye sensiblemente (color blanquecino de la mantequilla en invierno). Sin embargo, la industria de derivados lácteos los suplementa artificialmente para que tengan la misma coloración todo el año.

b) Tocoferoles

Son sustancias de estructura compleja, cuya composición química recuerda a los carotenoides. Los tocoferoles se comportan como antioxidantes naturales y protegen a las grasas y a los carotenos de la oxidación. Son muy sensibles a los rayos UV, por lo que las exposiciones prolongadas a la luz solar los destruyen.

Su cantidad oscila entre 0.5 y 1.25 mg por litro de leche (leche humana, hasta 35 mg/L). El más importante es el γ -tocoferol o vitamina E, considerado como el más importante antioxidante natural de la grasa de la leche.

c) Esteroides

Son alcoholes policíclicos complejos. Se encuentran en la grasa en dos formas muy diferentes: **esteroides esterificados** por AG (estéridos) y **esteroides libres**.

— *Estéridos*: presentes en cantidades insignificantes.

— *Esteroides libres*: 0.3-0.4 % de la grasa de la leche.

El más importante es el **colesterol** (0.3 % de la grasa de la leche). El colesterol interviene en la formación de la membrana que rodea los glóbulos grasos, forma complejos con las proteínas de la fase acuosa y contribuye a mantener la estabilidad de la emulsión de grasa en la leche. Los esteroides están íntimamente asociados a las lecitinas en su función de emulsionante (estabilización de los glóbulos de grasa de la leche). En menor cantidad, también están los esteroides **ergosterol** y **7-dehidrocolesterol**. Estas dos sustancias, sometidas a la luz ultravioleta, son precursoras de la vitamina D.

El 7-dehidrocolesterol, precursor de la vitamina D₃, parece representar el principal papel. La leche sometida a radiación posee importantes propiedades antirraquíticas.

Sustancias nitrogenadas de la leche

Las sustancias nitrogenadas de la leche (Tablas 4-8 y 4-11) se encuentran entre un 3.4-3.6%.

- El 95% son **sustancias nitrogenadas proteicas**: caseínas y seroproteínas.
- El 5% restante corresponde a **sustancias nitrogenadas no proteicas**.

Caseínas (78% de la proteína total)

La caseína es un complejo de proteínas fosforadas que constituye la parte nitrogenada más característica de la leche. Se sintetizan en la glándula mamaria. Sus características son:

- Se encuentran en suspensión coloidal, estabilizadas mediante cargas eléctricas.
- Precipitan a pH de 4.6 a 20 °C (insolubles en medio ácido).
- Son estables a los tratamientos térmicos.
- Se inestabilizan a pH bajo y en presencia de cationes divalentes.
- Son pobres en aminoácidos azufrados.

a) *Caseína micelar*: complejos proteicos con un alto grado de organización estructural, estabilizados por puentes hidrófobos, de hidrógeno, iónicos y de calcio (Tabla 4-9).

Tabla 4-8. Proteínas y sustancias nitrogenadas no proteicas de la leche

Sustancias nitrogenadas proteicas o proteínas	95% SN ¹	<i>Caseínas</i>	78% PT ²	Estable al calor	<i>Isómeros: /, €, ↑, ↯</i>
		<i>Seroproteínas</i>	17% PT ²	Lábiles al calor	<i>Albúminas (9%)</i> <ul style="list-style-type: none"> • €lactoglobulina • /-lactoalbúmina • seroalbúmina <i>Globulinas (3.5%)</i> <ul style="list-style-type: none"> • Ig M, A, G₁ y G₂
				Estable al calor	<i>Fracción proteasa-peptona (4.1%)</i>
SN¹ no proteicas	5% SN ¹	<i>Aminoácidos, urea, amoníaco, creatina, creatinina, ácido úrico, etcétera.</i>			

¹ SN = sustancias nitrogenadas.

² PT = proteína total.

Tabla 4-9. Composición de la micela de caseína

Caseína	93.2%	Potasio	0.3%
Calcio	2.9%	Fosfato orgánico	2.3%
Magnesio	0.1%	Fosfato inorgánico	2.9%
Sodio	0.1%	Citrato	0.4%

- κ -Caseína (55%): sensible al calcio, forma sales cálcicas insolubles.
- ϵ -Caseína (25%): su solubilidad es inversamente proporcional a la existencia de calcio, y también inversamente proporcional a la temperatura.
- λ -Caseína (15%): soluble en presencia de calcio, impide que la κ -caseína y la ϵ -caseína precipiten en su presencia. Se encuentra asociada a hidratos de carbono: galactosa, galactosamina y ácido siálico (ácido *N*-acetilneuramínico). El **cuajo**, o **fermento lab** o **enzima lab**, rompe la caseína kappa en dos complejos, glucopéptido (soluble) y paracaseína kappa (precipita en presencia de calcio), provocando además la precipitación de la alfa y la beta caseína.
- ζ -Caseína (5%): restos de ϵ -caseína degradada por las proteasas de la leche.

b) *Caseína soluble*: monómeros o pequeños polímeros solubles de caseína.

En la leche se produce un equilibrio entre la caseína soluble y la caseína micelar. El fenómeno de la precipitación viene determinado por una serie de factores (Tabla 4-10) que hacen que el equilibrio se desplace hacia un lado u otro.

Los monómeros presentes en la molécula de caseína (alfa, beta, gamma, etc.) varían según la raza vacuna, la época del año, la alimentación y también según el tamaño de las micelas. La estructura de la micelas es porosa, no muy compacta y poco resistente a las agresiones exteriores. Se encuentran dos capas bien diferenciadas: una hidrófila hacia el exterior, y otra hidrófoba hacia el interior. Por su estructura, la micela puede verse fácilmente atacada por el cuajo o fermento lab o sustancias análogas.

Tabla 4-10. Factores del equilibrio entre la caseína soluble y la caseína micelar

MONÓMERO DE CASEÍNA SOLUBLE	-H, -Ca + Citrato + Fosfato Reducción de T ^a	COMPLEJO DE CASEÍNA	-H, -Ca + Citrato + Fosfato Reducción de T ^a	MICELA Caseinato cálcico + Fosfato cálcico
	β } } } } } } + H, +Ca + Citrato + Fosfato Aumento de T ^a		β } } } } } } + H, + Ca + Citrato + Fosfato Aumento de T ^a	

Tabla 4-11. Contenido medio en aminoácidos de las proteínas de la leche

Aminoácidos	Caseínas ¹				Seroproteínas ²		% sobre proteína total
	/ _s -caseína	€caseína	↑-caseína	ℑcaseína	€lacto-globulina	/-lacto-globulina	
Ácido aspártico	7.59	4.9	7.3	4.0	11.39	18.65	7.4
Treonina	3.0	5.1	6.64	4.4	5.01	5.50	4.7
Serina	5.8	6.8	6.09	5.5	3.58	4.76	6.0
Ác. glutámico	20.9	23.2	17.35	22.9	19.12	12.85	23.9
Prolina	7.8	16	8.78	17.0	5.22	1.98	11.3
Glicina	2.37	2.4	1.31	1.5	1.24	3.21	2.0
Alanina	3.18	1.7	5.41	2.3	6.7	2.14	3.5
Cistina	0	0	2.8	0	3.4	6.4	1.8
Valina	5.36	10.2	5.1	10.5	6.11	4.66	7.0
Metionina	2.44	3.4	1.0	4.1	3.16	0.95	2.5
Isoleucina	5.16	5.5	6.14	4.4	6.76	6.80	6.5
Leucina	8.65	11.6	6.08	12.0	15.08	11.52	10.0
Tirosina	7.11	3.2	7.40	3.7	3.87	5.37	5.2
Fenilalanina	5.06	5.8	4.07	5.8	3.53	4.47	4.9
Triptófano	2.13	0.83	1.05	1.2	2.62	6.0	1.4
Lisina	8.56	6.5	5.76	6.2	11.93	11.47	7.9
Histidina	2.7	3.1	1.67	3.7	1.63	2.85	2.7
Arginina	3.74	3.4	4.0	1.9	2.78	1.15	3.7

¹ Porcentaje sobre el total de caseínas.

² Porcentaje sobre el total de seroproteínas.

Seroproteínas (17% de la proteína total)

Son, principalmente, **albúminas y globulinas**. Parte de ellas no se sintetizan en la glándula mamaria, como es el caso de algunas gammaglobulinas.

Se encuentran disueltas en el suero de la leche, y se insolubilizan a temperaturas por debajo de la de ebullición; son termolábiles. Son compactas, globulares, de peso molecular variable y solubles en intervalos de pH amplios (menos sensibles al ácido que las caseínas). Contienen aminoácidos azufrados que, a temperaturas de pasteurización, liberan grupos sulfhidrilo, que se comportan como antioxidantes y que son, en parte, los responsables del olor y sabor característicos de la leche.

- **€Lactoglobulina** (50 % seroproteínas): es un dímero, y la fuente más importante de grupos sulfhidrilo libres.
- **/-Lactoalbúmina**:
 - Está relacionada con el sistema enzimático que sintetiza la lactosa.
 - Poseen un alto contenido en triptófano.
- **Seroalbúmina**: igual a la seroalbúmina sanguínea.

- **Inmunoglobulinas:** (Ig M, Ig A, Ig G₁ e Ig G₂):
 - Son glucoproteínas que contienen aminoácidos azufrados.
 - Tienen actividad inmunológica (calostros).
 - Forman parte de la membrana del glóbulo de grasa de la leche.
 - Son promotoras del cremado (asociación de los glóbulos de grasa).
 - Poseen acción antibacteriana en la leche recién ordeñada.
- **Proteasa-peptona** (4.1 % seroproteínas):
 - Grupo heterogéneo de fosfoglucopeínas estables al calor.
- **Otras proteínas:** Lactotransferrina, lactolina, proteínas de la membrana del glóbulo graso, etc.

Proteínas activas de la leche: enzimas

En la leche, se encuentran numerosas enzimas de la misma leche y otras, producidas por microorganismos que son propios de ella (Tabla 4-12). Aunque están presentes en cantidades muy pequeñas, son muy importantes, ya que condicionan tanto la composición como las propiedades de la leche. Son sensibles al pH y a la temperatura (las temperaturas elevadas los inactivan rápidamente).

Principales propiedades de las enzimas en la leche

1. Las lipasas y las oxidasas influyen en el sabor y el olor.
2. Su termolabilidad permite saber si la leche ha sido sometida a un tratamiento térmico; actúan a modo de indicadores patrón del tratamiento térmico sufrido.

Tabla 4-12. Principales enzimas de la leche

Enzima	Distribución	Temperatura/ Tiempo que inactiva	Interés tecnológico
Hidrolíticas			
Lipasa	Leche desnatada	63 °C/8 min 72 °C/10 s	Como factor de rancidez
Fosfatasa alcalina	Membrana del glóbulo graso	62 °C/20 min 72 °C/15s	Control de pasteurización
Proteasa	Caseína	70 °C/15 min 80 °C/1 min	Factor de cuajado
Oxidorreductores			
Xantinoxidasa	Membrana del glóbulo graso	75 °C/3 min 80 °C/10 s	Control del grado de calentamiento
Lactoperoxidasa	Lactosuero	75 °C/19 min 82 °C/20 s	Control del grado de calentamiento
Catalasa	Caseína y membrana del glóbulo graso	70 °C/30 min	Indicador de infección junto con el RCT ¹

¹ RCT = recuento de células somáticas.

Fuente: García Jiménez JM (1995).

3. Algunas enzimas, propias de leucocitos y bacterias, no de la leche, permiten evaluar la calidad microbiológica de la leche.
4. Permiten diferenciar la leche de distintas especies (el patrón enzimático es propio de cada especie).
5. Ciertas enzimas, como la peroxidasa y la lisozima, tienen propiedades antibacterianas. Aseguran el mantenimiento de la leche durante un cierto período de tiempo.

Componente glucídico de la leche

Desde el punto de vista químico, se pueden dividir los azúcares de la leche en:

1. **Neutros:** lactosa y polióxidos a base de lactosa y fructosa.
2. **Nitrogenados:** glucosamina y galactosamina *N* acetiladas, normalmente ligadas al grupo anterior.
3. **Ácidos:** ácidos siálicos ligados siempre a los dos grupos anteriores.

La leche del calostro de los rumiantes y la leche humana son más ricas en azúcares que la leche normal (tras 48 h de emisión de calostros). Por otro lado, la leche de mujer tiene más azúcares que la leche de otras hembras mamíferas productoras de leche.

Lactosa (*glucosa+galactosa*). Es el componente mayoritario del extracto seco magro (ESM), 50 g por litro de leche (5 % del ESM). Es un azúcar reductor que pertenece al grupo de los diholósidos. Es uno de los componentes más constante entre las distintas clases de leche y el menos sometido a variaciones dentro de cada tipo de leche, aunque su contenido puede ser más o menos alto en función del contenido en sales (δ sales \equiv α lactosa, y viceversa). La lactosa es, además, un factor determinante de la cantidad de la leche, es decir, se produce tanta leche como la cantidad de lactosa producida permita, sin que varíe significativamente la composición.

Es un glucídico muy estable frente al ataque enzimático, pero, por el contrario, es el más sensible a la acción microbiana (se genera ácido láctico por fermentación).

La lactosa se encuentra disuelta, en la fase acuosa de la leche, en diferentes formas en equilibrio: alfa y beta, y formas anhidras e hidratadas. La forma α es la que se digiere con más facilidad desde el punto de vista nutritivo; sin embargo, la forma más común en la leche comercial es la forma β hidratada. La lactosa es diez veces menos soluble que la glucosa. Cristaliza fácilmente: una solución, a temperatura ambiente, de 50 g de lactosa/100 mL de agua cristaliza. La forma más soluble es la forma «beta».

La lactosa es mucho menos edulcorante que un azúcar ordinario.

Poder edulcorante de diferentes azúcares	
Sacarosa	100
Lactosa	16
Glucosa	75
Fructosa	170
Sacarina	45 000

En la leche, su poder edulcorante está enmascarado por la presencia de caseína. De este modo, el suero resulta mucho más dulce que la leche, mientras que la cuajada no es dulce aunque tenga similar proporción de lactosa.

Lactosa y sueros (ácido láctico). La lactosa es el componente mayoritario de los sueros lácteos (70-75 %). Uno de los fines más ampliamente difundidos de los sueros lácteos es el de excipiente para cualquier especialidad farmacéutica, como ingrediente fundamental en el crecimiento de la flora láctea en agar lactosa, etc.

El ácido láctico presente en la leche fresca es mínimo (0.03 %). Caracteriza la transformación de la leche en derivados, y resulta un buen indicador del grado de frescura de la leche. Puro o cristalizado como sal, su uso es muy apreciado en la industria alimentaria, farmacéutica, textil, etc. Es incoloro e inodoro, y no es volátil.

Vitaminas de la leche

Vitaminas hidrosolubles

Las vitaminas son sustancias orgánicas que, a pesar de estar presentes en cantidades muy pequeñas, desempeñan un papel fundamental en el crecimiento, el mantenimiento y el funcionamiento del cuerpo humano.

Contenido medio por litro de leche de vaca		Valor nutritivo	Necesidades diarias que cubre 1 L de leche (%)	
			Adulto	Niño de 1-3 años
Vitamina B ₁	0.5 mg	Bastante bueno	40-45	100
Vitamina B ₂	2.15 mg	Muy bueno	120	270
Vitamina B ₁₂	3.6 µg	Muy bueno	180	400
Vitamina C	24.0 mg	Mediocre	40	45
Niacina	9.6 mg	Aceptable	50	120
Ácido fólico	60 µg	Mediocre	30	60

Vitaminas liposolubles: A, D, E, K

Se encuentran formando parte de la fracción no saponificable de la grasa de la leche.

Contenido medio por litro de leche de vaca		Valor nutritivo	Necesidades diarias que cubre 1 L de leche (%)	
			Adulto	Niño de 1-3 años
Vitamina A	500-1000 UI invierno	Aceptable	20-30	100-160
Vitamina A	2000-3000 UI verano	Bueno	80-100	400
Vitamina D	15-20 UI	Mediocre	5	25-30
Vitamina K	0,2-1,2 mg	Mediocre	—	—

Fuente: García Jiménez (1995).

Vitamina A: muy variable según la época del año y la alimentación del animal (véase el apartado de carotenoides).

Vitamina D: unas 20 UI/L de leche. Deriva principalmente del 7-dehidrocolesterol.

Vitamina E o / -tocoferol: a pesar de estar presente en cantidades reducidas, preserva la grasa más insaturada de la leche de la oxidación. La leche humana contiene unas 5 a 10 veces más vitamina E que la de vaca.

Vitamina K: aproximadamente 0.2 a 1.2 mg/L; depende de la dieta y la flora del rumen del animal.

Leche descremada: al eliminar la materia grasa se pierden las vitaminas liposolubles, aunque puede suplementarse y enriquecerse con objeto de suplir la carencia de vitaminas.

Leche enriquecida: la leche vitaminada, en concreto, tiene mayor contenido en vitaminas que la leche normal.

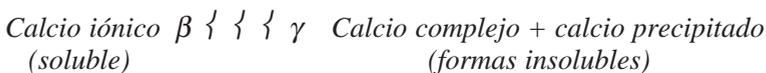
Leche con modificación del contenido graso (con grasa vegetal y sin colesterol): tiene un menor contenido en vitaminas A y E que la leche entera, pero es más rica en vitamina D (Tabla 4-2). Puede ir enriquecida con vitaminas u otros nutrientes; en tal caso, se indicará en el envase según la reglamentación correspondiente para alimentos enriquecidos.

Minerales de la leche natural

Los minerales constituyen una pequeña parte de los componentes de la leche (3-8 g por litro); sin embargo, son de gran importancia, tanto desde el punto de vista tecnológico como desde el punto de vista nutritivo.

Se encuentran en forma de sales solubles (cloruros, principalmente sódico) y como fase coloidal insoluble (fosfatos [33 % del fósforo de la leche está en esta forma]; el resto se encuentra asociado a proteínas y, en menor proporción, formando combinaciones orgánico -fosforadas, como la lecitina, los nucleótidos y un complejo vitamínico con riboflavina).

El sodio y el potasio generalmente se encuentran en forma iónica. El contenido en calcio es bastante constante, el de sodio se eleva al final de la lactación y el de potasio desciende a medida que esta avanza. Las razas de vacas productoras de leche por excelencia, con un elevado contenido proteico, son más ricas en calcio y magnesio. El calcio y el fósforo forman el complejo llamado fosfocaseinato cálcico. El equilibrio en el que se encuentra el calcio y que determina la estabilidad de la leche es:



Los calentamientos y el cuajo, entre otros factores, desplazan el equilibrio hacia la forma soluble (aumenta la inestabilidad de la leche). Sin embargo, un calentamiento fuerte reduce el calcio soluble y, si se intensifica, aumenta la concentración de calcio precipitado. La presencia de cierta proporción de ácido cítrico también reduce la forma soluble.

Oligoelementos. Se encuentran, en cantidades variables: yodo (0.01-0.3 mg/kg de leche), selenio (0.1-2 ppm), cinc (3-6 ppm), hierro (0.2 ppm), cobre (0.03 ppm), manganeso, plomo (0.05 ppm), cadmio y mercurio (cantidades insignificantes, 0.02-0.03 ppm y 0.001-1 ppm, respectivamente).

Elementos biológicos de la leche

La leche siempre posee células y microorganismos.

Células presentes en la leche

- *Células epiteliales*, principalmente por descamación
- *Linfocitos*
- *Otras células menos frecuentes*: mononucleares lipófagos, células granulosas, cuerpos en crecimiento.

El número de células en la leche sana oscila entre 10 000 y 200 000/mL (recuento de células somáticas = **RCT**); es un indicador de la calidad de la leche en las ganaderías.

Si el animal sufre una mastitis, aparecen grandes cantidades de granulocitos y neutrófilos, que junto con los leucocitos, pueden llegar a suponer millones/mL. Un recuento de neutrófilos superior al 20 % indica que el animal tiene mastitis.

Todas las células poseen actividad enzimática (catalasa, peroxidasa, etc).

Los *leucocitos* fagocitan los pequeños glóbulos de grasa y las bacterias presentes en la leche (mantienen la leche estable durante cortos períodos de tiempo). Son frágiles y sensibles a la temperatura. La congelación y el calentamiento hacen que desaparezcan; sin embargo, la pasteurización a baja temperatura y el UHT en tiempo de tratamiento corto (también llamado HTST), seguidos de una homogeneización, permiten que sobreviva hasta un 33 % de la población inicial de los leucocitos.

VALOR NUTRITIVO DE LA LECHE NATURAL

Tradicionalmente, la leche ha sido considerada un alimento completo por poseer grandes cualidades nutritivas: es rica en proteínas, materia grasa, vitaminas y sales minerales. Resulta, de hecho, imprescindible en los primeros meses de vida, en principio como único alimento, y después como alimento principal.

- **Valor plástico:** las proteínas de la leche tienen un alto valor biológico (aunque algo escasas en aminoácidos azufrados). Combinada con cereales (deficitarios en lisina), aportan proteínas de muy alta calidad.
- **Valor energético:** depende de la cantidad de lactosa y materia grasa de la leche.

La *lactosa* promueve la proliferación de bacterias intestinales, favoreciendo la síntesis bacteriana de biotina, B₂, ácido fólico, B₆ y también la fermentación láctica, que aumenta la absorción de calcio en el intestino.

La *grasa* es una importante fuente de energía, y contiene ácidos grasos saturados e insaturados así como también ácido linoleico y vitaminas liposolubles A, D y E.

- **Valor regulador:** es la principal fuente de calcio junto con los derivados lácteos, por lo que su consumo resulta imprescindible en todas las etapas de la vida, especialmente en períodos de crecimiento y desarrollo, períodos fisiológicos concretos (embarazo y lactancia) y en la vejez. Su absorción se ve favorecida por la presencia de vitamina D, lactosa y una adecuada proporción de calcio y fósforo. Medio litro de leche cubre las necesidades de calcio de un niño y del adulto. Además, es rica en vitamina A y D, riboflavina y ácido fólico. Hay que tener en cuenta que las leches descremadas o modificadas lipídicamente, aconsejadas a personas que sufren hiperlipoproteinemias, carecen de ciertas vitaminas, aunque algunas formas comerciales están enriquecidas (comprobar el etiquetado).

COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE OTRAS HEMBRAS MAMÍFERAS

Como ya se ha señalado, en la composición de la leche influyen numerosos factores. La Tabla 4-13 señala las diferencias según la hembra mamífera de que se trate.

1. **Variaciones por la especie.** Se puede clasificar la leche en:
 - *Albuminosa:* el contenido en caseínas es similar al de albúminas más el contenido en globulinas (leche de mujer, leche de yegua y leche de asna).
 - *Caseinosa:* predominan las caseínas (leche de vaca, cabra y oveja).
2. **Variaciones por la raza.** Se clasifica la leche en:
 - *Mantecosa:* grasa > 5.5 % de la composición de la leche (jersey, bretona, normanda).

Tabla 4-13. Composición media de la leche de diferentes hembras mamíferas

Tipo de leche (por 100 g)	Sólidos o extracto seco total (EST)									EST	Agua	
	Grasa		H.C.		Caseína		Albúmina		Ceniza			
Humana	3.74	+	6.37	+	0.80	+	1.21	+	0.30	≡	12.42	87.58
Vaca	3.68	+	4.94	+	2.88	+	0.51	+	0.72	≡	12.73	87.27
Cabra	4.07	+	4.64	+	2.87	+	0.89	+	0.85	≡	13.32	86.68
Oveja	7.90	+	4.17	+	4.17	+	0.98	+	0.93	≡	18.15	80.71
Búfala	7.51	+	4.77	+	4.26	+	0.46	+	0.84	≡	17.84	82.16
Camella	5.38	+	5.39	+	3.49	+	0.38	+	0.74	≡	15.38	87.13
Llama	3.15	+	5.60	+	3.00	+	0.90	+	0.80	≡	13.45	86.55
Burra	2.53	+	6.19	+	0.79	+	1.06	+	0.47	≡	11.04	89.03
Yegua	1.14	+	5.87	+	1.30	+	0.75	+	0.36	≡	9.42	90.58
Reno hembra	22.46	+	2.81	+	8.38	+	3.02	+	0.91	≡	37.58	63.30
Perra	9.26	+	3.11	+	4.15	+	5.57	+	1.49	≡	23.58	77.00

- *No mantecosa*: grasa aproximadamente el 3 % de la composición de la leche (frisona y holstein), y mayor producción de leche por lactación que las anteriores.
3. **Variaciones según el animal.** Selección genética de las principales razas productoras.
 4. **Variaciones por estadio de lactación.** Se relacionan con la composición y la cantidad de leche (el calostro no es leche para el consumo humano). El pico máximo de lactación se produce a los 45 días del nacimiento (máxima producción láctea), y después comienza a decrecer hasta los 10 meses después del parto.
 5. **Variaciones por alimentación:** influye tanto en la composición como en la cantidad de leche producida. Las raciones para el ganado contienen: paja (relacionada con la materia grasa de la leche), alfalfa (fuente de calcio), subproductos agrícolas (cebada, maíz, algodón y soja, que aportan energía y proteínas), pienso concentrado y correctores (oligoelementos, vitaminas, minerales), antiácidos (impiden los descensos bruscos del pH, que podrían causar la muerte del animal) y, a veces, bicarbonato (alarga la digestión, impide el descenso brusco del pH en la panza del animal, alarga la fermentación y mejora el aprovechamiento de los nutrientes). En verano, la alimentación contiene mayor proporción de agua y el volumen de producción de leche aumenta (la cantidad de EST en gramos disminuye frente al aumento del porcentaje de agua).
 6. **Variaciones en función del número de ordeños diarios:** el ordeño favorece la secreción de una nueva cantidad de leche. Normalmente, se realizan dos ordeños diarios, uno cada 12 h. En el ordeño de la mañana el volumen suele ser mayor y la leche menos grasa que en el de la tarde. Tiene importancia el «apurado»: cuanto mayor sea, más se estimula la producción de leche. Para que no se reduzca la producción, la leche retenida ha de ser eliminada mediante dos sistemas: manual o con inyección de oxitocina. Por otro lado, se debe tener en cuenta que existen variaciones, debidas a que hay cuatro cuarterones independientes en el rumiante, en los cuales puede encontrarse leche de diferente composición.

Particularidades de la leche de mujer respecto a la leche de vaca

Diferencias en cuanto a su valor nutritivo

La leche de vaca es mucho más densa en nutrientes (excepto en glúcidos) que la de mujer. Esta característica global hace que, en su forma natural, no sea apta para la alimentación del niño en los primeros meses de la vida.

Proteínas: la leche de mujer tiene la mitad de proteínas que la de vaca; tiene menos caseína y resulta más digerible (no coagula). La relación lactoalbúmina/globulinas es de 1/6 en la de vaca (más ϵ lactoglobulina, se ha relacionado con la aparición de alergias, por la introducción demasiado temprana de la leche de vaca como alimento en los niños de 1 a 3 años), mientras que en la de mujer es de 1/1.

Lactosa: la leche de mujer es más dulce y rica en oligosacáridos (interviene en el desarrollo de la flora intestinal del niño).

Grasa: no existen diferencias cuantitativas, pero sí cualitativas. El 8.5 % de los ácidos grasos totales de la leche humana son poliinsaturados (linoleico, linolénico, ara-

quidónico), mientras que en la de vaca sólo el 2.5 % de los ácidos grasos totales son poliinsaturados (menos de la mitad de linoleico que la leche humana).

Colesterol: la leche de mujer tiene 25 mg de colesterol/100 g frente a los 14 mg/100 g de la de vaca. Esto se traduce en una menor síntesis endógena de colesterol por parte del lactante.

Minerales: la leche de vaca tiene casi triplicados estos valores respecto a la leche de mujer.

Vitaminas: la leche de mujer es rica en vitamina C, según la alimentación, y la de vaca es más rica en vitaminas del grupo B, aunque hay una destrucción parcial de ellas por los tratamientos térmicos a los que se la somete antes de ser admitida para el consumo humano.

Otros componentes diferenciales: la leche de mujer tiene lisozimas y factores de crecimiento que favorecen el desarrollo de *Lactobacillus bifidus* en el intestino del lactante. Además, le transfiere inmunoglobulinas que le proporcionan protección inmunológica.

ALTERACIONES, DEFECTOS Y CONTAMINACIONES DE LA LECHE

La leche puede perder sus propiedades originales por causas muy diversas. Entre ellas figuran las siguientes:

Alteraciones por presencia de sustancias extrañas

Las sustancias pueden llegar a la leche a través del animal: por su alimentación, por tratamiento con medicamentos o de forma accidental.

- La leche adquiere un gusto a forraje cuando la ración se distribuye a las vacas poco antes del ordeño o durante el mismo (se deben dejar pasar 5 h antes del ordeño). Sin embargo, si la vaca se alimenta con ensilado de baja calidad, el mal gusto es constante.
- De modo accidental, pueden llegar a la leche materiales de limpieza y productos químicos, que incluso en cantidades muy pequeñas comunican a la leche su propio gusto. En ciertos casos, la proximidad a sustancias de olor pronunciado transmite a la leche ese olor (esencia, alquitrán, etc).
- Si la leche se conserva en un envase metálico capaz de disolverse en el líquido al estado de sales, aparecen en la leche gustos metálicos, a menudo amargos y astringentes.

a) Contaminación por residuos de antibióticos

El tratamiento de la mastitis con antibióticos, principalmente con penicilina, genera un grave problema, dada la sensibilidad ante este antibiótico por parte de *Streptococcus agalactiae*.

- La leche recién ordeñada tras la dosis de antibiótico puede crear resistencia en el niño de corta edad, lo que entraña una mayor dificultad en el tratamiento de infecciones microbianas posteriores.

- Además, se desequilibra la flora bacteriana de la leche; el antibiótico inhibe los fermentos lácticos, por lo que proliferan otros gérmenes nocivos, tales como los colibacilos. Debido al desarrollo de colibacilos en la elaboración del queso, surgen dificultades debido al mal desuerado de la cuajada y suelen aparecer hinchazones en el queso. Este proceso puede evitarse mediante la adición de otras sustancias a la leche contaminada (penicilasa o fermentos lácticos seleccionados en función de su resistencia a la penicilina, etc.).
- La estreptomycin, la aureomicina y la terramicina tienden a sustituir a la penicilina en ciertos casos, pero producen similares efectos.
- Diversos estudios demuestran que aproximadamente un 4.6% de las leches comerciales controladas están notablemente contaminadas con este tipo de antibióticos (Veisseyre R, 1988).

b) Contaminación por residuos de pesticidas

La contaminación por pesticidas organoclorados, principalmente el hexaclorociclohexano (HCH), suele ser por vía digestiva. Estos productos no son biodegradables y, por tanto, pueden permanecer en las superficies donde se encuentran durante meses o incluso años. Son muy estables y lipófilos, y pueden acumularse en la grasa de la leche, carne y cuerpo humano. Su acción a largo plazo en el organismo se sabe que afecta a las funciones hepáticas y endocrinas.

— Las principales formas de contaminación por esta causa son:

1. *Limpieza inadecuada de establos y locales de almacenamiento.* Se empleaban productos con HCH y diclorodifeniltricloroetano (DDT) como desinfectantes y blanqueantes. Actualmente, su empleo está completamente prohibido.
2. *Presencia de alimentos contaminados en la dieta del animal.* Los vegetales pueden estar contaminados con productos fitosanitarios a base de HCH, epóxido de heptacloro, aldrín, dieldrín y hexaclorobenceno (HCB), que pueden permanecer activos durante mucho tiempo.
3. *Ciertos tratamientos farmacológicos.* El tratamiento de las ectoparasitosis es la principal causa de contaminación, debida fundamentalmente al lindano (HCH).

Límite de tolerancia en residuos de pesticidas, FAO (en relación a la grasa)

HCH total	0.1 ppm
Heptacloro + epóxido de heptacloro	0.125 ppm
Aldrín y dieldrín	0.125 ppm
DDT y derivados	0.5 ppm

c) Contaminación por micotoxinas

Ciertos mohos pueden secretar toxinas nocivas. La cepa *Aspergillus flavus* produce unas toxinas, denominadas *aflatoxinas*, relativamente termoestables y liposolubles. Su presencia es poco frecuente en los alimentos destinados al consumo humano, pero pueden detectarse en alimentos para el ganado, especialmente en tortas de cacahuete procedentes de granos conservados en malas condiciones, y pasar a la leche de vaca

en forma de hidroxiaflatoxinas, que son igual de tóxicas. Pueden causar lesiones hepáticas y degeneración de los órganos genitales. Ciertos autores les atribuyen propiedades cancerígenas. Afortunadamente, su dilución en las leches de gran mezcla es grande, por lo que el consumidor se encuentra protegido contra accidentes graves.

d) *Contaminaciones radiactivas*

Se deben fundamentalmente a la lluvia radiactiva provocada por las explosiones nucleares. Entre las contaminaciones más peligrosas para el hombre figuran las de yodo-131, cuya vida media es corta (8 días), presente en la lluvia inmediatamente después de la explosión, y, sobre todo, el cesio-137 y el estroncio-90, presentes mucho más tiempo tras la explosión y susceptibles de ser esparcidos por la lluvia estratosférica varios meses e incluso años después. Los elementos radiactivos se acumulan en el suelo, y contaminan las aguas y vegetales capaces de asimilar los isótopos. Los animales se pueden contaminar y las sustancias pasar a la leche. El yodo-131 no se acumula, pasa a través de la glándula mamaria y es excretado rápidamente, lo que representa una caída inmediata del grado de contaminación de la leche. El cesio-137 y el estroncio-90 son más peligrosos. Estudios realizados en los últimos años demuestran que los productos lácteos son responsables de casi la mitad de la radiactividad aportada al hombre por los alimentos.

Modificaciones de los elementos normales de la leche

Pueden producirse alteraciones de tipo microbiano, enzimático o fisicoquímico.

a) *Alteraciones de origen microbiano*

- *Acidificación espontánea y coagulación láctica.* La lactosa se transforma en ácido láctico. Generalmente se debe a la presencia de *Streptococcus lactis*, que se desarrolla perfectamente a temperatura ambiente. Si la acidez alcanza los 35 o 40 °D y se somete la leche a ebullición, la caseína flocula (la leche «se corta»). Si la acidez es de entre 60 y 70 °D, el fenómeno se produce a temperatura ambiente. Este proceso también puede ser debido a la presencia de gérmenes tales como bacterias coliformes, enterococos, estafilococos, micrococos, etc.
- *Coagulación con acidez baja.* En este caso, la caseína flocula debido a la presencia de gérmenes que producen sustancias similares al cuajo: *Micrococcus caseolyticus*, *Micrococcus liquefaciens*, *Bacillus subtilis* y *Proteus vulgaris*. Estos gérmenes se desarrollan bien a baja temperatura, por lo que pueden coagular la leche refrigerada.
- *Proteólisis o putrefacción.* Ciertos microorganismos pueden consumir el ácido láctico de la leche ácida o acidificada. Intervienen principalmente los siguientes mohos: *Geotrichum*, *Penicillium* y *Mucor*. Cuando el ácido láctico desaparece, comienza la degradación de sustancias nitrogenadas por parte de bacterias y otros mohos proteolíticos. Los gérmenes productores de sustancias similares al cuajo son también proteolíticos y pueden coagular la leche aunque la acidificación no sea muy importante. Los productos de degradación que aparecen en la leche le dan generalmente un «sabor amargo».
- *Lipólisis o enranciamiento.* Diversos microorganismos hidrolizan los glicéridos de la leche para consumir glicerina. Los ácidos grasos de bajo peso mole-

cular quedan entonces en forma libre (*enranciamiento*), lo que da a la leche un sabor particularmente desagradable. Este fenómeno es más común en los derivados grasos de la leche, tales como la crema y la mantequilla.

- *Modificaciones del color*. Son poco frecuentes. Entre ellas destacan:
 - leche azul: debido al desarrollo en medio ácido de *Pseudomonas cyanogenes*,
 - leche amarilla: efecto causado por *Pseudomonas synxantha*, germen caseolítico productor de sustancias similares al cuajo,
 - leche roja: debida a *Serratia marcescens* o a *Bacillus lactis erythrogenes*. Esta alteración no debe confundirse con la hemorragia mamaria.
- *Aumento de la viscosidad*. Puede ser tan pronunciado que la leche se vuelve filante. Está causado por diversas especies de gérmenes, entre ellos *Micrococcus* y *Bacillus*.
- *Sabores diversos*. La levadura *Torula amara* vuelve la leche amarga. A pesar de ser bastante poco común, otras bacterias pueden producir sabor a nuez, a nabo, a jabón, etc.

b) Alteraciones de origen enzimático

Lipasa. Enzima lipolítica propia de la leche que puede activarse después de una simple refrigeración o como consecuencia de manipulaciones como la agitación y la homogeneización. Las leches con mayor contenido en lipasas proceden generalmente de animales con anomalías en el sistema ovárico y se alteran muy rápidamente (Tabla 4-12).

c) Alteraciones de origen fisicoquímico

Sabor oxidado. Agrupa una serie de defectos que pueden presentarse en la leche entera y más raramente en la desnatada: gusto metálico, gusto oleoso, gusto a sebo, gusto a papel y gusto a cartón. Se debe a la presencia de productos derivados de la degradación de la grasa (peróxidos, aldehídos, cetonas) y también está relacionado con sustancias volátiles poco conocidas, originadas por reacciones que se producen tanto en la leche entera como en la desnatada. Es frecuente que aparezca una sustancia denominada *metional*. Los antioxidantes naturales de la leche (vitamina C, ϵ -caroteno y / -tocoferol) pueden inhibir o frenar la aparición del sabor oxidado. Ciertos factores físicos y químicos favorecen sin embargo este fenómeno: luz, presencia de sales de metales pesados tales como hierro, cinc y, sobre todo, cobre (el más activo incluso en cantidades tan pequeñas como 1-2 mg/L).

Falsificaciones de la leche

La composición original de la leche se modifica, y frecuentemente se ve empobrecida en elementos nutritivos. Existen reglamentaciones específicas que intentan evitar estos fraudes de grave repercusión sobre la salud pública. Las falsificaciones más comunes son el aguado, el desnatado, la adición de conservantes no autorizados y la de leche de otras especies.

DERIVADOS LÁCTEOS

Nata

Es una emulsión de grasa en suero lácteo, como una leche enriquecida en materia grasa (MG). Según este contenido graso, se clasifican en **doble nata**, **nata** (30 % mínimo MG sobre extracto seco total [EST]) y **nata delgada**.

Tipo	MG EST %	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Agua (%)	kcal/100 g
Doble nata	50 mínimo	48	1.6	2.4	48	450
Nata delgada	18 mínimo	18	3	4.1	74	190

Puede obtenerse mediante dos procesos diferentes: reposo o centrifugación. Lo que queda es leche «desnatada».

- Por reposo \equiv **Nata ácida**: se producen fermentaciones, por bacterias lácticas, y lipólisis, por lipasas que reducen el pH. El desarrollo de microorganismos genera compuestos volátiles que le dan un sabor y aroma típicos.
- Por centrifugación \equiv **Nata dulce**: es menos aromática que la ácida; a veces se inoculan microorganismos que generan compuestos que le dan un aroma más pronunciado, similar al de la mantequilla.

La nata puede someterse también a tratamientos de higienización, esterilización, homogeneización e incluso congelarse. Su valor nutritivo viene dado principalmente en función de su contenido graso. Es un alimento hipercalórico, rico en vitaminas liposolubles A y D (Tabla 4-14).

Nata batida o montada: normalmente contiene de un 30 % a un 38 % de MG en peso seco. Por el batido se introduce aire en la grasa y se forma una solución estable.

Mantequilla

Es un producto graso obtenido de la leche mediante procedimientos mecánicos o bien por batido de la nata higienizada. Su consistencia es sólida y homogénea a temperatura ambiente. Tiene un color amarillento y un sabor y aroma típicos.

Composición general de la mantequilla

Agua	\equiv	16 % máximo	Fosfátidos, fosfolípidos...	\equiv	0.2-1 %
Grasa	\equiv	80 % mínimo	Lactosa	\equiv	0.7 %
Proteínas	\equiv	1 %	Sales minerales	\equiv	0.1-0.15 %

La grasa contiene AG de cadena corta (butírico, propiónico), es rica en ácido oleico y en AG de cadena media, tales como el ácido láurico y el ácido mirístico, que dan las características de extensibilidad y untuosidad. Además, tiene un contenido importante de vitaminas A y D.

Si se le añade sal, se debe indicar en el envase que se trata de una **mantequilla salada**.

Cuajada

Producto que resulta de la coagulación enzimática de la leche pasteurizada sin separación del suero. Generalmente se emplea cuajo, una diastasa que procede del estómago de mamíferos rumiantes. Por efecto de esta enzima, la $\hat{\uparrow}$ -caseína se divide en dos compuestos y las proteínas precipitan y forman la *cuajada*. La cuajada es rica en caseína y calcio (Tabla 4-15).

Queso

Producto alimenticio sólido o semisólido que se obtiene separando los componentes sólidos de la leche, la *cuajada*, de los líquidos, el *suero*. Cuanto más suero se extrae, más compacto es el queso. El queso se elabora desde tiempos prehistóricos a partir de la leche de diferentes hembras mamíferas, entre ellas las camellas y los alces hembras. Hoy en día, sin embargo, la mayoría de los quesos son de leche de vaca, a pesar del incremento que ha experimentado en los últimos años la producción de los de cabra y oveja (Tabla 4-14).

Tabla 4-14. Principales quesos españoles

De oveja	De vaca	De cabra
Queso de Aragón	Queso de la Armada	Queso de cabra de Alicante
Queso de Burgos	Queso de Cabrales	Queso fresco de cabra de Cádiz
Queso de Cervera	Queso del Cebrero	Queso camerano
Queso de Gorbea	Queso de Gamonedo	Queso añejo de cabra de la sierra de Huelva
Queso de Grazaema	Queso de vaca de León	Queso de cabra de Málaga
Queso de los montes de San Benito	Queso de Mahón	Queso de cabra de Soria
Queso de Idiazábal	Queso pasiego prensado	Queso de cabra de Valdeteja
Queso manchego	Queso pasiego sin pensar	
Queso prensado de Orduña	Quesucos	
Queso de Oropesa	Queso de San Simón	
Queso de los Pedroches	Queso de tetilla	
Queso de Puzol	Queso de Ulloa	
Queso del Roncal		
Queso de la Serena		
Queso Torta del Casar		
Queso de los Vegos		
Queso de Villalón		

Fuente: Ministerio de Agricultura. 2.ª ed. (1973) Catálogo de quesos españoles. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Secretaría General Técnica, Madrid.

Es un elemento importante en la dieta de casi todas las sociedades, porque es nutritivo, natural, fácil de producir en cualquier entorno y un buen sustituto de la leche en momentos en que ésta no se puede obtener.

Clasificación del queso en función del proceso de elaboración (CAE)

1. *Quesos frescos*: se obtienen mediante fermentación láctica. Por ejemplo, el queso de Burgos.
2. *Afinados; madurados o fermentados*. Se dan otro tipo de fermentaciones además de la láctica.
 - *de pasta blanda*: de corteza lavada, corteza enmohecida, enmohecidos en el interior o de pasta azul (Roquefort, Cabrales, etc),
 - *de pasta prensada*: desaparece mayor cantidad de suero. Los hay de pasta cocida (Emmental, Parmesano), o de pasta no cocida (Manchego, Idiazábal, Roncal, etc).
3. *Quesos fundidos*: aquellos que se han obtenido por malturación, mezcla y fusión de una o más variedades de quesos, con ayuda de tratamientos térmicos. Se permite el uso de determinados emulsionantes.
4. *Quesos procesados*: un adelanto reciente es la fabricación de quesos procesados, producidos a partir de uno o más tipos de quesos naturales, añadiendo emulsionantes, agua, nata y aromas de jamón, frutas, nueces o especias. Se conservan más tiempo que los quesos naturales y su valor nutritivo es casi el mismo. No obstante, se pierde el carácter único del queso original.

Clasificación del queso en función del contenido en materia grasa (CAE)

1. *Doble grasa* γ mínimo 60 % MG sobre sustancia seca.
2. *Extra grasa* γ mínimo 45 % MG sobre sustancia seca.
3. *Graso* γ mínimo 40 % MG sobre sustancia seca.
4. *Semigraso* γ mínimo 25 % MG sobre sustancia seca.
5. *Magro* γ mínimo < 25 % MG sobre sustancia seca.

Existen otras clasificaciones: en función del tipo de leche (*vaca, oveja, cabra, mixtos*), según su contenido acuoso (*blandos*: > 40 % agua, *duros*: < 40 % agua), etc.

Valor nutritivo del queso

- Es esencialmente *plástico y mineral (calcio)*. Su *valor energético* depende de la cantidad de grasa.
- *Proteínas*. Su contenido es muy variable según la tecnología. Siempre duplican al menos la cantidad de proteínas de la leche de la que se parte. Se encuentran en una proporción que oscila entre el 8 % de proteína en quesos frescos, y alrededor del 40 % en quesos de pasta prensada cocidas (Tablas 4-14 y 4-15).
- *Grasa*. Existen dos factores básicos que afectan al contenido de grasas de un queso. En primer lugar, cuanta más grasa se extraiga de la leche antes de elaborar el queso, más bajo será su contenido final en grasas. Así pues, un queso elaborado con leche entera contendrá más grasa que uno elaborado con leche descremada o semidescremada. Algunos quesos, como el queso cremoso, se obtienen añadiendo nata a la leche antes de su elaboración, lo que incrementa su contenido graso. El segundo factor es la cantidad de suero que contiene el

queso. Cuanto más elevado sea su grado de humedad, o contenido en suero, menor será su contenido en grasas; cuanto más duro es el queso, menos suero contiene y, por consiguiente, mayor será su contenido graso.

Según este contenido graso, el queso será más o menos energético y tendrá mayor o menor contenido de *vitaminas A y D*.

- *Minerales y vitaminas hidrosolubles*: el queso es buena fuente de calcio, fósforo, sodio y vitaminas B₁ y B₂.
- *Digestibilidad*: depende del tipo de queso y de su contenido graso. La maduración del queso aumenta el coeficiente de aprovechamiento proteico por hidrólisis parcial de las proteínas. Los quesos de cabra y oveja son más ricos en proteínas y más adecuados para las personas que sufren intolerancia a la lactosa. Son también más fáciles de digerir que los elaborados con leche de vaca.

Compra y almacenamiento del queso

El queso para consumo doméstico debe envolverse en papel parafinado (o a prueba de grasa, si no se puede conseguir éste), debe mantenerse en condiciones normales de refrigeración y guardarse en un recipiente de plástico para impedir que absorba olores de otros productos y que se seque. El papel parafinado permite que el queso respire, mientras que el plástico para envolver hará que el queso sude, lo que puede favorecer el crecimiento de mohos. Es conveniente guardar los quesos azules y los de cabra en recipientes separados para impedir la contaminación cruzada de ambos por mohos y olores. Los quesos blandos deben comprarse lo más cerca posible de la fecha óptima de consumo y utilizarse en el plazo de pocos días, mientras que los quesos curados y azules, que ya han madurado y son más resistentes, pueden conservarse durante días, e incluso semanas, si se envuelven con cuidado.

Requesón

Es el producto que deriva del suero obtenido al coagular la leche para la obtención de quesos, que da como resultado una masa blanca, mantecosa, sin costra y de consistencia blanda y friable. Destaca su riqueza en proteínas séricas o solubles, de elevado valor biológico. Puede ser completo o desnatado, con o sin adición de sal.

Leches fermentadas

Son productos de consistencia semisólida en los que el fenómeno más importante es la transformación de la lactosa de la leche en ácido láctico u otros componentes, debido a la acción de microorganismos específicos que se inoculan en la leche. La formación de ácido láctico produce una acidificación que modifica el estado coloidal en el que se encuentran las proteínas de la leche, formando un coágulo que es el responsable de la consistencia característica final. Además de la transformación de la lactosa, se producen fenómenos de proteólisis y lipólisis por acción microbiana y enzimática, que confieren a los derivados unas determinadas características nutricionales y que también determinan su aroma, sabor y consistencia.

1. **Leches fermentadas acidificadas.** Se produce ácido láctico a partir de lactosa. El ejemplo más claro es el yogur (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*), aunque también comienzan a extenderse en el mercado leches fermentadas procedentes de otros países, tales como, Leber (Egipto), Tarto (Hungría), etcétera. Otro producto de reciente aparición en el mercado es el «BIO», producido bajo la acción de *Lactobacillus acidophilus*, en lugar del género *bulgaricus*, que da lugar a un producto menos aromático pero más cremoso.
2. **Leches fermentadas ácido-alcohólicas.** Los microorganismos inoculados a la leche conducen a la formación de, además de ácido láctico, alcohol etílico y dióxido de carbono (*Kefir* [Caucaso], *Kumis* [Rusia], *Fuli* [Finlandia], etc.)

Valor nutritivo de las leches fermentadas (Tabla 4-16)

- Su *valor energético* es similar al de la leche de origen.
- *Proteína.* Su valor cuantitativo es semejante al de la leche. Son alimentos fundamentalmente plásticos, unos 4 g de proteínas/125 g (unidad comercial), pero cualitativamente las proteínas son de mejor asimilación y digestibilidad.
- *Grasa.* Similar a la leche de origen, pero modificada por la acción de microorganismos que generan compuestos que contribuyen al aroma de estos productos.
- *Hidratos de carbono.* La lactosa se transforma en ácido láctico, que mejora la asimilación del calcio. Hay que tener en cuenta que, en la elaboración de los

Tabla 4-15. Contenido en energía y macronutrientes de algunos derivados lácteos

Lácteos (por 100 g)	Kcal	Proteínas (g)	H. de C. (g)	Grasas (g)	Agua (mL)
<i>LECHE</i>					
Vaca frisona	66	3.2	4.6	3.9	87.8
Oveja	95	5.4	5.1	6.0-8.2	83.0
Cabra	60	3.5	4.4	3.5	88.9
<i>MANTEQUILLA</i>	733	0.5	0.5	81.0	15.7
<i>NATA Y CREMA</i>					
Simple	197	2.6	3.9	19.0	74.0
Batida	380	2.0	3.0	40.0	54.7
Doble	449	1.7	2.6	48.0	47.4
<i>YOGUR</i>					
Yogur	52	5.0	4.6	1.0	85.7
<i>QUESOS</i>					
Queso fresco	121	8.2	3.1	8.0	77.9
Queso cottage	96	13.6	1.4	4.0	78.8
Crema y Philadelphia	313	8.4	—	31.0	58.0
Brie	318	18.9	—	26.9	48.6
Edam	331	25.5	—	25.4	43.8
Blue Stilton	409	22.3	0.1	35.5	38.6
Queso Cheddar	412	25.5	0.08	34.4	37.5
Parmesano	449	38.6	—	32.7	18.4

yogures, se suele añadir lactosa, leche en polvo desnatada, zumo o trozos de frutas, nata, cereales, etc.; por lo tanto, el valor calórico vendrá determinado además por los ingredientes adicionales.

- *Vitaminas y minerales*. Su contenido es similar a la leche de la que se parte para su elaboración.

Helado

Producto que resulta de batir y congelar una mezcla debidamente pasteurizada y homogeneizada de leche, derivados lácteos y otros productos alimenticios (CAE).

Desde el punto de vista nutritivo, se pueden agrupar en:

1. *Helados* que tienen como base **la nata, la leche entera o desnatada y grasa no láctea**.
2. *Helados* que tienen como base **el agua**: polos, sorbetes, granizados....
3. *Postres helados*: comprenden una gran variedad de productos como las tartas, los pasteles helados, etcétera.

Valor nutricional de los helados

El valor nutricional depende de los componentes del helado: cantidad de agua (hasta un 85-90 % en los de agua o sorbetes), leche (entera, desnatada, polvo), mantequilla, nata, grasas vegetales (fundamentalmente grasa de coco), azúcar, jarabe de glucosa, frutos secos, concentrados de zumos, frutas (frescas, almíbar), pralinés, yema de huevo, chocolate, turrón, galletas, bizcochos, etc.

- *Valor energético*: oscila entre 200 y 250 kcal/100 g en los helados que tienen como base la nata o la crema. Las calorías son mucho menores en los de agua (sorbetes), ya que no incluyen grasa en su elaboración.
- *Proteínas*: el contenido proteico depende de la cantidad de leche que se añade en la elaboración del helado; generalmente contienen unos 5 g de proteína/100 g de helado de crema o nata. En los helados de agua, el contenido proteico es prácticamente nulo.
- *Grasa*: suelen contener cantidades superiores al 10 % en peso. Esta grasa puede ser animal o vegetal. En cualquier caso, la grasa utilizada es mayoritariamente saturada. También suelen estar presentes algunos fosfolípidos (lecitinas), mono y diglicéridos de ácidos grasos con función emulgente, pero que contribuyen poco a aumentar el contenido graso. Los helados de agua no contienen grasa.
- *Hidratos de carbono*: constituyen aproximadamente un 25 % en peso (sacarina y glucosa o jarabe de glucosa). Ciertas heladerías elaboran helados especiales para diabéticos con edulcorantes artificiales o fructosa.
- *Vitaminas y minerales*: su contenido depende de la cantidad de leche y huevo, si lleva. Los helados tipo crema son ricos en calcio. Las principales vitaminas son la riboflavina y la vitamina A. Los helados que tienen como base el agua, apenas tienen elementos minerales, y en los de tipo postre helado, dependerá de sus ingredientes (contenido intermedio entre los de crema y de agua).

En general, son productos que aportan un considerable valor calórico y una moderada cantidad de macronutrientes y micronutrientes (excepto los helados de agua).

Tabla 4-16. Composición nutritiva de distintos tipos de leche y derivados lácteos

g-mL	MC ¹	Leche y derivados	Kcal	Prot. g	Grasas g	HC g	Ca mg	vit. B ₁ mg	vit. B ₂ mg	Niacina mg	vit. A µg	vit. D µg	AGS g	AGM g	AGP g	Coolest. mg
		LECHE														
250	1 vaso	Entera	163	8.3	9.3	12.5	303	0.10	0.45	2.0	115	0.08	5.5	2.9	0.3	35
250	1 vaso	Semidesnatada	123	8.8	4.3	12.5	313	0.10	0.38	0.5	45	0.03	2.8	1.4	0.1	23
250	1 vaso	Desnatada	83	8.5	0.3	12.5	325	0.10	0.43	2.0	0	0.00	0.2	0.1	0.0	5
125	1/2 vaso	Concentrada	188	10.3	11.0	12.5	319	0.08	0.51	2.5	120	0.10	6.6	3.5	0.3	43
125	1/2 vaso	Condensada	411	11.0	11.6	70.0	355	0.09	0.50	2.5	155	0.11	6.9	3.7	0.3	43
		BATIDOS														
200	1 unidad	Batido lácteo	194	7.6	9.2	21.8	238	0.08	0.38	1.6	78	0.06	5.5	2.9	0.3	28
200	1 unidad	Vainilla «light»	190	7.5	0.7	41.0	223	0.08	0.40	0.2	28	0.00	0.0	0.0	0.0	7
		DERIVADOS														
125	1 unidad	Cuajada	115	5.6	6.6	8.8	209	0.00	0.24	0.0	55	0.16	Nd	Nd	Nd	Nd
175	7 cuchrs.	Requesón	168	23.8	7.0	2.5	105	0.04	0.33	5.8	72	0.04	4.2	2.2	0.2	23
125	5 lonchas	Queso fresco	218	18.8	13.8	5.0	233	0.03	0.38	1.5	51	0.03	8.2	4.4	0.4	Nd
150		Queso fresco desnatado	105	15.0	2.4	6.2	210	0.00	0.23	0.0	20	0.08	0.0	0.0	0.0	0
125	1 unidad	Yogur natural	103	6.3	1.3	17.5	225	0.06	0.33	1.5	14	0.00	0.8	0.4	0.0	9
125	1 unidad	Yogur enriquecido	76	4.7	4.5	4.6	196	0.73	0.26	1.3	50	0.00	2.9	1.1	0.1	25
125	1 unidad	Yogur desnatado	56	5.6	0.1	8.9	208	0.00	237.50	0.0	1	0.00	0.0	0.0	0.0	0
125	1 unidad	Yg. desnat. + frutas	114	5.4	0.5	23.6	188	0.65	0.24	1.3	13	0.00	0.0	0.0	0.0	0
125	1 unidad	Bio frutas + fibra	125	4.5	3.6	19.9	170	0.00	0.20	0.0	30	0.10	Nd	Nd	Nd	Nd
70	1 unidad	Petit suisse natural	115	5.3	5.9	10.8	77	0.00	0.10	0.0	48	0.14	Nd	Nd	Nd	Nd
70	1 unidad	Petit suisse «light»	86	5.5	2.7	10.8	77	0.00	0.11	0.0	22	0.07	Nd	Nd	Nd	Nd
		QUESOS														
40	2 u.	Queso porción	174	1.2	18.8	0.0	39	0.01	0.06	0.3	198	0.11	11.2	6.0	0.5	38
40	2 u.	Queso porción «light»	54	6.4	2.2	2.2	65	0.01	0.12	0.0	16	0.00	1.2	0.5	0.1	10
40	2 lonchas	Graso manchego	168	12.8	12.8	0.4	480	0.01	0.12	3.3	165	0.11	7.6	4.1	0.4	Nd
40	2 lonchas	Semigraso de bola	140	11.6	10.0	0.8	304	0.01	0.12	2.4	113	0.07	6.0	3.2	0.2	34
40	2 lonchas	Emmental	166	11.2	13.2	0.6	432	0.02	0.14	2.4	66	0.44	7.3	3.9	0.7	40
		OTROS														
125	1 unidad	Arroz con leche	143	3.5	2.1	29.2	119	0.00	0.16	0.0	18	0.06	Nd	Nd	Nd	Nd
125	1 unidad	Natillas-flan huevo	145	4.8	5.3	21.0	175	0.06	0.26	1.3	53	0.00	3.1	1.7	0.1	20
120	1 unidad	Flan de huevo «light»	89	6.8	2.9	9.5	119	0.00	0.14	0.0	29	0.48	Nd	Nd	Nd	Nd
125	1 unidad	Helados	255	5.6	12.6	31.8	188	0.06	0.18	1.3	60	0.00	8.2	3.3	0.3	26

¹ MC = medida casera. Nd = datos no disponibles. A partir de datos de «Tablas de composición de alimentos españoles».

Fuente: Mataix J. 1995. 2.ª ed.

NUEVOS LÁCTEOS

Hoy día resulta difícil determinar los alimentos que se incluyen en este grupo, ya que no hay una definición normalizada. Por ello, nos limitamos al estudio de aquellos productos comercializados por distintas marcas que son de muy reciente aparición. La composición de algunos de estos productos se recoge en la Tabla 4-17

Tabla 4-17. Composición nutritiva de derivados lácteos

Lácteos	1 ración (g o mL)	kcal (n)	Proteína (g)	H. de C. (g)	Grasa T. (g)	AGS (g)	Colest. (mg)
LECHES							
Leche con grasa vegetal (Flora)	1 vaso = 200	118	5.6	8.4	6.4	0.84	0
Leche desnatada con fibra	1 vaso = 200	66	6	9	0.6	0.4	4
YOGURES Y OTROS							
Natural sin azúcar	125 g unidad	75	4	4.75	4	2.5	12.5
Desnatado	125 g unidad	43.7	5	5.12	0.12	0.03	Trazas
Desnatado + aromas	125 g unidad	43.7	5	4.75	1.37	Nd	Nd
Desnatado + frutas	125 g unidad	55	5	6.25	0.12	0.03	Trazas
Bio natural	125 g unidad	86.2	4.37	5.25	4.8	Nd	Nd
Bio desnatado	125 g unidad	60	6.12	6.87	0.5	Nd	Nd
Flan de huevo	110 g unidad	138.6	5.39	23.76	2.53	Nd	Nd
Flan de vainilla	100 g unidad	104	3	19.1	1.8	Nd	Nd
Natillas	140 g unidad	172	4.62	25.7	5.74	Nd	Nd
Cuajada	165 g unidad	153.4	7.92	11	8.74	Nd	Nd
<i>Petit suisse</i> natural	60 g unidad	73.2	4.62	8.28	2.28	Nd	Nd
LC ₁ (Nestlé)	125 g unidad	92.5	6.6	7.25	4.12	Nd	Nd
Actimel líquido (Danone)	100 g unidad	87	3	14	1.7	Nd	Nd
Actimel batido (Danone)	125 g unidad	101.25	5.25	11.65	3.75	Nd	Nd
QUESOS							
Desnatado natural	40 g (2-3 lonchas)	22.4	3.92	6.12	0.04	0.4	Trazas
Mató	40 g (2-3 lonchas)	38.4	5.44	0.56	1.6	0.95	10
Burgos	40 g (2-3 lonchas)	69.6	6	1.6	4.4	2.62	38.8
Lonchas sveltisse	40 g (2 lonchas)	72	8.4	1	3.8	Nd	Nd
Gervais (fundido)	≈ 40 g	106	2.92	1.2	10	Nd	Nd
Queso de barra «light»	40 g (2-3 lonchas)	106	10.56	1.4	6.48	Nd	Nd
Porciones	40 g (2 unidades)	112	7.2	1	8.8	5.22	37.2
Queso de bola	40 g (2-3 lonchas)	127.6	8	0.36	10	5.97	36.8
Manchego	40 g (2-3 lonchas)	150.4	11.6	0.2	11.48	6.84	38
Gruyère	40 g (2-3 lonchas)	156.4	11.6	0.6	12	7.21	40
Roquefort	40 g (2-3 lonchas)	162	9.2	0.8	14	8.79	34.8

Nd = datos no disponibles - Sólo se incluyen las casas comerciales exclusivas de ciertos productos. El resto de lácteos de la tabla son comercializados bajo diferentes marcas y por ello no se indica la casa comercial. Datos extraídos de diferentes casas comerciales y a partir de «Tablas de composición de alimentos españoles». Mataix J., 1995, 2.ª ed.

Leche enriquecida en Ca y vitaminas A y D: mejora el aporte y la asimilación del calcio y tiene mayor cantidad de vitaminas liposolubles que la leche normal.

Leche desnatada con fibra soluble: el aporte neto de fibra no es cuantitativamente significativo (2 g por vaso; 1 vaso = 200 mL), pero cabe destacar la textura de esta leche, que es muy similar a la de una semidescremada o entera, lo que mejora su palatabilidad y tolerancia respecto a otras leches desnatadas.

Leche desnatada enriquecida con Ω 3: resulta un alimento adecuado en dietas de prevención cardiovascular por su aporte en ácido oleico y AG poliinsaturados.

Leche con grasa vegetal y libre de colesterol: adecuada para la prevención y tratamiento de afecciones de tipo cardiovascular e hiperlipoproteinemias.

Leches fermentadas elaboradas con procesos innovadores: «Actimel» de Danone (*Lactobacillus casei imunitass*), LC₁ de Nestlé (*Lactobacillus acidófilus*1), Zap de Yoplait (yogur líquido con aromas y otros ingredientes adicionales), Yakult (*Lactobacillus casei Shirota*), Bio (*Lactobacillus acidófilus*), Mi primer Danone biberón (niños > 5 meses), Mi primer Danone Yoghourt y *petit suisse* (niños > 7 meses) etcétera. Tienen un gran valor nutritivo, según su composición, digestibilidad y propiedades; regeneran la flora intestinal y refuerzan la inmunidad.

Yogur o crema de queso con muesli, cereales, frutas secas: generalmente son más calóricos, en función de los ingredientes adicionales, la leche de la que se parte (desnatada, entera) y la adición o no de azúcares o edulcorantes acalóricos.

Nuevas grasas con mezcla láctea (mantequilla y mayonesa con yogur): disminuye su contenido energético y graso en relación con el producto equivalente normal.

Postres lácteos que no necesitan frío para su conservación: pierden las cualidades que tienen las leches fermentadas, ya que no hay flora ni fermentos activos (destruidos por un proceso térmico de pasteurización). Los hay completos o desnatados, aromatizados, con frutas, etc.

Mousse de yogur con aromas y otros ingredientes adicionales: contienen mayor cantidad de proteínas por la adición de clara de huevo y otros ingredientes (70 g la unidad comercial); es más calórico que un yogur natural. Puede llevar aromas y otras sustancias autorizadas.

Mousse de queso fresco con aromas y otros ingredientes adicionales: los hay con mermelada, frutas, nata, etc. Mayor valor calórico en función de la cantidad de azúcares y grasas adicionales.

Quesos fundidos con aromas y otros ingredientes adicionales (al aroma de salmón, ajo y finas hierbas, sabor a nuez, etc): tienen igual valor nutritivo que los quesos fundidos; suelen llevar nata para enriquecer la mezcla, lo que aumenta considerablemente el contenido graso y también las calorías.

Quesos bajos en grasa y libres de colesterol: se parte de leche modificada lipídicamente (con grasa vegetal y sin colesterol) o de leche desnatada o semidesnatada. Son adecuados para regímenes bajos en grasa y regímenes hipocalóricos.

Helados bajos en calorías y sin azúcar añadido: son apropiados para regímenes de adelgazamiento y para personas diabéticas, ya que suelen llevar fructosa o edulcorantes no nutritivos y su contenido graso es muy bajo.

Postres de leche en polvo de preparación rápida: pastel de queso con sabor a limón, tartas heladas, etc.

ASPECTOS DIETÉTICOS DE LA LECHE Y SUS DERIVADOS

Como ya se ha indicado, la leche y sus derivados son alimentos con excelentes cualidades nutritivas, esenciales para la salud en todas las etapas de la vida.

La composición y el valor nutritivo de la leche, rica en proteínas de alta calidad, calcio, vitaminas liposolubles A y D, y vitaminas del complejo B, la convierten en un alimento especialmente necesario en períodos de crecimiento y desarrollo (infancia y adolescencia), y en situaciones fisiológicas concretas (embarazo y lactancia). Su consumo también contribuye al buen mantenimiento de la masa ósea en el adulto y el anciano.

Son alimentos de fácil consumo y, en su conjunto, de fácil digestión. Por otra parte, son un ingrediente idóneo en muchos platos, guarniciones y salsas que enriquecen nuestra dieta, desde el punto de vista nutritivo y gastronómico.

Los derivados lácteos tienen la ventaja de mejorar las condiciones de absorción del calcio (presencia de vitamina D y lactosa, y adecuada proporción de calcio-fósforo) en relación con otros alimentos que lo contienen, siendo máximo el aprovechamiento y la utilización de este mineral; además, aportan proteínas de alto valor biológico, equiparables a las de los pescados, carnes y huevos en nuestra dieta.

La gran oferta actual de productos lácteos permite sustituir la leche por sus derivados, facilita variar al máximo los productos de consumo dentro de este grupo y proporciona los mismos beneficios nutricionales con mayores ventajas gastronómicas y de aceptación.

Además, personas que en principio no pueden tomar leche o alguno de sus derivados, en función de componentes específicos, disponen ahora de productos especiales, obtenidos de leches que han sufrido diversas modificaciones, para conseguir el máximo valor nutricional del lácteo, adaptándolo a las distintas necesidades (leche y yogur sin lactosa, quesos hiposódicos, etc).

A modo de resumen se recogen los aspectos nutritivos de distintos productos lácteos que, además de los gastronómicos, conviene tener en cuenta para que su selección resulte lo más adecuada en cada caso.

Valor energético: depende del contenido graso y de los ingredientes adicionales (nata, azúcar o edulcorante acalórico, frutas frescas o secas, mermeladas, cereales, muesli).

Contenido graso: pueden estar enriquecidos con nata, completos, semidesnatados, desnatados, con grasa vegetal y sin colesterol, etc. Cuanto mayor sea el contenido graso, mayor será el valor calórico y mayor el contenido en vitaminas liposolubles. El contenido en vitaminas liposolubles A y D es mínimo en los productos semidesnatados y nulo en los desnatados (excepto en los productos enriquecidos, generalmente ricos en minerales y vitaminas).

Contenido en azúcares: pueden llevar azúcar de adición (azúcar de caña) o bien edulcorantes acalóricos. Si llevan mermeladas y frutas secas o frescas, cereales y muesli, aumenta el contenido glucídico y también las calorías. Las frutas también aportan elementos minerales adicionales, y los cereales (con proteínas deficitarias en lisina) incrementan la calidad de las proteínas lácteas (proteínas con escasos aminoácidos azufrados).

La Tabla 4-18 resume las principales características de algunos derivados lácteos.

Tabla 4-18. Aspectos nutritivos de la leche y derivados lácteos

Leche y derivados		Aspectos nutritivos	Observaciones
Leche	<i>Completa (natural)</i>	Esencial para el crecimiento. Aporta proteínas, Cas. y vit. A, B y D.	Materia grasa, a veces mal tolerada.
	<i>Descremada</i>	Rica en proteínas, Ca., libre de grasa y colesterol y de bajo valor calórico.	Carece de vitaminas liposolubles A y D.
	<i>Condensada azucarada</i>	Propiedades similares a las de la leche natural, adicionada en sacarosa y de mayor valor calórico. Larga duración.	Ligero sabor a cocido. Rica en sacarosa y más calórica que la leche natural.
	<i>En polvo, completa</i>	Propiedades iguales a las de la leche natural. Larga conservación.	Una vez abierto el envase, se altera rápidamente.
	<i>En polvo, descremada</i>	Propiedades iguales a las de la leche desnatada. Larga conservación.	Sabor menos agradable que la fresca. No tiene vit. A, D.
<i>Leche de oveja (de bajo consumo)</i>		Puede reemplazar a la leche de vaca.	Más grasa que la de vaca.
<i>Leche de cabra (de bajo consumo)</i>		Puede reemplazar a la leche de vaca.	Más grasa que la de vaca.
<i>Yogur</i>		Promueve la regeneración de la flora intestinal, aumenta las defensas del organismo. Tan rico en calcio como la leche y de mayor digestibilidad.	El consumo abusivo puede causar aceleración del tránsito intestinal.
<i>Yogur de frutas</i>		Aporte extra de sales minerales procedentes de frutas.	Tener en cuenta si lleva adicionada sacarosa.
<i>Kefir</i>		Potencia la inmunidad propia del organismo. Muy digestivo, rico en calcio y proteínas.	Ligeramente laxante.
<i>Leche cuajada</i>		Similar a la leche natural.	
<i>Leche gelificada</i>		Similar a la leche natural.	
Queso	<i>Blanco fresco magro</i>	Rico en proteínas, calcio y vitaminas del grupo B y liposolubles A y D.	Duración limitada. El % de MG varía en función del % de humedad.
	<i>Fresco, tipo «petit suisse» con un 20-40% de MG</i>	Rico en proteínas, calcio y vitaminas del grupo B y liposolubles A y D.	
	<i>Frescos, 60% de MG</i>	Menos rico en proteínas que los anteriores, más rico en MG y más energético, aporta calcio.	
	<i>Semigraso</i>	Rico en proteínas, calcio y vitaminas del grupo B y liposolubles A y D.	
	<i>Fermentado de pasta blanda y desuerado espontáneo (Brie, Camembert, coulommiers)</i>	Rico en proteínas y vitaminas del grupo B y liposolubles A, D. Bastante rico en calcio.	Puede resultar de difícil digestión.
	<i>Fermentado de pasta blanda y desuerado acelerado (Carre de l'Est, Livarot, etc.)</i>	Rico en proteínas, calcio y vitaminas del grupo B y liposolubles A y D.	Fácilmente atacado por mohos y hinchazones, sabor picante y grietas.

Continúa

Tabla 4-18. Aspectos nutritivos de la leche y derivados lácteos (continuación)

Leche y derivados		Aspectos nutritivos	Observaciones
<i>Queso</i>	<i>Fermentado de pasta prensada no cocida (Manchego, Mahón, Holanda, Cantal)</i>	Rico en proteínas, calcio y vitaminas del grupo B y liposolubles A y D.	Alteración γ hinchazones, sabor picante y grietas.
	<i>Fermentado de pasta prensada y cocida (Emmental, Gruyère, Cabrales, Parmesano, etc.)</i>	Rico en proteínas y vitaminas: B, A y D. Son los quesos más ricos en calcio pero también los más grasos y energéticos.	Alteración γ hinchazones, sabor picante y grietas.
	<i>Enmohecido en el interior (Azul, Roquefort, Gorgonzola)</i>	Rico en proteínas, calcio, vitaminas del grupo B y penicilina.	Alteración γ gusto a jabón y olor picante muy fácil de percibir.
	<i>Fundido (crema de Gruyère)</i>	Rico en proteínas y bastante rico en calcio, de fácil masticación, digerible.	Puede alterarse si no se conserva en lugar fresco.
	<i>De cabra</i>	Rico en proteínas y calcio.	Menos rico en calcio que el prensado y cocido y con un contenido en grasa, a veces bastante elevado.

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN ESPAÑA

Los niveles de consumo de lácteos en España muestran importantes variaciones dentro de las distintas comunidades, así como en función de la edad.

El consumo de productos lácteos aumentó considerablemente hasta 1981 (Tabla 4-19), pero en los diez años siguientes experimentó un ligero descenso. En 1987 el consumo de leche alcanzaba los 315 g/pc/día, el de queso 15 g/pc/día y el de yogur 21 g/pc/día; en conjunto, el consumo medio se calculaba en 357 g/pc/día, lo que no alcanzaba en volumen la cifra deseable de dos vasos de leche (\cong 500 mL) que se recomienda consumir diariamente para este grupo de alimentos. En 1991 se observó un menor consu-

Tabla 4-19. Tendencia en el consumo de lácteos (g/pc/día)

	1964	1981	1987	1991
GRUPO				
Leche y derivados	228	381	357	375
Leche de vaca	199	336	315	300
Leche de vaca desnatada	–	–	–	31
Queso	4	12	15	16
Yogur	0.7	16	21	21

Fuente: Moreiras y col. (1990).

mo de leche líquida (300 mL/pc/día) respecto al año 1981 (336 mL/pc/día), descenso en parte compensado por el aumento en la ingestión de otros productos lácteos, queso y yogur fundamentalmente.

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CONSUMO DE PRODUCTOS LÁCTEOS

Existen determinadas afecciones en las que el consumo de productos lácteos está limitado o contraindicado. Citaremos algunas de esas enfermedades y cómo realizar en cada caso el aporte de nutrientes suficiente.

Intolerancia a las proteínas de leche de vaca: se sustituye la leche por fórmulas especiales con proteínas de soja o hidrolizados de proteínas hipoalergénicas.

Intolerancia a la lactosa: se emplea leche especial sin lactosa, yogur sin lactosa, etcétera, y también puede añadirse *lactasa* a la leche y derivados, lo que provoca la hidrólisis de la lactosa, mejorando la tolerancia de esos productos.

Galactosemia: se emplea leche sin lactosa o derivados especiales sin lactosa.

Hiper calciuria idiopática: se aconseja no sobrepasar las siguientes cantidades diarias de leche o sus derivados, para evitar la hiper calciuria y la posible formación de cálculos renales de sales cálcicas: 200 mL de leche, ó 125 mL de leche + 1 yogur, ó 2 yogures, ó 30 g de queso Emmental, ó 40 g de queso Camembert + 1 yogur.

Hipertensión arterial: en función de la severidad de la restricción de sodio, se evitarán todo tipo de quesos excepto los frescos sin sal y el requesón sin sal.

Insuficiencia renal avanzada: puede ser necesario, en hemodiálisis y diálisis peritoneal ambulatoria, restringir el aporte de fósforo, además de las proteínas, y controlar el aporte de calcio. Se limitará la ingestión en función de la restricción proteica. Por ejemplo:

- *Dieta de 20 g de proteínas:* no incluye ningún lácteo (requiere suplementación artificial).
- *Dieta de 40 g de proteínas:* 100 mL de leche + 60 g de queso fresco o requesón al día, o alimentos equivalentes en proteínas para respetar el contenido proteico de la dieta.
- *Dieta de 60 g de proteínas:* suele consumirse similar cantidad de lácteos que en la dieta anterior, pero facilita la variabilidad proteica con otros alimentos.

Hay que tener en cuenta todos los alimentos o suplementos especiales bajos en proteínas que incluye la dieta. Lo que se ha expuesto es tan sólo un ejemplo orientativo.

En relación con los quesos, el que menos fósforo contiene es el queso de nata.

Obesidad: en función de la restricción calórica, se aconseja emplear leche y derivados desnatados o semidesnatados, libres de azúcares o con edulcorantes artificiales acalóricos. La leche desnatada, el yogur, el queso fresco desnatado pueden emplearse en determinadas recetas culinarias en sustitución de la crema de leche, la nata, la mantquilla, etc., con lo que se consigue reducir significativamente las calorías.

Hiperlipoproteinemias y enfermedades cardiovasculares: en función del tipo de hiperlipoproteinemia, las indicaciones son diferentes. La leche natural es rica en grasa

saturada y colesterol, por lo que recientemente ha sido sometida a diversos estudios en relación con la patogenia de las enfermedades cardiovasculares.

Las recomendaciones generales son:

1. *Hipertrigliceridemia*: emplear productos lácteos desnatados y sin azúcares añadidos.
2. *Hipercolesterolemia*: puede emplearse leche con grasa vegetal libre de colesterol, leche desnatada enriquecida en Ω -3, leche desnatada con fibra soluble, etc. Son preferibles los derivados desnatados o semidesnatados, y los quesos magros y bajos en materia grasa o los «light» tipo manchego sin colesterol. Las indicaciones serán más o menos severas en función del peso individual (peso normal, sobrepeso, obesidad) y de la colesterolemia.
3. *Hiperlipemia mixta*: se emplean productos lácteos desnatados y sin azúcares añadidos.

Osteoporosis: el consumo de productos lácteos a lo largo de las diferentes etapas de la vida constituye la principal fuente de calcio para la formación, el crecimiento, el desarrollo y el buen mantenimiento de la masa ósea. Un aporte inadecuado de calcio puede dar lugar a la aparición de osteoporosis, muy difícil de tratar a base de alimentos comunes una vez que se ha establecido la enfermedad. Se deduce, por tanto, que la dieta a lo largo de la vida repercute en la salud y composición corporal del individuo. Las mujeres se ven afectadas con mayor frecuencia por esta patología, sobre todo en el período posmenopáusico.

BIBLIOGRAFÍA

- Belitz H. D., Grosch W. (1988) «Leche y productos lácteos». En *Química de los alimentos*. Ed. Acribia S. A., Zaragoza; 405-31.
- Cervera P., Clapes J., Rigolfas R. (1993) «Grupo de la leche». En *Alimentación y Dietoterapia*. 2.^a Ed. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid; 68-72.
- Cervera Ral P., López Nomdedeu C., Vázquez C., Aguilera Roig S. (1995) *Guías de menús para niños en la edad escolar*. Ed. Instituto Danone, Barcelona.
- Chevallier B., de la Tullaye J. (1995) «Lipides des laits infantiles». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 3, Paris; 189-94.
- Código Alimentario. C.A.E. *Colección textos legales*. (1991) Departamento de Programación Editorial del Boletín Oficial del Estado, Madrid; 89-109.
- Compaire Fernández C. (1969) *Quesos. Tecnología y control de la calidad*. Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Capacitación Agraria, Madrid; 93-111.
- Condon Salcedo R., Mariné Font A., Rafecas Martínez M. (1988) *Yogur: elaboración y valor nutritivo*. Publicaciones de la Fundación Española de Nutrición. Serie «Divulgación» n.º 10, Madrid.
- Driou A., Jeantroux M., Perrin E., Miclo L. (1995) «Les protéines du lait de vache: une nouvelle source de médicaments?» En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 6, Paris; 359-64.
- Enjalbert F. (1996) «Qualité de la matière grasse des produits laitiers». En *Information Diététique* n.º 4, Paris; 25-28.
- García Jiménez J. M. (1995) *La leche y la salud. Manual de la leche y productos lácteos*. Financiado por la Comunidad Económica Europea.
- Guesnet Ph., Alessandri J. M. (1995) «Acides gras polyinsaturés du lait et développement du système central du nouveau-né». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 2, Paris; 109-16.

- Heyman M., Desjeux J. F. (1996) «Rôle de l'épithélium digestif dans le transfert des protéines du lait». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 1, Paris; 19-23.
- Houdebine L. M. (1996) «Expression des gènes des protéines du lait». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 1, Paris; 10-18.
- Hualde Alfaro J. M., Pagola Lorente J., Torre Fernández P. (1989) *Quesos de Navarra*. Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra. «Colección temas de Navarra» n.º 2, Pamplona.
- INE. *Encuesta de presupuestos familiares 1980-81*. Tomo V; 2.ª parte. Madrid: INE, 1985: 1159- 1166.
- Kalm E., Vázquez de Prada M. A., Estéban J. C., Caja G. (1991) *El concepto de calidad de la leche de vaca y oveja en la CEE y en España*. Fundación de estudios lácteos (FESLAC). Publicaciones: «Serie informes» n.º 5, Madrid.
- Langley-Danysz P. (1995) «Acide lactique: une molécule qui monte...» En *Information Diététique n.º1*. Paris; 23-24.
- Marteau Ph., Rambaud J. C. (1994) «Survie et effets de lactobacilles acidophiles et bifidobacteries de produits laitiers fermentés dans le tube digestif de l'homme». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 6, Paris; 336-40.
- Mataix Verdú J., Carazo Marín E. (1995) «Leche y derivados lácteos». En *Nutrición para educadores*. Ed. Díaz de Santos, Madrid; 181-202.
- Ministerio de Agricultura. 2.ª ed. (1973) *Catálogo de quesos españoles*. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Secretaría General Técnica, Madrid.
- Moreau M. C., Nuyts V., Raibaud P. (1994) «Effet de l'ingestion d'un lait fermenté sur la stimulation de l'immunité chez la souris axénique». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 6, Paris; 341-48.
- Moreiras O., Carbajal A., Perea del Pino I. M. (1990) *Evolución de los hábitos alimentarios en España*. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid.
- Pochart Ph. (1994) «Les laits fermentés dans la nutrition des enfants diarrhéiques». En *Cah. Nutr. Diét.* n.º 6, Paris; 349-50.
- Primo Yúfera E. (1997) «La leche y los productos lácteos». En *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis S.A., Madrid; 343-64.
- Serra Majem L., Aranceta Bartrina J., Mataix Verdú J. (1995) *Documento de Consenso*. «Guías Alimentarias para la Población Española». SENC. Ed. SG S.A., Barcelona.
- Veisseyre R. (1988) *Lactología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche*. Ed. Acibia, Zaragoza.

5

GRASAS COMESTIBLES

(Iciar Astiasarán Anchía,
Montserrat Candela Delgado)

INTRODUCCIÓN

Las grasas comestibles son productos alimenticios cuyo componente principal son los lípidos, es decir, moléculas orgánicas insolubles en agua que pueden extraerse con disolventes no polares como cloroformo, éter o benceno. Los términos **grasa** y **lípidos** suelen emplearse indistintamente, aunque pueden tener diferentes connotaciones. El término **grasa** procede del latín *crassus*, que significa «denso, gordo», pero también «grosero, pesado, estúpido». Por su parte, **lípidos** deriva del griego *lipos*, empleado para designar a la grasa comestible y a los santos óleos. Por tanto, aunque en principio grasas y lípidos son términos sinónimos, el primero tiene connotaciones peyorativas mientras que el segundo, tal y como señala el profesor Jean Marie Bourre (especialista en biología del cerebro, director del Inserm del Hospital Fernand-Widal, París), podría restituir una justificada estima a ciertos alimentos indispensables. Este científico señala también que «sin lípidos la vida es sencillamente imposible», «nuestro cuerpo está constituido por millares de células cuya piel es una película de aceite».

Las grasas comestibles están formadas fundamentalmente por triacilglicéridos (una molécula de glicerol esterificada con tres ácidos grasos) y por un pequeño porcentaje, en general menor del 3 %, de otros lípidos saponificables complejos (como fosfoglicéridos) y de lípidos no saponificables (terpenos y esteroides). Las Tablas 5-1 y 5-2 reco-

Tabla 5-1. Lípidos. Clasificación

* Saponificables	Simples	Acilglicéridos Ceras
	Complejos	Fosfoglicéridos Esfolípidos Cerebrósidos Gangliósidos
* No saponificables	Terpenos	Escualeno Carotenos Tocoferoles
	Esteroides	Fitosteroides Colesterol

Tabla 5-2. Funciones de las grasas en el organismo

<p>TRIGLICÉRIDOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aporte energético: 1 g = 9 kcal 2. Función estructural: <ul style="list-style-type: none"> – Protección del esqueleto y otros órganos. – Aislante térmico. 3. Precusores de otros lípidos: <ul style="list-style-type: none"> – Fosfolípidos. – Colesterol. <p>FOSFOLÍPIDOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Función estructural: <ul style="list-style-type: none"> – Membranas celulares (externas e internas). <p>ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Precusores de: <ul style="list-style-type: none"> – Prostaglandinas. – Leucotrienos. – Tromboxanos. <p>COLESTEROL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Función estructural: <ul style="list-style-type: none"> – Membranas celulares. 2. Precursor de: <ul style="list-style-type: none"> – Ácidos biliares – Hormonas esteroideas: glucocorticoides, mineralocorticoides, hormonas suprarrenales, hormonas sexuales (estrógenos, progesterona y andrógenos). <p>LIPOPROTEÍNAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Función transportadora.

gen, de forma esquemática, la clasificación de los lípidos, así como sus principales funciones en el organismo.

Las grasas comestibles constituyen un grupo de alimentos importante, tanto por su amplia presencia en la dieta —aunque en los últimos años la tendencia es a disminuir su consumo (MAPA, 1998)—, como por su valor nutritivo y por las implicaciones sobre la salud derivadas de su composición. Forman parte en la dieta de la llamada «grasa visible», frente a la «grasa invisible» que aportan productos como bollería, quesos y otros.

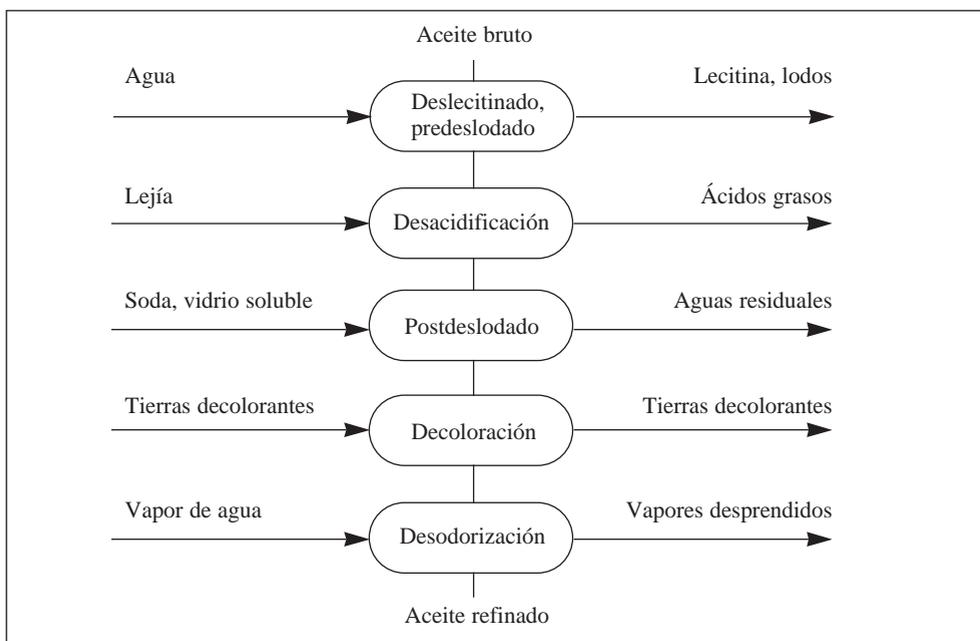
Tradicionalmente, se han utilizado las denominaciones **grasas** y **aceites** para designar, respectivamente, a aquellas grasas comestibles que se encuentran en estado sólido y líquido a temperatura ambiente (20 °C). Hoy día, muchos autores utilizan únicamente el término *grasas* para designar a todos estos productos ya que muchas grasas presentan una consistencia intermedia que hace difícil su clasificación.

REFINADO DE LAS GRASAS

La mayoría de las grasas y aceites se obtienen por prensado, extracción con disolventes o fusión, y no son materia prima adecuada para su consumo directo. Suelen

contener, dependiendo de la materia prima y del método de obtención utilizado, diferentes tipos de sustancias: lípidos polares, especialmente fosfolípidos, ácidos grasos libres, sustancias sápidas y olorosas, ceras, pigmentos (clorofilas, carotenoides y sus productos de degradación), compuestos azufrados, compuestos fenólicos, trazas de metales, contaminantes (pesticidas, hidrocarburos policíclicos) y productos de la auto-oxidación.

Para eliminar todas estas sustancias y hacerlo apto para el consumo hay que someter casi siempre al aceite al proceso de refinado, que se resume en el siguiente esquema:



Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Las primeras etapas del proceso de refinado corresponden a las operaciones de deslecitinado y desengomado. El deslecitinado elimina básicamente los fosfolípidos por tratamiento con agua y calor (90 °C), de forma que la fase acuosa se enriquezca en fosfolípidos y sea posteriormente eliminada por decantación. Con el desgomado se eliminan las proteínas y los hidratos de carbono, finamente repartidos por el aceite, por adición de ácido fosfórico y calentamiento (80-90 °C), provocando su precipitación y posterior filtración mediante la adición de coadyuvantes de la filtración. Esta operación elimina los restos de fosfolípidos de la operación anterior.

La desacidificación o neutralización elimina el exceso de ácidos grasos libres presentes en el aceite bruto y que hacen inviable su consumo. En general, se realiza por extracción de los ácidos grasos con hidróxido sódico mediante la correspondiente formación de jabones. Tras esta etapa, se realiza normalmente un posdeslodado con el que se eliminan las aguas residuales.

El blanqueo o decoloración elimina pigmentos, como clorofilas, carotenoides y productos de autooxidación, así como restos de jabones alcalinos, sustancias mucilaginosas, parte de los compuestos no saponificables y metales pesados, por tratamiento con absorbentes que se separan por filtración.

Por último, se pueden eliminar las sustancias aromáticas no deseadas de los aceites mediante desodorización por destilación en corriente de vapor en vacío.

El refinado se completa en muchas ocasiones con el proceso de **winterizado**, que consiste en someter al aceite a un enfriamiento lento (2-12 °C) eliminando los sólidos que precipitan por filtración. Esta operación evita que aquellos aceites con triglicéridos de alto punto de fusión se enturbien por precipitación de los mismos durante su almacenamiento.

El refinado de las grasas no suele afectar a la composición en ácidos grasos, pero elimina la mayor parte de la fracción no saponificable. De ahí que los aceites refinados pierdan las ventajas nutritivas consecuentes a la presencia de vitaminas liposolubles y sean además menos estables por carecer de antioxidantes naturales (tocoferoles).

GRASAS ANIMALES

Constituyen, en general, una fuente importante de ácidos grasos saturados y de colesterol. Además, algunas de ellas, como la manteca de cerdo, tienen cantidades significativas de ácido oleico, y otras, como las procedentes de animales marinos, poseen elevadas cantidades de ácidos grasos altamente insaturados.

Grasas procedentes de animales terrestres

La principal fuente de grasa es la grasa de depósito y de órganos de animales domésticos, como el cerdo y vacuno: sebo de vacuno, manteca de cerdo y, con menor relevancia, sebo de cordero y manteca de ganso. Su obtención se basa, fundamentalmente, en un proceso de fusión por tratamiento térmico que hace que la grasa de los tejidos se dilate, rompa la pared celular y fluya libremente.

Aunque la composición de los diversos tipos de grasa citados depende de la raza, especie y alimentación, en las Tablas 5-3 y 5-5 aparecen los valores medios de la composición en ácidos grasos de algunas de estas grasas.

La manteca de cerdo es actualmente la grasa animal más empleada. Corresponde al tejido adiposo de la cavidad abdominal y de otras partes del cerdo. Aunque hay diversos tipos (neutra, en rama, fundida), en general es de color blanco, de consistencia variable, desde untuosa a granular, y bastante rica en ácidos grasos monoinsaturados.

A diferencia de las grasas vegetales, que no lo contienen, la presencia de colesterol en las grasas de origen animal se debe a que se trata de un lípido no insaponificable de estructura esteroidea presente en todas las células de origen animal. El contenido en colesterol suele oscilar, generalmente, entre 70 y 100 mg/100 g (Tabla 5-9).

Tabla 5-3. Perfil de ácidos grasos de la manteca de cerdo (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	1.5	C16:1 Palmitoleico	2.4	C18:2 Linoleico	8.2
C16:0 Palmítico	25.4	C18:1 Oleico	38.5	C18:3 Linolénico	0.7
C18:0 Esteárico	14.8			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	40.2	TOTAL	40.9	TOTAL	8.9

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Tabla 5-4. Perfil de ácidos grasos del sebo de vacuno (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	3.0	C16:1 Palmitoleico	3.5	C18:2 Linoleico	4.5
C16:0 Palmítico	26.5	C18:1 Oleico	40.0	C18:3 Linolénico	—
C18:0 Esteárico	19.5			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	48.5	TOTAL	43.5	TOTAL	4.5

Fuente: Moreiras y col. (1992).

Tabla 5-5. Perfil de ácidos grasos de la manteca de ganso (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	0.5	C16:1 Palmitoleico	2.5	C18:2 Linoleico	9.5
C16:0 Palmítico	21	C18:1 Oleico	58.0	C18:3 Linolénico	2.0
C18:0 Esteárico	6.5			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	28.0	TOTAL	43.5	TOTAL	11.5

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Mantequilla

La mantequilla, aunque es un derivado lácteo, se suele incluir en este grupo por tratarse de un alimento eminentemente graso. Es una emulsión \emptyset o (agua en grasa), que se obtiene por inversión de las fases que constituyen el sistema de emulsión de la leche o de la nata, inversión que se realiza mediante un proceso de batido.

La fase acuosa o discontinua suele suponer un 16 %, correspondiendo el resto a la fase continua grasa. El elevado porcentaje de lípidos hace que sea un alimento muy energético (749 kcal/100 g); además, aporta cantidades importantes de vitaminas liposolubles, especialmente vitamina A (828 μ g/100 g). Su contenido en colesterol suele ser del orden de 230 mg /100 g (Tabla 5-9).

Tabla 5-6. Perfil de ácidos grasos de la mantequilla (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	8.9	C16:1 Palmitoleico	2.1	C18:2 Linoleico	1.1
C16:0 Palmítico	20.6	C18:1 Oleico	22.1	C18:3 Linolénico	1.2
C18:0 Esteárico	8.9			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	38.4	TOTAL	24.2	TOTAL	2.3

Fuente: Moreiras y col. (1992).

La Tabla 5-6 muestra el perfil de ácidos grasos de cadena larga. Además posee, aproximadamente, un 10 % de ácidos grasos saturados de cadena corta (C4:0 butírico, C6:0 caproico, C8:0 caprílico y C10:0 cáprico) y un 16 % de ácidos grasos de cadena intermedia (C12:0 láurico, C14:0 mirístico).

Grasas procedentes de animales marinos

Algunos animales marinos, como la ballena, la foca y los pescados azules, se utilizan como fuente de grasa. Estos aceites son ricos en ácidos grasos altamente insaturados (Tablas 5-7 y 5-8) que se autooxidan fácilmente, por lo que no se utilizan directamente como grasas comestibles, sino que requieren un proceso de hidrogenación y refinado previo. Su contenido en colesterol es alto (Tabla 5-9).

Tabla 5-7. Perfil de ácidos grasos del aceite de ballena (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	5.0	C16:1 Palmitoleico	9.0	C18:2 Linoleico	2.0
C16:0 Palmítico	8.0	C18:1 Oleico	29.0	C18:3 Linolénico	0.5
C18:0 Esteárico	2.0	C20:1 Gadolínico	2.0	C18:4 Moróctico	0.4
		C22:1 Erúctico	14.0	C20:4 Araquidónico	0.5
				C20:5 Eicosapentanoico	2,5
				C22:5 Docosapentanoico	1.5
				C22:6 Docosahexanoico	3.0
TOTAL	15.0	TOTAL	74.0	TOTAL	10.4

Fuente: Belitz y Grosh (1997).

Tabla 5-8. Fracciones de ácidos grasos del aceite de hígado de bacalao (g/100 g)

AGS	16.2
AGM	54.4
AGP	24.6

Fuente: Favier y col. (1997).

Tabla 5-9. Contenido en colesterol de algunas grasas de origen animal (g/100 g)

Manteca de cerdo	70
Manteca de ganso	100
Mantequilla	230
Aceite de hígado de bacalao	600

GRASAS VEGETALES

Las grasas vegetales se clasifican, en general, en dos grandes grupos: las obtenidas a partir de frutos y las procedentes de semillas oleaginosas. Todas ellas se caracterizan por la alta proporción de ácidos grasos insaturados frente a los saturados y por la ausencia de colesterol, compuesto que como ya hemos señalado forma parte de la composición de las células animales, pero no de las vegetales.

Grasas y aceites de semillas oleaginosas

Son muchas las plantas de cuyas semillas se pueden obtener grasas y aceites vegetales. Todas las grasas y aceites vegetales obtenidos a partir de semillas oleaginosas han de ser sometidos a refinado completo antes de su utilización. La extracción se realiza con disolventes autorizados tras el debido acondicionamiento de las materias primas, que incluye operaciones de trituración, calentamiento y prensado.

Los aceites y grasas de semillas se clasifican, en función de los ácidos grasos predominantes, de la siguiente manera:

- *Grasas ricas en ácidos láurico y mirístico*: manteca de coco, semillas de palma, grasa de babasu.
- *Grasas ricas en ácidos palmítico y esteárico*: manteca de cacao, manteca de shea, manteca de Borneo.
- *Aceites ricos en ácido palmítico*: aceite de algodón, aceite de germen de cereales, aceite de germen de maíz.
- *Aceites pobres en ácido palmítico y ricos en ácido oleico y linoleico*: girasol, soja, cacahuete, colza, mostaza, sésamo, cártamo, linaza, adormidera y nogal.

Los aceites de semillas oleaginosas cuya utilización está permitida por la legislación vigente en España son los de soja, cacahuete, girasol, algodón, germen de maíz, colza, cártamo y pepita de uva.

Los aceites de semillas, a diferencia del aceite de oliva, son especialmente ricos en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) omega-6 ($\text{C}18:2$). Algunos aceites de semillas, especialmente el de colza, poseen cantidades que pueden llegar a ser significativamente elevadas de ácido erúico ($\text{C}22:1$ $\text{C}22:1$), cuya toxicidad, fundamentalmente para el miocardio, hace necesario que su contenido sea controlado para su utilización.

A continuación se incluye una breve descripción de las características de las grasas y aceites de semillas más conocidos. Su composición en ácidos grasos se recogen en las Tablas 5-10 a 5-17.

Grasas de coco y palma

Se utilizan ampliamente en la elaboración de productos de bollería y pastelería, sometidas, en general, a hidrogenación total o parcial.

Tabla 5-10. Perfil de ácidos grasos de diferentes grasas vegetales (g/100 g)

	Grasas de palma			Manteca de cacao
	Palmera oleosa	Palmera de coco	Palmera de babasu	
C8:0 Caprílico	6	8	4.5	
C10:0 Cáprico	4	6	7	
C12:0 Láurico	47	47	45	
C14:0 Mirístico	16	18	16	
C16:0 Palmítico	8	9	7	25
C18:0 Esteárico	2.5	2.5	4	37
AGS	83.5	90.5	83.5	62
C18:1 Oleico	14	7	14	34
AGM	14	7	14	34
C18:2 Linoleico	2.5	2.5	2.5	3
AGP	2.5	2.5	2.5	3

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Manteca de cacao

Se considera un producto secundario de la fabricación del cacao. Tiene color amarillento y cierto olor a cacao. La utilización de sustitutos de la manteca de cacao se puede descubrir gracias a que este producto presenta una peculiar composición en TG: 1,3-dipalmitato-2-oleína, 1-palmito-3-estearo-e-oleína y 1,3-diostearo-2-oleína, en una proporción de 22:46:31 casi constante.

Aceite de algodón

Su composición en ácidos grasos aparece en la Tabla 5-11. Presenta, en bruto, un color rojo intenso y un olor característico. Contiene un compuesto fenólico tóxico el gopisol, que se elimina con el refinado, y ácido malvánico que se llega a eliminar con

Tabla 5-11. Perfil de ácidos grasos de aceite de algodón (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	1.5	C16:1 Palmitoleico	1.5	C18:2 Linoleico	50.0
C16:0 Palmítico	22.0	C18:1 Oleico	16.0	C18:3 Linolénico	—
C18:0 Esteárico	5.0			C20:4 Araquidónico	—
C20:0 Aráquico	1.0			C20:5 Eicosapentanoico	—
TOTAL	29.5	TOTAL	17.5	TOTAL	55.0

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

la hidrogenación. Posee triglicéridos con punto de fusión alto que hacen que se enturbie, por cristalización de los mismos, a temperaturas inferiores a 8 °C. Para evitarlo se somete a winterizado.

Aceite de germen de maíz

El aceite de maíz se obtiene del germen que se separa en la obtención del almidón. Es necesario proceder al winterizado para eliminar las ceras. Es un aceite apropiado para obtener margarina y se emplea también para mayonesas y ensaladas. Se utiliza principalmente en Estados Unidos por existir una importante producción.

Aceite de girasol

Es el más utilizado de los aceites de semillas en Europa, y en concreto en España. Se emplea tanto en la mesa como en frituras. En los últimos años han aparecido aceites de girasol procedentes de variedades de semillas especialmente ricas en ácido oleico.

Aceite de soja

Además de su riqueza en ácidos oleico y linoleico, contiene cantidades significativas de ácido linolénico. Ocupa actualmente el primer lugar en la producción mundial de aceites vegetales comestibles. Los principales países productores son

Tabla 5-12. Perfil de ácidos grasos del aceite de maíz (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	0.6	C16:1 Palmitoleico	0.3	C18:2 Linoleico	47.7
C16:0 Palmítico	13.4	C18:1 Oleico	28.6	C18:3 Linolénico	1.5
C18:0 Esteárico	2.2			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	16.5	TOTAL	29.3	TOTAL	49.2

Fuente: Moreiras y col. (1992).

Tabla 5-13. Perfil de ácidos grasos de aceite de girasol (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	0.1	C16:1 Palmitoleico	0.1	C18:2 Linoleico	49.7
C16:0 Palmítico	5.5	C18:1 Oleico	31.5	C18:3 Linolénico	0.3
C18:0 Esteárico	6.0			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	13.1	TOTAL	31.8	TOTAL	50.0

Fuente: Moreiras y col. (1992).

Tabla 5-14. Perfil de ácidos grasos de aceite de soja (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	0.2	C16:1 Palmitoleico	0.2	C18:2 Linoleico	49.7
C16:0 Palmítico	9.5	C18:1 Oleico	23.9	C18:3 Linolénico	7.1
C18:0 Esteárico	3.8			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	14.0	TOTAL	24.3	TOTAL	56.8

Fuente: Moreiras y col. (1992).

Estados Unidos, Brasil y China. El aceite de soja refinado tiene color amarillo claro y sabor suave. Contiene pequeñas cantidades de ácidos grasos furánicos ramificados que se oxidan fácilmente a compuestos de aroma intenso (sabor a reversión). Las semillas de soja resultan especialmente interesantes ya que, además del aceite, proporcionan una torta proteica de la que se obtienen los aislados y concentrados de soja.

Aceite de cacahuete

Es, junto con el de maíz, uno de los aceites de mayor importancia económica. Aunque su composición varía en relación con el país donde se produce, es característico su contenido en ácidos aráquico, behénico y lignocérico, cuyos glicéridos cristalizan fácilmente por debajo de 8 °C. Posee una gran estabilidad al calor. Mezclado con cacahuetes tostados y molidos forma la manteca de cacahuete.

Aceite de colza

Al igual que el aceite de soja, aporta cantidades significativas de ácido linolénico. Suele ser rico en ácido erúrico, aunque hay variedades sin este ácido o con muy poco (colza O). Además, presenta pequeñas cantidades de compuestos azufrados volátiles que se eliminan con el refinado.

Tabla 5-15. Composición de ácidos grasos de aceite de cacahuete (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	—	C16:1 Palmitoleico	—	C18:2 Linoleico	35.5
C16:0 Palmítico	10.0	C18:1 Oleico	41.0	C18:3 Linolénico	0.0
C18:0 Esteárico	3.0	C20:1 u. 22:2	1.0	C20:4 Araquidónico	—
C20:0 Aráquico	1.5			C20:5 Eicosapentanoico	—
C22:0 Behénico	3.0			C22:5 Docosapentanoico	—
				C22:6 Docosahexanoico	—
TOTAL	17.5	TOTAL	42.0	TOTAL	35.5

Fuente: Belitz y Grosh (1997).

Tabla 5-16. Perfil de ácidos grasos de aceite de colza (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	—	C16:1 Palmitoleico	—	C18:2 Linoleico	20.0
C16:0 Palmítico	4.0	C18:1 Oleico	63.0	C18:3 Linolénico	9.0
C18:0 Esteárico	1.5	C20:1 u. 22:2	1.0	C20:4 Araquidónico	—
C20:0 Aráquico	0.5	C22:1 Erúxico	0.5	C20:5 Eicosapentanoico	—
C22:0 Behénico	0			C22:5 Docosapentanoico	—
				C22:6 Docosahexanoico	—
TOTAL	6	TOTAL	64.5	TOTAL	29.0

Fuente: Belitz y Grosh (1997).

Tabla 5-17. Composición de ácidos grasos de aceite de sésamo (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	—	C16:1 Palmitoleico	—	C18:2 Linoleico	44.5
C16:0 Palmítico	8.5	C18:1 Oleico	42.0	C18:3 Linolénico	0
C18:0 Esteárico	4.5	C20:1 Gadolínico	0	C20:4 Araquidónico	—
C20:0 Aráquico	0.5	C22:1 Erúxico	0	C20:5 Eicosapentanoico	—
C22:0 Behénico	0			C22:5 Docosapentanoico	—
				C22:6 Docosahexanoico	—
TOTAL	13.5	TOTAL	42.0	TOTAL	44.5

Fuente: Belitz y Grosh (1997).

Aceite de sésamo

Es de color muy claro y se conserva bien, ya que además de altas cantidades de tocoferoles contiene otro antioxidante fenólico que se forma por hidrólisis de la sesamolina.

Aceite de linaza

Su elevado contenido en ácido linolénico lo hace muy susceptible a la autooxidación, que da lugar a productos amargos. Además, la autooxidación conduce a su secado rápido debido a la formación de polímeros, que lo hace idóneo para ser empleado en la fabricación de pinturas, lacas, linóleo, etc.

Grasas de frutos

Se obtienen de frutos dos grasas o aceites: el de oliva y el de palma. De la palma, además del aceite del fruto, puede obtenerse también el aceite de las semillas oleaginosas, que ya se ha mencionado en el apartado anterior.

Aceite de oliva

El aceite de oliva forma parte, junto con el pescado y los vegetales, de la llamada dieta mediterránea, y contribuye de forma significativa a los efectos positivos que sobre la salud se reconoce en la actualidad a dicha dieta.

Su composición en ácidos grasos, sustancialmente diferente al resto de los aceites vegetales, hace que hoy día sea considerado como el más idóneo para la salud. La composición de su grasa es la más parecida a la grasa de la leche materna, que es el alimento por excelencia. Su ácido graso predominante es el ácido oleico, ácido graso monoinsaturado que puede llegar a suponer en algunas variedades hasta un 83 % del total de ácidos grasos. Aporta además cantidades significativas de ácidos grasos esenciales linoleico y linolénico.

A diferencia de los aceites de semillas, puede ser consumido sin haber sido sometido a un proceso de refinado (aceite virgen), aunque a veces éste sea necesario para eliminar componentes que proporcionen características organolépticas indeseables (p. ej., excesiva acidez).

La ventaja del aceite de oliva sin refinar radica en que mantiene intacta su fracción no saponificable (Tabla 5-19). El aceite de oliva virgen aporta, por consiguiente, las vitaminas E, A, D y K, presentes en la fracción lipídica y otros compuestos esteroides como el β -sitosterol. Dentro de los aceites comestibles es, sin duda, el que más vitamina E (tocoferoles) aporta. Esta presencia de antioxidantes naturales (tocoferoles) le proporciona estabilidad frente a la oxidación. A esa estabilidad contribuye también el menor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados en relación con otros aceites vegetales.

Los aspectos sensitivos y culinarios del aceite de oliva son también dignos de mención. El aceite de oliva virgen posee un extraordinario olor y sabor, que lo hacen especialmente idóneo para ser empleado en crudo. Su color, más o menos verde, depende de la concentración de pigmentos clorofílicos, que suelen ser eliminados con el refinado. Durante los procesos de calentamiento resulta menos dañado que el resto de los aceites. El bajo porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados le confiere menor reactividad frente al calor. Al freír, el aceite de oliva forma una capa más fina y consistente alrededor del producto frito, que impide que se absorba más aceite, con el consiguiente menor aporte energético, y que permite retener los jugos del alimento (Varela, 1998).

Tabla 5-18. Perfil ácidos grasos del aceite de oliva (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	—	C16:1 Palmitoleico	0.9	C18:2 Linoleico	10.5
C16:0 Palmítico	11.5	C18:1 Oleico	68.8	C18:3 Linolénico	0.7
C18:0 Esteárico	2.2			C20:4 Araquidónico	—
TOTAL	14.1	TOTAL	69.7	TOTAL	11.2

Fuente: Moreiras y col. (1992).

Tabla 5-19. Fracción insaponificable del aceite de oliva (1.5 % del total)

Compuestos	Cantidad o proporción	Funciones
Terpenos: Escualeno Carótenos	300-700 mg / 100 g 0.5-10 mg /Kg (como €caroteno)	Provitamina A
Clorofilas: (Pigmentos)	0 a 9.7 ppm	Coloración Autooxidación
Tocoferoles: /-Tocoferol €y ¶Tocoferol §Tocoferol	7-30 mg / 100 g B 93 % A 10 % A 10 %	Vitamina E Antioxidantes
Esteroles: Campesterol Estigmasterol €Sitosterol + O5 Avenasterol	80-240 mg/100g 2.0-3.0 % 1.0-2.0 % 95.0-97.0 %	(Porcentaje respecto a la fracción de esteroles) Actividad hipocolesteromiante (?)
Compuestos fenólicos	50-500 mg/Kg (expresado como ácido cafeico)	Antioxidantes Propiedades organolépticas
Alcoholes Cetonas Ésteres Éteres Derivados furánicos, etc.		Aroma

Fuente: Mataix y Martínez de Victoria (1988).

- Tipos de aceites de oliva

Aceite de oliva virgen: aceite obtenido del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por medios físicos, en unas condiciones de temperatura que no produzcan la alteración del aceite, y que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado.

Los aceites de oliva virgen se dividen a su vez en diferentes categorías en función de su grado de acidez:

- *Aceite de oliva virgen extra*: aceite de oliva de características organolépticas idóneas, cuya acidez no supera 1° (g ácido oleico/100 g aceite).
- *Aceite de oliva virgen*: aceite de oliva de características organolépticas idóneas, cuya acidez no supera 2° (g ácido oleico/100 g aceite).
- *Aceite de oliva virgen corriente*: aceite de oliva virgen de buen gusto, cuya acidez no podrá ser superior a 3.3° (g ácido oleico/100 g aceite).
- *Aceite de oliva virgen lampante*: aceite de oliva virgen de gusto defectuoso o cuya acidez sea superior a 3.3°.

Aceite de oliva refinado: aceite de oliva obtenido del aceite de oliva virgen mediante técnicas de refinado que no provoquen modificaciones de la estructura glicéridica inicial.

Aceite de oliva (aceite puro de oliva): aceite constituido por una mezcla de aceite de oliva virgen apto para el consumo en la forma en que se obtiene y de aceite de oliva refinado.

Aceite de orujo: procedente de la pasta del prensado o centrifugado de la aceituna, de la que se extrae su aceite con disolventes. Tiene que ser refinado para ser apto para el consumo humano.

GRASAS HIDROGENADAS

Las grasas hidrogenadas se caracterizan por contener cantidades más o menos importantes de ácidos grasos insaturados con configuración *trans*, cuya presencia en la naturaleza es escasa.

La hidrogenación es un proceso químico que permite reducir el grado de insaturación de las grasas, transformándolas en grasas más saturadas. Las grasas utilizadas como materias primas suelen ser, en general, grasas vegetales a las que se somete a un borboteo de gas hidrógeno en presencia de un catalizador (níquel). Aunque el proceso global se traduce en una disminución del número de dobles enlaces, se producen durante el mismo reacciones de ruptura y formación de dobles enlaces, algunos de los cuales adquieren una configuración *trans*.

La reducción de la insaturación se traduce en un aumento del punto de fusión, con la consiguiente modificación de la consistencia y un aumento de la estabilidad al aumentar la resistencia a la oxidación.

La modificación de la textura que se consigue en las grasas hidrogenadas o parcialmente hidrogenadas permite obtener unas características de plasticidad adecuadas que las hacen idóneas para ser empleadas en la elaboración de galletas, bollería, pan de molde, etc.

Los ácidos grasos insaturados presentes en la naturaleza tienen, normalmente, configuración *cis* en sus dobles enlaces, por lo que en las dietas tradicionales la concentración de ácidos grasos *trans* ha sido muy pequeña. Sin embargo, en los últimos años esta ingestión ha ido creciendo por haber aumentado el consumo de grasas hidrogenadas o parcialmente hidrogenadas (Zapelena y col., 1995; Hernández y Boatella, 1986; Bour, 1985). En los productos alimenticios para lactantes y niños de corta edad, existe un control legislativo respecto al contenido máximo de este tipo de ácidos grasos.

La grasa hidrogenada más conocida es la margarina. Se trata de un producto sustitutivo de la mantequilla con el que se pretende evitar el alto aporte de colesterol y de ácidos grasos saturados que ésta implica. Su valor energético es similar al de la mantequilla y se le añaden vitaminas liposolubles para que su aporte vitamínico sea también similar. En su elaboración se suelen utilizar diversos tipos de grasas y aceites vegetales hidrogenados, que pueden también mezclarse con grasas animales; además, se añaden emulsionantes, proteína láctea y aromatizantes. Las margarinas con bajo contenido graso (menos del 41 % de grasa) se conocen como minarinas. La Tabla 5-20 muestra la composición de la margarina comparada con la de la mantequilla.

En la Tabla 5-21 aparecen los valores medios para el perfil de ácidos grasos, sin incluir los ácidos grasos insaturados con configuración *trans*. En algunos estudios se

Tabla 5-20. Composición comparativa de mantequilla y margarina

g/100 g	Mantequilla	Margarina
Agua	16.4	16.7
Proteínas	0.6	0.3
Lípidos	83	82.8
HC	Tr	0.2
Energía:		
– kcal	749	747
– kJ	3134	3125
Vitamina A (µg)	828	900
Vitamina D (µg)	0.76	0
Vitamina E (mg)	2	8

Fuente: Moreiras y col. (1992).

Tabla 5-21. Perfil de ácidos grasos de la margarina (g/100 g)

AGS		AGM		AGP	
C14:0 Mirístico	1.1	C16:1 Palmitoleico	1.1	C18:2 Linoleico	16.7
C16:0 Palmítico	18.8	C18:1 Oleico	29.2	C18:3 Linolénico	1.6
C18:0 Esteárico	4.1			C20:4 Araquidónico	Tr
TOTAL	26.2	TOTAL	34.4	TOTAL	18.3

Fuente: Moreiras y col. (1992).

adjudica a las margarinas contenidos medios del orden de 16 % de ácidos grasos *trans* (Fernández, 1994; Coll y Gutiérrez, 1989).

La reducción del grado de insaturación no es el único mecanismo para modificar el punto de fusión y la consistencia de una grasa. La **transesterificación** o interesterificación es un proceso por el que se modifica la composición en triglicéridos cambiando la posición de los ácidos grasos que esterifican las moléculas de glicerol. Las grasas así obtenidas presentan propiedades tecnológicas diferentes. Así, en el caso de la manteca de cerdo utilizada en pastelería, se consigue mejorar la calidad de la masa y el volumen de horneado. También el **fraccionamiento** de las grasas permite, mediante separación de triglicéridos de diferente punto de fusión por cristalización fraccionada, obtener grasas de diferente consistencia.

SUSTITUTOS DE LAS GRASAS

La preocupación por los posibles efectos negativos que sobre la salud puede tener una excesiva ingestión de grasa ha llevado a desarrollar productos que, manteniendo propiedades sensoriales similares a las de las grasas comestibles, eliminan o reduzcan los efectos negativos sobre la salud.

Las sustancias que pueden reemplazar a las grasas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Los miméticos, que son los que simulan la textura de la grasa, pero que no la pueden sustituir completamente. No sirven para frituras, debido a su contenido acuoso y su sensibilidad al calor. En general, son productos basados en almidones, celulosa o proteínas.
- Los sustitutos propiamente dichos, que se parecen en gran medida a las grasas desde el punto de vista químico y físico. En este grupo se encuentran los compuestos lipídicos sintéticos.

Se puede realizar también la siguiente clasificación tecnológica:

1. Compuestos no calóricos con propiedades semejantes a las de la grasa.
2. Compuestos no calóricos cuyas estructuras difieren significativamente de las de los triglicéridos.
3. Grasas estructuralmente modificadas que proporcionan menos calorías que las grasas normales.
4. Hidrocoloides o proteínas que enlazan gran cantidad de agua como un gel o crema, proporcionan una sensación similar a la grasa y tan sólo un 10 % de las calorías aportadas por la grasa equivalente.
5. Fórmulas compuestas que retienen grandes cantidades de agua y funcionan de forma similar a los almidones y proteínas.
6. Fórmulas compuestas que contienen grasa mezclada con emulsificantes y otros ingredientes.

Los dos primeros grupos corresponden a sustancias que no aportan calorías. En general, sustituyen bien a las grasas desde el punto de vista sensorial y funcional. Sin embargo, tienen efectos secundarios difíciles de solucionar (goteo anal, pérdida de vitaminas liposolubles). Aunque se sigue investigando sobre ellas, en general no han dado buenos resultados. Pertenecen a estos grupos los poliésteres de sacarosa (SPE), los ésteres de poliglicerol (EPG) y el polysiloxano.

El tercer grupo lo forman grasas modificadas con menor aporte energético que las tradicionales y que, al parecer, pueden constituir una alternativa viable. En este grupo se encuentra la caprenina. La caprenina es una mezcla de triglicéridos esterificados con ácidos grasos de cadena intermedia y larga: carílico (C8), cáprico (C10) y behénico (C22). Aporta 5 kcal/g porque el ácido behénico se absorbe poco. Los dos ácidos de cadena intermedia no aumentan el colesterol plasmático, y proporcionan unas características funcionales similares a las de la manteca de cacao.

Los sustitutos a base de maltodextrinas constituyen un grupo variado de compuestos que aportan menos calorías que las grasas pero cuyo principal inconveniente es su limitada aplicación, ya que sólo funcionan en sistemas con elevados porcentajes de agua. La olestrina es una combinación de dextrinas y maltodextrinas de alto peso molecular, combinadas con poliésteres de sacarosa y triglicéridos. Se forma a partir de un proceso de particulación similar al aplicado en proteínas microparticuladas. Proporciona menos de 3 kcal/g. Su aplicación es amplia, exceptuando la fritura prolongada, que des-

truye las dextrinas. Los sustitutos de naturaleza proteica presentan ventajas e inconvenientes similares; su naturaleza proteica hace que, si se demuestra que son satisfactorios, tengan buena prensa. En este grupo se encuentra **Simplese**, que fue el primer producto patentado en el que se sustituye la grasa con proteínas. Se elabora a partir de proteínas de clara de huevo, leche y/o trigo, cuya calidad nutritiva no se modifica con el procesamiento. El proceso de microparticulación produce una cantidad de micropartículas proteicas de la forma y tamaño necesarios para conseguir una textura similar a la de la grasa cuando se someten además a pasteurización y homogeneización simultáneas. Debido a la hidratación que sufren las proteínas durante el proceso de elaboración, el valor energético final del producto es de 1-2 kcal/g. La FDA calificó a este producto como GRAS y se admitió su empleo para determinadas aplicaciones.

FRITURA

Una de las principales aplicaciones de las grasas comestibles es su utilización para freír alimentos. Durante la fritura se puede producir una absorción del aceite por parte del alimento y un intercambio de compuestos lipídicos entre el alimento y el baño de fritura (aceite). La intensidad de estos fenómenos dependerá de la naturaleza del alimento y del aceite, así como del tipo de tratamiento al que sean sometidos.

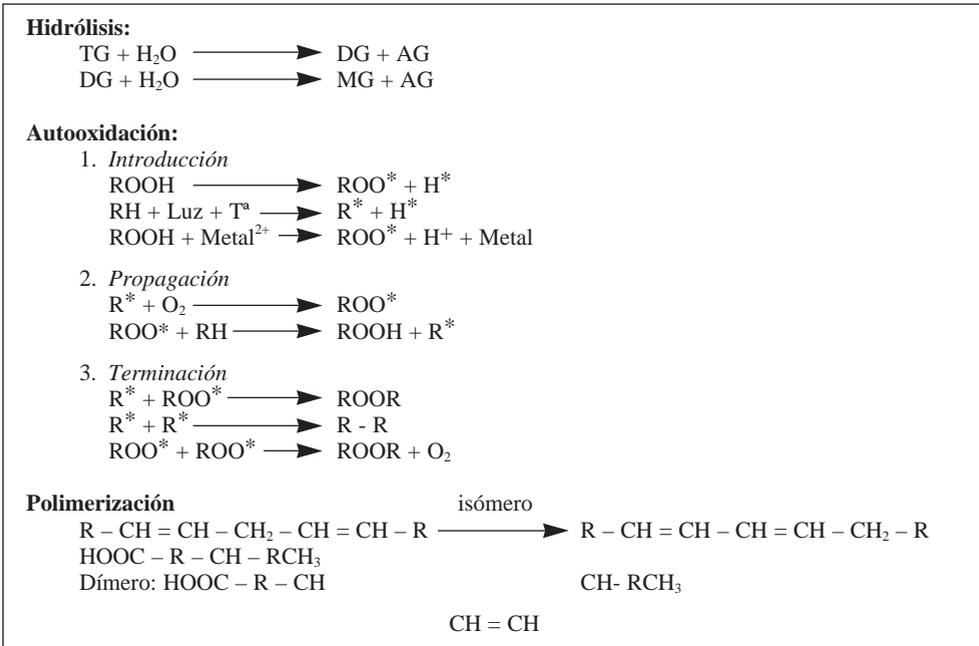
Para evaluar la estabilidad térmica de las grasas de fritura, se determina, además del contenido en ácidos grasos oxidados insolubles en éter de petróleo, el llamado «punto de humo». El «punto de humo» se define como la temperatura a la cual una grasa se descompone con emisión de humo cuando se calienta en presencia del aire. En general, se encuentra en la zona de 200-230 °C, pero va disminuyendo a medida que se forman productos de descomposición.

Puesto que el aceite empleado en la fritura va a pasar, en mayor o menor medida, a formar parte del alimento, resulta de gran interés controlar la posible alteración que puede sufrir como consecuencia del tratamiento térmico aplicado.

Los principales cambios químicos que se observan en los aceites calentados (Monferrer y Villalta, 1993) son:

1. Hidrólisis. Descomposición de los triglicéridos (TG), en contacto con humedad o agua, dando lugar a diglicéridos (DG), monoglicéridos (MG) y ácidos grasos libres. Durante el proceso de fritura, a temperaturas de 180-185 °C, la hidrólisis tiene poca importancia porque la humedad se elimina en forma de vapor. La aparición de ácidos grasos libres provoca una mayor tendencia a la formación de humo. Los ácidos grasos de cadena corta o media (< 16 °C) son más volátiles y algunos pueden producir olores y sabores indeseables, en especial el ácido láurico. Por ello, hay que tener especial cuidado con aceites como los de coco o palma, ricos en este ácido graso.
2. Autooxidación. Las reacciones de oxidación no enzimática se ven favorecidas por las altas temperaturas, además de por otros factores como la presencia de oxígeno, la incidencia de luz y la presencia de sustancias extrañas. Las grasas que han sufrido un proceso de oxidación tienden a oscurecerse, aumentan la viscosidad, incrementan la formación de espuma, y desarrollan gustos y olores anómalos.

ALTERACIÓN DEL ACEITE



Fuente: Monferrer y Villalta (1993).

3. Polimerización. Los radicales libres formados en las reacciones anteriores tienden a combinarse entre ellos o con otros ácidos grasos, y dan lugar a polímeros que forman, en la superficie del aceite y en los laterales de la freidora, una capa muy adherente, difícil de eliminar y de consistencia plástica. Desde el punto de vista nutritivo, los polímeros de alto peso molecular no se pueden digerir. Muchas de estas sustancias están reconocidas como tóxicas o potencialmente cancerígenas.

Para evitar al máximo la alteración de los aceites durante la fritura y, por tanto, la repercusión negativa sobre los aspectos nutritivos y toxicológicos de los alimentos fritos, conviene tener en cuenta las siguientes medidas:

- El alimento debe tener su superficie lo más seca posible, ya que la humedad favorece la hidrólisis y la formación de espuma, con la consiguiente aceleración de la oxidación.
- La superficie de contacto aceite/aire debe de ser la mínima posible, para reducir los procesos oxidativos.
- No deben de existir trazas de metales, que actúan como catalizadores acelerando las reacciones de degradación.
- Conviene filtrar para eliminar los restos de alimentos que disminuyen el punto de humo.
- Se debe emplear la mínima cantidad de aceite posible, para que sea la menor cantidad de aceite la que soporte la alta temperatura.

ALTERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS GRASAS COMESTIBLES

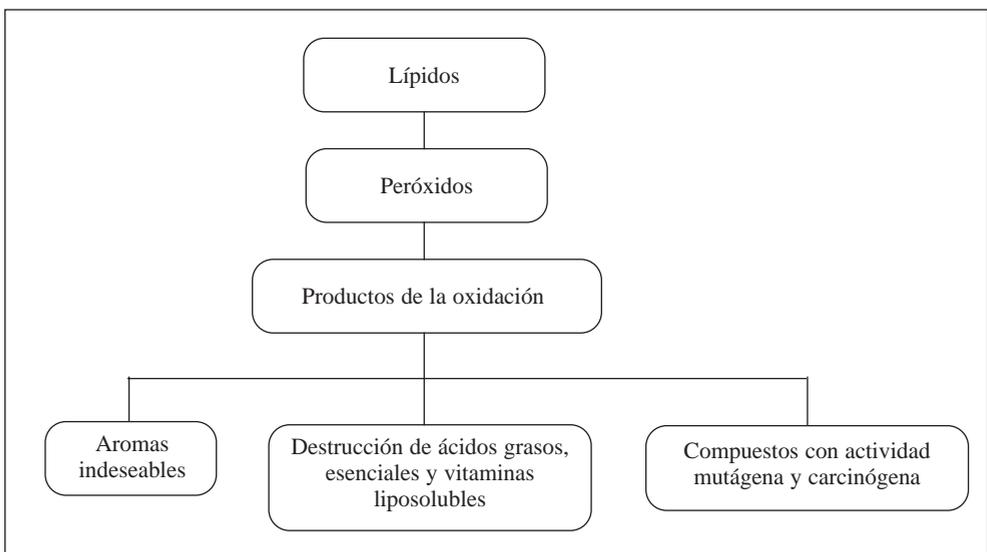
Aunque son varias las posibles reacciones de alteración que pueden afectar a los lípidos, los principales procesos de alteración de aceites son la acidificación y, sobre todo, la autooxidación.

La acidificación se produce por procesos hidrolíticos de naturaleza química o enzimática (lipasas) que conducen a la ruptura de los enlaces éster de los triglicéridos y a la consiguiente liberación de ácidos grasos. Los ácidos grasos libres son los responsables del grado de acidez de las grasas. Una acumulación de ácidos grasos libres, es decir, un excesivo grado de acidez, puede dar lugar a sabores desagradables y, además, favorece los procesos oxidativos.

El refinado de las grasas incluye un proceso de neutralización que elimina el exceso de ácidos grasos libres.

La oxidación afecta fundamentalmente a los ácidos grasos libres. Cuanto mayor sea el número de ácidos grasos con dobles enlaces, menor será el punto de fusión de la grasa y mayor facilidad de alteración de la misma existirá. Se trata de una reacción en cadena que se produce en presencia de oxígeno y que da lugar a compuestos intermedios (peróxidos), que a su vez son muy reactivos y dan lugar a una gran variedad de productos. Esta alteración tiene implicaciones a nivel sensorial, nutritivo e incluso toxicológico. Muchos de estos compuestos son volátiles y proporcionan aromas indeseables. Estos procesos de autooxidación afectan al valor nutritivo de las grasas al destruir ácidos grasos esenciales y otros compuestos lipídicos presentes en ellas, como las vitaminas liposolubles. Además, el enranciamiento puede tener consecuencias toxico-

REPERCUSIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN DE LOS LÍPIDOS



lógicas importantes. Hoy día se relacionan diversos cánceres con los productos de oxidación de diferentes compuestos lipídicos, incluidos los productos de oxidación de colesterol (COP), que se ha visto que pueden ser mutágenos y carcinógenos.

Los principales factores que favorecen la alteración oxidativa son: el aire (por el aporte de oxígeno necesario para la oxidación) y la luz, la temperatura y las trazas de metales, que actúan todos ellos como catalizadores de las reacciones de oxidación.

Por ello, unas buenas condiciones de conservación requieren: ausencia de luz (recipientes opacos o conservados en la oscuridad), evitar el contacto con el aire (evitando espacios de cabeza y procurando cierres herméticos), evitar la cercanía a focos de calor, y evitar el contacto con metales como cobre, hierro, y otros. Los antioxidantes naturales, como los tocoferoles, presentes de forma abundante en los aceites vegetales sin refinar y, dependiendo de la alimentación, en las grasas animales, pueden impedir las reacciones de oxidación. En su defecto, será necesario añadir aditivos antioxidantes para conservarlos (Tocoferoles E306-309, Butilhidroxianisol BHA E320, Butilhidroxitolueno BHT E321, Galatos E310-312).

ASPECTOS NUTRITIVOS Y SALUDABLES DE LAS GRASAS COMESTIBLES

Actualmente, se estima que, en una dieta adecuada, las grasas han de aportar como máximo un 30 % del valor energético, del cual al menos la mitad (15 %) ha de ser aportado en forma de ácidos grasos monoinsaturados, restringiendo, por tanto, el aporte tanto de ácidos grasos saturados (7 %) como de poliinsaturados (8 %).

Gran parte de la grasa ingerida procede de las grasas comestibles; por ello es necesario conocer su composición, así como las implicaciones nutritivas y saludables que se derivan de su ingestión.

La necesidad de la ingestión de compuestos lipídicos para el buen funcionamiento del organismo resulta obvia. Sin embargo, hay que tener en cuenta dos aspectos importantes. En primer lugar, que un exceso de cualquier nutriente o sustancia puede llegar a tener efectos negativos en la salud. En segundo lugar, que tal y como hemos visto, la composición de las diferentes grasas comestibles es diferente y que, por tanto, no todas tienen la misma incidencia sobre la salud.

Las principales afecciones relacionadas con una excesiva ingestión de grasa son la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y algunos procesos tumorales.

La grasa es el nutriente más energético (1g aporta 9 kcal); por ello, cuando existen problemas de exceso de peso, que a su vez puede constituir un factor de riesgo de otras enfermedades, convendrá limitar y controlar el consumo de grasas.

En cuanto a la relación entre las grasas de la dieta y las enfermedades cardiovasculares hay que aclarar, en primer lugar, que se trata de un problema complejo.

La *Food and Nutrition Board* ha señalado que «al desarrollo de muchas enfermedades crónicas y degenerativas contribuyen numerosos factores, uno de los cuales puede ser la dieta». Son varios los factores asociados a la enfermedad: predisposición genética, obesidad, sexo, inactividad, tabaquismo, hipertensión, diabetes, estrés, dieta y probablemente, otros. Se ha podido comprobar que algunas personas consumen dietas ricas en grasa y colesterol manteniendo normales los niveles del mismo, mientras

que otras poseen niveles elevados incluso con ingestiones bajas. Todo esto implica que, efectivamente, la etiología de estas enfermedades pueda ser muy diversa y que, probablemente, exista una amplia variabilidad individual en la asociación entre consumo de grasas y desarrollo de este tipo de enfermedades.

Hechas estas aclaraciones, se puede afirmar que existen datos lo suficientemente claros como para justificar determinadas pautas o recomendaciones sobre la presencia de grasas en la dieta.

Hay que señalar que tiene interés, más que la cantidad total de grasa que se ingiere, la naturaleza de esa grasa. Se sabe que el colesterol, y especialmente los óxidos de colesterol (COP), son los principales compuestos que se encuentran en los depósitos lipídicos que se forman en las paredes de las arterias y que provocan el estrechamiento de las mismas. Estas obstrucciones de las arterias dan lugar a un cuadro de insuficiencia del riego sanguíneo en determinadas zonas del cuerpo que puede originar un trombo, por obstrucción total, y causar, en casos extremos, la muerte del individuo.

El mayor porcentaje del colesterol de los depósitos lipídicos de los ateromas corresponde al LDL-colesterol (colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad), cuyo nivel en sangre está favorecido por una elevada ingestión de ácidos grasos saturados. Los ácidos grasos insaturados contribuyen, por el contrario, a disminuir la concentración de colesterol en sangre y, en concreto, de LDL-colesterol.

El efecto positivo de los ácidos grasos insaturados sobre la reducción del nivel de colesterol hace que los *aceites de semillas oleaginosas*, ricas en ácidos grasos poliinsaturados Ω -6, se consideren más adecuados que las grasas animales en relación con las enfermedades cardiovasculares. Además, estos aceites de semillas aportan cantidades importantes de ácidos grasos esenciales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los ácidos grasos poliinsaturados Ω -6, al metabolizarse, conducen a la formación de compuestos eicosanoides (prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos) que contribuyen a la agregación plaquetaria y, en definitiva, a la formación de trombos. Este efecto negativo hace pensar que no conviene una ingestión excesiva de este tipo de ácidos grasos. Los ácidos grasos poliinsaturados Ω -3 (EPA y DHA) que se encuentran casi de forma exclusiva en la grasa de pescado, contrarrestan esos efectos negativos.

El *aceite de oliva* aporta menos ácidos grasos esenciales que los de semillas, aunque en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades del organismo. Además, aporta una gran cantidad de ácidos grasos monoinsaturados, que tienen las mismas ventajas que los poliinsaturados en relación con su efecto negativo sobre los niveles de colesterol, sin presentar la desventaja de favorecer los trombos. En los últimos años, las dietas ricas en aceite de oliva se han asociado con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y de mortalidad por infarto de miocardio.

En relación con los procesos tumorales, los ácidos grasos poliinsaturados presentan también desventajas frente a los monoinsaturados, ya que son más susceptibles de sufrir procesos oxidativos cuyos productos son, al parecer, responsables iniciales de muchos tumores. El *aceite de oliva* resulta también ventajoso en este sentido por su menor aporte en poliinsaturados.

Además de las citadas ventajas en relación con las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo de procesos tumorales, al *aceite de oliva*, del que España es uno de los

principales productores y que tradicionalmente ha formado parte de nuestra dieta, se le adjudican otras propiedades terapéuticas y dietéticas: mejora de la digestión y la absorción de grasas: activa las secreciones biliares y estimula la lipasa pancreática y sintetasa en las células de la mucosa intestinal; tiene un efecto favorable sobre la calcificación de los huesos; ejerce efectos positivos en enfermos diabéticos al reducir los índices de glicerina y mejorar el perfil lipídico; presenta un efecto hipocolesterolémico (atribuido a su contenido en beta-sitosterol) y posee un efecto protector sobre la piel (atribuido al alto contenido en tocoferoles).

Teniendo en cuenta los efectos positivos de los ácidos grasos monoinsaturados, especialmente del ácido oleico, se está restituyendo, al menos parcialmente, la bondad de las *grasas animales*. Efectivamente, aunque poseen elevados porcentajes de ácidos grasos saturados, presentan también, algunas de ellas, especialmente la manteca de cerdo, altas cantidades de ácido oleico, por lo que su perfil de ácidos grasos no es tan malo como se pensaba. En cuanto al aporte de colesterol por parte de estas grasas, hay estudios que muestran una cierta correlación entre la elevada ingestión de colesterol y unos niveles elevados en sangre; sin embargo, en personas sin problemas en el metabolismo de este compuesto, ese factor no es especialmente problemático.

En cuanto a las *grasas hidrogenadas*, su efecto sobre la salud no se conoce muy bien. Se sabe que el organismo no identifica las estructuras con conformación *trans* en sus dobles enlaces como tales, por lo que los ácidos grasos insaturados que posean dobles enlaces *trans* no tienen los efectos que se adjudican a los ácidos grasos insaturados con dobles enlaces *cis*. Su influencia sobre los niveles de colesterol es similar a la de los ácidos grasos saturados. Por otro lado, se desconoce si además podrían llegar a tener otros efectos indeseables no conocidos hasta ahora.

En cuanto a la incidencia en la salud de los alimentos fritos, dependerá de la naturaleza de la *grasa de fritura* y de las condiciones en que se realice el proceso, ya que todo ello determinará el posible grado de alteración del aceite. Es importante señalar que, como consecuencia de los intercambios entre los componentes lipídicos del aceite y del alimento, el perfil de ácidos grasos de este último puede variar considerablemente respecto al que tenía en crudo. Este hecho debería tenerse en cuenta al establecer la ingestión de los diferentes ácidos grasos a través de alimentos cocinados y, por tanto, también la posible repercusión que sobre las diferentes enfermedades se han señalado.

CRITERIOS DE CALIDAD

La calidad de una grasa comestible se puede determinar y controlar a través de diversos parámetros. La legislación vigente establece, a través de diferentes disposiciones, criterios de calidad que deben satisfacer las grasas y aceites comestibles, incluidos los calentados. Existen, asimismo, métodos oficiales de análisis de aceites y grasas.

Se resumen a continuación los principales parámetros encaminados a establecer la caracterización de las diferentes grasas comestibles, así como su estabilidad (Belitz, 1997):

Parámetros relacionados con la caracterización

Características sensoriales

Se estudia el aspecto (turbidez), en el caso de aceites, el olor, el sabor y el color.

Índices físicos

Medidas de propiedades físicas, como la densidad, la viscosidad, o el índice de refracción y el punto de fusión.

Índices químicos

- *Índice de saponificación*: cantidad de KOH necesaria para hidrolizar 1 g de grasa; da una idea del peso molecular de los ácidos grasos que componen la grasa.*
- *Índice de yodo*: cantidad de yodo fijado por 100 g de grasa; mide el grado de insaturación de la grasa.
- *Índice de hidroxilo*: cantidad de KOH necesaria para neutralizar el ácido acético que se combina por acetilación con 1 g de grasa; refleja los ácidos hidroxigrasos, mono y diacilgliceroles, así como el glicerol libre.

Análisis de ácidos grasos

A través de diversas técnicas analíticas, especialmente por cromatografía gaseosa, se pueden determinar los ácidos grasos que componen una grasa. Esta información permite conocer la composición cualitativa y cuantitativa en ácidos grasos, lo que permite la caracterización o identificación de una grasa.

Análisis de la fracción insaponificable

La determinación por técnicas cromatográficas de compuestos no saponificables característicos de las distintas grasas puede ser utilizada para su identificación.

Existen otras determinaciones que se emplean como criterios de calidad: pruebas de pureza, residuos de jabón, residuos de metales pesados, etc.

Parámetros relacionados con la medida del grado de alteración de las grasas

Acidez

La magnitud de la acidificación provocada por la lipólisis se mide a través del *grado de acidez o índice de acidez*, que se expresa como la cantidad de KOH necesaria para neutralizar 1 g de grasa.

Autooxidación

Hay diversos índices para determinar el grado de oxidación de una grasa:

- *Índice de peróxidos*. Miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en 1 Kg de grasa, calculados a partir del yodo liberado del yoduro potásico. Las sustancias que oxidan el yoduro potásico se supone que son peróxidos u otros productos similares de oxidación de la grasa.
- *Medidas espectrofotométricas a 232 y 270 nm*. Los ácidos grasos con dobles enlaces conjugados absorben en el UV (los dienos en la zona de 230 nm y los trienos en la zona de 270 nm).
- *Índices de anisidina*. Se basan en la medida espectrofotométrica entre el reactivo *p*-anisidina con los aldehídos procedentes de la oxidación de los lípidos.
- *Número TBA*. Se basa en medidas espectrofotométricas tras la formación de un complejo coloreado entre el reactivo ácido 2-tiobarbitúrico y los productos de la oxidación lipídica.

Parámetros relacionados con la estabilidad térmica

Se utilizan para su medida la determinación de ácidos grasos insolubles en éter y el punto de humo.

BIBLIOGRAFÍA

- Altschul, A. M. (Ed.) (1993). *Low-Calorie Foods Handbook*. Ed. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Allen, J. C. y Hamilton, R. J. (Eds.) (1983) *Rancidity in foods*. Ed. Applied Science Publishers, London & New York.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos* (2.^a ed.) Ed. Acirbia, Zaragoza.
- Boatella, J., Condon, R. y Rafecas, M. (1993). *Estrategias para la sustitución de grasas en los alimentos*. Alimentaria, 229, 27-31.
- Bourre, J. M. (1991). *Les bonnes graisses*. Ed. Odile Jacob, París.
- Candela, M., Astiasarán, I. y Bello, J (1996). «Effect of frying on the fatty acid profile of some meat dishes». *J. Food Compos. and Analysis*, 9, 277-282.
- Candela, M., Astiasarán, I. y Bello, J. (1997). «Effects of frying and warmholding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadus morrhua*) and hake (*Merluccius merluccius*)». *Food Chem.*, 58(3), 227-231.
- Candela, M (1997). *Influencia del procesado tecnológico en el valor nutritivo de platos preparados por sistemas de restauración con distribución en caliente*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra.
- Coll, L., y Gutiérrez, M. L. (1989). «Determinación de ácidos grasos trans-insaturados en margarinas y mantequillas». *Anales de Bromatología*, 41, 115-128.
- Fernández, P. M. (1992). «Aceites y grasas vegetales comestibles. Definiciones, disposiciones legales y aspectos nutricionales. Control de calidad y pruebas de pureza (1)». *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 3, 47-55.
- Fernández, P. M. (1994). *Estudio de la fracción lipídica de alimentos consumidos por la población infantil*. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.
- Gurr, M. I. (1984). *Role of fats in food nutrition*. Ed. Elsevier Applied Science Publishers, London & New York.
- Khan, R. (Ed.) (1993). *Low-Calorie Foods and Food Ingredients*. Ed. Blackie Academic & Professional. London.
- Integral (1991). *La gran guía de la composición de los alimentos* (2.^a ed.). Ed. Dúplex, S. A., Barcelona.
- MAPA (1998). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. *La alimentación en España 1998*.
- Mataix, F. J. y Martínez de Victoria, E. (1988). *El aceite de oliva. Bases para el futuro*. Diputación Provincial de Jaén.

- Mataix, J. y Carrazo, E. (1995). *Nutrición para educadores*. Ed. Díaz de Santos, S. A., Madrid.
- Monferrer, A. y Villalta, J. (1993). *La fritura desde un punto de vista práctico I y II*. Alimentación, Equipos y Tecnología, Abril, 87-92.
- Monferrer, A. y Villalta, J. (1993). *La fritura desde un punto de vista práctico I y II*. Alimentación, Equipos y Tecnología, Mayo, 85-92.
- Moreiras, O., Carbajal, A. y Cabrera, M. L. (1992). *La composición de los alimentos*. Ed. Eudema, Madrid.
- Risk, D. C. (Ed.) (1989). *Diet and Health*. Ed. Academic Press. Washington.
- Roberts, H. R. (1996). *Sanidad alimentaria*. pags-79-81. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza.
- Uzzan, A. (1997). «Los cuerpos grasos». En *La alimentación humana*. Ed. Bellaterra, Barcelona, pág. 775-801.
- Varela, G. (1988). «Current facts about the frying of food». En *Frying of food*. Varela, G., Bendez, A. E., Morton, I. D. (eds.) Ed. Ellis Horwood, Chichester, U.K.
- Zapelena, M. J., Aquerreta, Y., Astiasarán, I. y Bello, J. (1995). «Composición en ácidos grasos de productos de bollería elaborados con diferentes tipos de grasas». *Alimentaria*, 261, 99-102.

6

CEREALES Y DERIVADOS

(M.^a Paz de Peña Fariza)

INTRODUCCIÓN. IMPORTANCIA DE LOS CEREALES EN LA ALIMENTACIÓN

Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son el trigo (*Triticum vulgare*), la cebada (*Hordeum vulgare*), el arroz (*Oryza sativa*), el maíz (*Zea mays*), el centeno (*Secale cereale*), el mijo y la avena (*Avena sativa*).

El trigo y el centeno son adecuados para fabricar productos de panadería, especialmente pan, y se denominan cereales panificables. Los demás cereales se utilizan de otras formas, por ejemplo en la elaboración de papillas, productos para el desayuno, etcétera.

Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas (*Poaceae*), y se denominan así por Ceres, la diosa romana de la agricultura (Coenders, 1996). Su cultivo marcó el paso de una forma de vida nómada, en la que el hombre se alimentaba de la caza y de frutas silvestres, a una vida sedentaria, en la que se convierte en agricultor y ganadero.

El trigo se cultivaba en Irak hacia el 6700 a.C. y, al parecer, su cultivo se extendió desde allí hasta el Asia Menor y la zona del Mediterráneo. También se han encontrado huellas de su existencia hacia el año 4000 a.C. en el delta del Danubio y en las llanuras próximas a la desembocadura del Rihn, y se calcula que durante el tercer milenio a.C. ya se cultivaba en toda Europa. Hacia el año 1200 a.C. se cultivaba en el norte de China, donde al parecer sustituyó en parte al mijo.

El trigo, como los demás cereales de los que se ha nutrido el hombre, fue consumido al principio simplemente crudo. Posteriormente, se tostaron los granos sobre piedras calientes de forma que se pudiera separar la cascarilla, que con el calor se volvía quebradiza. Más tarde se empezó a molerlos, y con la harina obtenida se hacían unas papillas o gachas y, más adelante, una especie de galletas o tortas de harina amasada con agua que se cocían sobre piedras calientes. Era pan sin fermentar, que aún en la actualidad se consume en algunas partes del mundo como en India, Pakistán, algunos países árabes, etc.

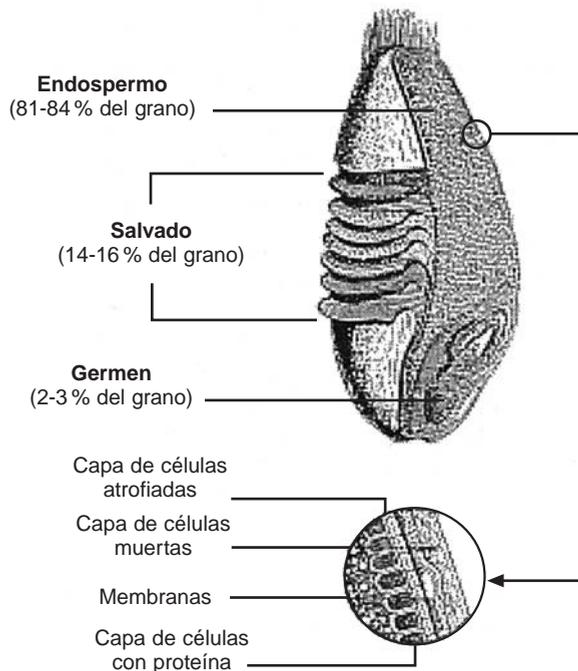
La cebada fue probablemente la primera especie cultivada de forma planificada, y era ya conocida por los sumerios y los asirios hacia el año 5000 a.C. Unos 400 años a.C. el trigo superó a la cebada por su procesamiento y cualidades nutritivas. El arroz y el maíz ya se cultivaban hace 5000 años, el primero en la zona tropical suboriental de Asia y el segundo en Centroamérica y Sudamérica. En las regiones subtropicales y tropicales de Asia y África predominaba el cultivo de una serie de cereales a los que

se da el nombre de mijo. El centeno y la avena se consideraban malas hierbas de plantas cultivadas pero, por sí mismas, se establecieron en las regiones septentrionales con climas desfavorables, ya que su tolerancia a condiciones climatológicas adversas es superior a la del trigo y cebada. El centeno y la avena se cultivan desde unos 1000 años a.C.

En la dieta mediterránea los productos obtenidos a partir de los cereales ocupan un lugar destacado como alimentos básicos del hombre. Sin embargo, en España, durante los últimos decenios, nos hemos desviado de la dieta mediterránea al aproximarnos a la de otros países del centro y norte de Europa, entre otras cosas por un descenso continuado del consumo de pan, arroz y derivados de cereales, lo que origina una carencia de hidratos de carbono asimilables y fibra alimentaria (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1995). Así, se ha pasado de un 18.5% del gasto en los hogares para pan, pastas y cereales, en 1958, a un 8.6% en 1994.

ESTRUCTURA DEL GRANO DE CEREAL

Las gramíneas poseen raíces fuertes y fibrosas de las que emergen tallos relativamente rígidos. En la base del tallo crecen ramas y hojas estrechas. Los cereales destacan entre las demás gramíneas por la formación de frutos relativamente grandes que se llaman cariósides, cuyas cubiertas están soldadas a las semillas. En la cebada, la



Fuente: Varela y col. (1991).

Figura 6-1. Estructura del grano de trigo.

avena y el arroz, las glumas están unidas al fruto, mientras que las que poseen el trigo y el centeno se separan en el proceso de la trilla. Hay cereales de invierno que se siembran en otoño y cereales de verano que se siembran en primavera.

En un corte transversal de un grano de cereal se pueden observar tres partes claramente diferenciadas (Figura 6-1):

1. **Las cubiertas externas**, de carácter fibroso e indigeribles, se conocen habitualmente con el nombre de salvado y están formadas por varias capas que constituyen el pericarpio y la testa. En el arroz y la avena se encuentra otra capa más externa, denominada **cascarilla**.
2. **El endospermo**, o núcleo central del grano, está constituido, desde el punto de vista botánico, por el endospermo amiláceo (70-80 % del grano) y la capa de aleurona que le rodea y que, excepto en la cebada, es una monocapa.
3. **El germen del grano (o embrión)** se localiza cerca de la base del grano y se une al endospermo a través del escutelo.

COMPOSICIÓN. ASPECTOS NUTRITIVOS

La composición química de los cereales es, en general, bastante homogénea según se puede observar en la Tabla 6-1. El componente más abundante en los cereales es el **almidón** y, de hecho, junto con las legumbres y las patatas, son importantes fuentes de este polisacárido. Sin embargo, su contenido difiere de unos cereales a otros, encontrándose en menor cantidad en la avena, la cebada y el centeno, en los que aumenta el contenido en otros hidratos de carbono, especialmente polisacáridos no amiláceos. Los **lípidos** se encuentran en baja cantidad, alrededor del 2-3 %, aumentando en la avena, cuyo contenido es aproximadamente del 5.7 %. En cuanto al contenido en **agua**, hay que tener en cuenta que nunca puede superar el 14 % ya que, en ese caso, el grano se enmohece; por ello el almacenamiento se debe realizar en un lugar bien seco. Por otro lado, el contenido en **vitaminas** y especialmente en las del **grupo B**, que son las más abundantes, difiere entre unos cereales y otros (Tabla 6-2).

Tabla 6-1. Composición química de los cereales

(% peso)	Trigo	Centeno	Maíz	Cebada	Avena	Arroz	Mijo
Agua	13.2	13.7	12.5	11.7	13.0	13.1	12.1
Proteína	11.7	11.6	9.2	10.6	12.6	7.4	10.6
Lípidos	2.2	1.7	3.8	2.1	5.7	2.4 ^a	4.1
Almidón	59.2	52.4	62.6	52.2	40.1	70.4	64.4
Otros hidratos de carbono	10.1	16.6	8.4	19.6	22.8	5.0	6.3
Fibra bruta	2.0	2.1	2.2	1.6	1.6	0.7	1.1
Minerales	1.5	1.9	1.3	2.3	2.9	1.2	1.6

^a Arroz pulido: 0.8 %.

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Tabla 6-2. Contenido en algunas vitaminas de los cereales

(mg/Kg)	Trigo	Centeno	Maíz	Cebada	Avena	Arroz	Mijo
Tiamina	5.5	4.4	4.6	5.7	7.0	3.4	4.6
Niacina	63.6	15.0	26.6	64.5	17.8	54.1	48.4
Riboflavina	1.3	1.8	1.3	2.2	1.8	0.6	1.5
Ácido pantoténico	13.6	7.7	5.9	7.3	14.5	7.0	12.5

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

En el grano de cereal estos constituyentes están distribuidos de forma desigual. Así, el almidón se encuentra principalmente en el endospermo amiláceo, al que da nombre, mientras que la capa de aleurona es rica en proteínas y contiene también grasa y vitaminas; por tanto, el contenido en proteínas, vitaminas y minerales en el endospermo disminuye de fuera a dentro. El salvado, que comprende además de las cubiertas del grano la mayor parte de la capa de aleurona, contiene cantidades importantes de minerales y vitaminas del grupo B. El germen es rico en enzimas, lípidos y vitaminas del grupo B. De esta forma, la molienda del trigo con la separación del germen y el salvado supone pérdidas importantes de minerales y vitaminas del grupo B (Tabla 6-3).

Uno de los componentes más característicos del trigo y del centeno, por lo que son considerados cereales panificables, es el **gluten**, que forma al añadir agua a la harina una masa viscoelástica cohesiva que se puede amasar. Tales propiedades reológicas confieren a la masa la capacidad de retener gas durante la fermentación y dan un producto (**el pan**) que, después de horneado, es poroso y esponjoso con una corteza crujiente y aromática. El gluten está formado por proteínas en un 90 %, además de lípidos (8 %) y de hidratos de carbono (2 %). Estos últimos son principalmente pentosanos solubles e insolubles que fijan una cantidad considerable del agua. Los lípidos se asocian con determinadas proteínas del gluten formando lipoproteínas. El centeno contiene un menor contenido de gluten que el trigo, por lo que en muchas ocasiones se le añade harina de trigo para favorecer su panificación.

Tabla 6-3. Reparto de minerales y vitaminas (%) en las fracciones del grano de trigo

Fraciones	Minerales	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Fosfato de piridoxal	Ácido pantoténico
Cubiertas	7	1	5	4	12	9
Germen	12	64	26	2	21	7
Capa de aleurona	61	32	37	82	61	41
Endospermo amiláceo	20	3	32	12	6	43

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Proteínas

Según su solubilidad, se distinguen en los cereales cuatro fracciones proteicas. A partir de la harina se extraen sucesivamente las **albúminas** con agua, las **globulinas** con una disolución salina, y las **prolaminas** con etanol acuoso al 70 %, quedando las **glutelinas** en el residuo de la harina. Estas fracciones proteicas han recibido diversos nombres según el cereal del que proceden (Tabla 6-4).

Las albúminas y las globulinas derivan de los residuos citoplasmáticos y de otras fracciones subcelulares del grano; estas dos fracciones contienen también enzimas, mientras que las prolaminas y glutelinas son proteínas de reserva. En el trigo, la gliadina y glutenina (ambas insolubles) forman el gluten, estando las globulinas y las albúminas (hidrosolubles) en una proporción del 10-25 % del total de proteínas.

Según el tipo de cereal varía la cantidad de proteína de cada fracción. El trigo es el que contiene la mayor cantidad de prolamina, seguido de cerca sólo por el maíz. En el centeno la fracción más abundante es la albúmina, que está en cantidad comparable a la de la avena por el elevado contenido proteico de este cereal, y que, sin embargo, es la minoritaria en el maíz. En cuanto al contenido en glutelinas, la avena y el arroz se encuentran por delante del trigo, siendo mucho menor en el centeno, el mijo y el maíz.

En el **trigo**, la proporción entre prolaminas y glutelinas es 2:3, aproximadamente. Ambas fracciones, en su forma hidratada, tienen efectos diferentes sobre las características reológicas de la masa: las prolaminas son responsables sobre todo de la viscosidad, mientras que las glutelinas lo son de la elasticidad de la masa panaria. Esto se debe a que las prolaminas (gliadinas \emptyset , \int y \mathfrak{J}) son proteínas monoméricas, mientras que las gluteninas se encuentran en su mayor parte en forma agregada o polimerizada con interacciones hidrófobas, puentes de hidrógeno, enlaces iónicos y también puentes disulfuro intermoleculares. En el gluten nativo, la glutenina formada por polimerización mediante puentes disulfuro de subunidades de alto y de bajo peso molecular, formaría un esqueleto insoluble, aunque susceptible de sufrir imbibición. La firmeza de este esqueleto dependería del tipo de subunidades implicadas y del grado de polimerización. La gliadina quedaría atrapada en el esqueleto de la glutenina produciendo el ablandamiento del sistema.

En cuanto al **valor nutritivo**, las proteínas de las diferentes harinas de cereales varían en su composición aminoacídica, pero el contenido en **lisina** de todos ellos es bajo y también el de **metionina**, especialmente en el trigo, el centeno, la cebada, la avena y el maíz, comparados con las proteínas de la carne, los huevos y la leche.

Tabla 6-4. Nombre de las proteínas de los distintos cereales

Fracción	Trigo	Centeno	Maíz	Cebada	Avena	Arroz	Mijo
Albúmina	Leucosina						
Globulina	Edestina		Avenalina				
Prolamina	Gliadina	Secalina	Gliadina	Hordeína	Zeína	Orizina	Kafirina
Glutelina	Glutenina	Secalinina	Avenina	Hordeinina	Zeanina	Orizenina	

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Algunas proteínas de los cereales tienen carácter enzimático y pueden desempeñar un papel importante en el procesamiento de los cereales. Algunas de ellas son:

- *Amilasas*. Pueden ser α y β amilasas, que están presentes en todos los cereales. Las amilasas del trigo y del centeno tienen un interés especial porque el esponjamiento de la masa por acción de las levaduras requiere que la actividad de ambas sea óptima. La actividad de la α -amilasa aumenta durante la germinación, por lo que si se favorece una germinación prematura por unas condiciones de recolección adversas (humedades y temperaturas altas) el almidón podría estar demasiado degradado en la panificación.
- *Proteinasas*. En el trigo, el centeno y la cebada existen proteinasas ácidas con un pH óptimo de 4-5 que se caracterizan por su especificidad de sustrato. Las proteinasas del trigo participan en el ablandamiento del gluten por hidrólisis de los enlaces peptídicos durante la fabricación de pan.
- *Lipasas*. Estas enzimas existen en todos los cereales en concentraciones diversas; así, la avena contiene niveles significativos de lipasa, muy activa una vez que se tritura o aplasta el grano.
- *Fitasas*. La presencia de fitasas en los cereales tiene un efecto positivo ya que hidroliza el ácido fítico, sustancia antinutritiva que inhibe la absorción intestinal de los iones calcio y hierro por formación de sales insolubles muy difíciles de absorber.
- *Lipooxigenasas*. Los cereales contienen lipooxigenasas que, con excepción de las enzimas del centeno, forman 9-hidroperóxidos preferentemente a partir de ácido linoleico. En el trigo la enzima es de tipo I, por lo que puede oxidar los carotenoides lentamente ocasionando la pérdida del color amarillo de las pastas alimenticias; por esta razón, la lipooxigenasa se debe inactivar por calor. La avena contiene una lipooxigenasa con actividad lipoperoxidasa que reduce los hidroperóxidos formados inicialmente por la oxidación, favoreciendo la formación de compuestos amargos.
- *Peroxidasa, catalasa*. Ambas enzimas se encuentran ampliamente distribuidas en los cereales. Aceleran la oxidación no enzimática del ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico, lo que deberá tenerse en cuenta cuando se añade éste como mejorador de las harinas.
- *Polifenoloxidasas*. En los cereales las polifenoloxidasas se encuentran preferentemente en las capas externas del grano y son causantes de pardeamiento en las harinas integrales.

Hidratos de carbono

El *almidón* es el principal hidrato de carbono de reserva de los cereales y está presente únicamente en el endospermo. El almidón es una mezcla de dos glucanos, amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de $(1\gamma 4)$ glucosa, mientras que la amilopectina presenta una estructura ramificada al azar de cadenas lineales $(1\gamma 4)$ glucosa unidas en las ramificaciones por uniones $(1\gamma 6)$. Los almidones de cereales están formados por un 25 % de amilosa y un 75 % de amilopectina.

El almidón se dispone en gránulos, en capas concéntricas, cuyo tamaño y forma son característicos de cada cereal, por lo que se utiliza para identificar el tipo de harina, y en los que contiene, en muchas ocasiones, pequeñas cantidades de lípidos y proteínas. Aproximadamente el 70% de la masa de un grano de almidón se considera amorfa y el 30% cristalina. En las zonas amorfas, se localiza la mayor parte de la amilosa, aunque también una fracción considerable de la amilopectina. Las zonas cristalinas están formadas predominantemente por amilopectina.

Los gránulos de almidón se hinchan cuando se suspenden en agua fría y su diámetro aumenta un 30-40%. Al calentar la suspensión, se produce la gelatinización a partir de la temperatura denominada de gelatinización, característica para cada almidón (50-70 °C), que origina en la estructura una serie de modificaciones irreversibles. A la vez, una parte de la amilosa difunde fuera del gránulo y pasa a disolución. Finalmente, el gránulo explota.

Los cereales contienen **otros polisacáridos** distintos del almidón, aunque su contenido en el endospermo sea muy inferior al de éste (Tabla 6-5). Entre ellos se encuentran: **hemicelulosas, pentosanos, celulosa, β glucanos** y **glucofructanos**. Estos polisacáridos son constituyentes de la estructura de las paredes celulares, por lo que abunda más en las porciones externas del grano que en las internas. En las harinas con un elevado grado de extracción su contenido es más alto.

Desde un punto de vista fisiológico y nutritivo, los polisacáridos distintos del almidón, solubles e insolubles, y la lignina se denominan **fibra alimentaria**. Las principales fuentes de ésta son los cereales y las leguminosas, y en menor proporción las frutas y verduras. El contenido en fibra bruta del grano completo de trigo es de un 2%, en el endospermo está en un 0.1%, y en el salvado en 9-13.5% según el grado de extracción.

La **celulosa** es un polímero de glucosa con la misma fórmula empírica que el almidón, pero basada en uniones β mucho más estables. Los **pentosanos** son polímeros de azúcares pentosas, tales como arabinosa o xilosa. Su contenido en los cereales es variable, siendo la harina de centeno excepcionalmente rica (6-8%) en comparación con la de trigo (2-3%). Esto influye positivamente, dada su capacidad de retener agua, en las propiedades reológicas de la masa y en las características panificables del centeno, aumentando la jugosidad de la corteza de los productos de panadería.

Los **β glucanos**, que también se denominan liqueninas, son polisacáridos lineales cuyas unidades de D-glucopiranosas están unidas por enlaces β 1,3 y β 1,4. Su contenido en los cereales es diverso: 3-7% en cebada, 2.2-4.2% en avena, sólo 0.5-2% en trigo y centeno.

Tabla 6-5. Reparto (%) de hidratos de carbono en el trigo

	Endospermo amiláceo	Embrión	Salvado
Pentosanos y hemicelulosas	2.4	15.3	43.1
Celulosa	0.3	16.8	35.2
Almidón	95.8	31.5	14.1
Azúcares	1.5	36.4	7.6

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

En el trigo y otros cereales existen concentraciones relativamente bajas de **azúcares y oligosacáridos**, resultantes de la degradación del almidón, por lo que sus niveles aumentan durante la preparación de la masa. La riqueza de los granos de cereal en azúcar libre es de 1-3 %. Los oligosacáridos de la harina de trigo y de centeno son la maltotriosa, la maltotetraosa y la maltopentosa, que dan glucosa por hidrólisis. También están presentes en la harina las dextrinas, compuestos intermedios entre el almidón y el azúcar.

Lípidos

Los granos de los cereales contienen cantidades relativamente pequeñas de lípidos. El endospermo de la avena contiene lípidos en cantidad mayor (6-8 %) que el trigo (1,6 %); por esta razón, el contenido total de lípidos de la avena es mayor.

Los lípidos se almacenan preferentemente en el germen, que en el caso del maíz y del trigo sirve como fuente para la producción de aceite, y también en la capa de aleurona. Por ello, al fabricar la harina hay que separar el germen del endospermo para evitar, o al menos disminuir, las reacciones de alteración de los lípidos al ponerse en contacto con las lipasas presentes en otras zonas del grano.

Los lípidos más abundantes en los cereales son los glicéridos de ácidos grasos, aunque también contienen fosfolípidos y glicolípidos. Así, en el trigo, el germen y la capa de aleurona son ricos en triglicéridos, presentes como esferosomas, predominando en el endospermo los fosfolípidos y los glucolípidos; estos lípidos del trigo influyen de manera importante en la panificación, en la medida en que algunos están unidos al almidón. Los lípidos de los cereales no difieren significativamente en su composición en ácidos grasos, predominando en todos los casos el ácido linoleico (Tabla 6-6).

Como componentes menores de la fracción lipídica de los cereales, se encuentran los **carotenoides** y los **tocoferoles**.

La harina de trigo tiene un contenido de **carotenoides** del orden de 5.7 mg/kg. En los trigos duros, que tienen un color amarillo más intenso, el contenido de carotenoides es algo mayor, del orden de 7.3 mg/kg de harina. El más abundante es la luteína,

Tabla 6-6. Composición media de los ácidos grasos de los cereales (% en peso)

	Mirístico (14:0)	Palmítico (16:0)	Palmitoleico (16:1)	Esteárico (18:0)	Oleico (18:1)	Linoleico (18:2)	Linoléico (18:3)
Trigo		20	1.5	1.5	14	55	4
Centeno		18	<3	1	25	46	4
Maíz		17.7		1.2	29.9	50	1.2
Avena	0.6	18.9		1.6	36.4	40.5	1.9
Cebada	2	22	<1	<2	11	57	5
Mijo		14.3	1	2.1	31	49	2.7
Arroz	1	<28	6	2	35	39	3

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

libre o esterificada con ácidos grasos, pero también se encuentra β -caroteno, β -apocarotenal, criptoxantina, zeaxantina y anteraxantina.

El contenido de carotenoides del maíz, según su variedad, es del orden de 0.6-57.9 mg/kg, siendo sus principales constituyentes la luteína y la zeaxantina.

El trigo contiene una cantidad de **tocoferoles** de 2.0-3.4 mg/100g, entre los cuales se encuentran α -, β -, γ y δ -tocoferoles, así como α -, β - y γ -tocotrienoles. Los tocoferoles presentan actividad de vitamina E, además de actuar como antioxidantes, siendo el α -tocopherol el de mayor actividad vitamínica y menor actividad antioxidante, y el δ -tocopherol todo lo contrario. El α -tocopherol predomina en el germen y el γ -tocopherol en el salvado y el endospermo. En otros granos de cereal el contenido total de tocoferoles, en mg/100 g, es de 0.75-0.9 en la cebada, 0.6-1.3 en la avena, 1.8 en el centeno, 0.2-0.6 en el arroz, 4.4-5.1 en el maíz (la mayor parte como γ -tocopherol) y 1.75 en el mijo (la mayor parte como γ -tocopherol) (Kent, 1987). Así, el aceite obtenido del germen de los cereales es rico en tocoferoles.

Sustancias minerales

Alrededor de un 95 % de las sustancias minerales de los cereales está formado por fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. Sin embargo, parte del fósforo se encuentra al estado de ácido fítico (ácido inositol hexafosfórico).

Vitaminas

Los cereales contienen vitaminas del grupo B (**tiamina** [B₁], **niacina**, **riboflavina** [B₂], **ácido pantoténico** y **piridoxina** [B₆]) distribuidas por todo el grano de forma desigual (Tabla 6-3). Así, la tiamina se concentra en el escutelo, la niacina en la capa de aleurona, la piridoxina se concentra en la aleurona y en el germen y muy poco en el endospermo, y la riboflavina y el ácido pantoténico están distribuidos con más uniformidad. Esta distribución irregular de las vitaminas B por el grano es la responsable de las considerables diferencias de contenido vitamínico entre los granos completos y los productos de la molturación (harinas, pan, etc).

Las variaciones del contenido vitamínico de un cereal con respecto a otro son pequeñas, excepto para la niacina (ácido nicotínico) cuya concentración en la cebada, el trigo, el sorgo y el arroz es muy superior a la de la avena, el centeno, el maíz y el mijo (Tabla 6-2).

Como ya se ha indicado, los cereales contienen también tocoferoles con actividad de vitamina E.

ASPECTOS SALUDABLES Y TOXICOLÓGICOS

Desde el punto de vista sanitario, en los cereales hay que considerar la presencia del gluten, que produce la **enfermedad celíaca**, y la presencia del **ácido fítico** y la **fibra**.

El trigo, el centeno y la cebada pueden causar la **enfermedad celíaca** en personas predisuestas genéticamente. Esta enfermedad cursa con atrofia de la mucosa del

intestino delgado y la consiguiente malabsorción generalizada de los alimentos. Parece que las responsables de la enfermedad son las prolaminas de los cereales citados, que presentan una composición aminoacídica semejante entre sí, con un contenido de ácido glutámico y prolina superior al de los demás cereales. La enfermedad se cura cambiando la dieta a arroz, mijo o maíz, cuyas prolaminas no producen la enfermedad.

Los cereales contienen **ácido fítico** (ácido inositol hexafosfórico), sustancia anti-nutritiva que disminuye la absorción de los minerales al formar compuestos insolubles con el calcio y el hierro. Más del 90 % del total del ácido fítico del trigo se localiza en la capa aleurona; así, la harina integral que contiene salvado y aleurona, y por tanto ácido fítico, tiende a inmovilizar el calcio y el hierro presentes en la harina misma y en otros ingredientes de la dieta. El trigo contiene un 1 % de ácido fítico.

El aporte de **fibra** parece tener cada vez mayor importancia en las dietas de los países occidentales, ya que se ha observado que su carencia puede tener relación con el estreñimiento, la diverticulosis, el cáncer de colon, las afecciones coronarias y la diabetes.

En la fibra alimentaria del salvado de trigo, el principal componente es el polisacárido celulosa. Contiene también otros polisacáridos del tipo de hemicelulosas, pentosanos y ligninas. Todos ellos tienen gran capacidad para ligar agua, de forma que mantienen las heces blandas, evitando el estreñimiento. Además, por su capacidad activa de adsorción, es capaz de ligar sustancias tóxicas con posible actividad cancerígena, por lo que su consumo parece estar relacionado con una menor incidencia de cáncer de colon; además resultan eliminadas moléculas como el colesterol y las sales biliares, favoreciendo la disminución del colesterol sanguíneo. Sin embargo, esta adsorción también se extiende a vitaminas, minerales y otros nutrientes, por lo que no debe consumirse en cantidades excesivas.

Formando parte de la fibra, habría que incluir el almidón insoluble que se forma durante el procesamiento; por eso, no sólo tienen estos efectos positivos los panes integrales, sino también los panes blancos, aunque en menor cantidad.

Desde el punto de vista toxicológico, hay que tener en cuenta el desarrollo de mohos productores de **micotoxinas** si el almacenamiento de los cereales no ha sido el adecuado.

ALMACENAMIENTO

Los peligros del grano almacenado son la humedad, el calor, los hongos, las bacterias, los insectos y otras plagas. Si se puede controlar la humedad del grano, se pueden evitar en gran manera los peligros debidos a la elevación de la temperatura, a los hongos y a los insectos.

Así, si se disminuye el contenido en humedad del grano (que después de recolectarlo es de un 20 a un 24 %) al 14 % por lo menos, los cereales se pueden almacenar sin merma de su calidad durante dos o tres años. Este contenido bajo en humedad preserva de la alteración, especialmente del desarrollo de hongos productores de micotoxinas, y también frena el metabolismo del grano disminuyendo la respiración y, por tanto, evitando una generación de calor excesiva que produciría dióxido de carbono y vapor de agua (con pérdida de peso), y que originaría, si no se le volteara convenientemente para favorecer la evaporación de agua, la cocción del grano.

HARINAS

Desde los orígenes de la humanidad, las semillas de cereales (especialmente las de trigo y centeno) han experimentado algún tratamiento o especie de molienda. Se comenzó por triturarlas entre dos piedras; después, se desarrollaron el mortero y su mano, y más tarde dos piedras giratorias o muelas. Este sistema, que funcionaba por la fuerza del viento, del agua o de los animales, se empleó desde el año 800 a.C. aproximadamente hasta mediados del siglo XIX, cuando se implantaron las harineras de rodillos.

La elaboración de la harina requiere, por tanto, el proceso de molturación. En las fases preliminares de éste, los granos se *limpian* para eliminar impurezas tales como semillas de malas hierbas, paja, partículas del suelo, granos alterados, polvo y otras. Esta fase de limpieza se basa en el tamaño del grano de cereal y en su gravedad específica, evitando el lavado de los granos que puede estimular el crecimiento microbiano.

La fase siguiente, el *acondicionamiento* , consiste en sumergir los granos en agua durante 3-24 horas hasta que alcanzan una humedad del 15-17 %, lo que facilita la separación de las células del endospermo amiláceo, del germen y del salvado. A continuación, los granos se muelen en un molino de rodillos, en donde se separa el salvado del endospermo, y se continúa la *molienda* de este último para reducir el tamaño de las partículas mediante fuerzas de presión y de cizalla. La separación de la harina por diferencia de tamaño se consigue mediante tamices.

En el caso del centeno, el embrión se separa durante la limpieza, ya que está libre, mientras que en el trigo se separa en la fase de criba. Las cubiertas y una capa de aleurona se separan con el salvado.

Los productos resultantes de la molturación se clasifican técnicamente, según el diámetro de las partículas, en *mostacilla* ($>500 \mu\text{m}$), *sémola* (200-500 μm), *semolina* (120-200 μm) y *harina* (14-120 μm). Los distintos tipos de harinas (más o menos finas) se separan mediante una corriente turbulenta de aire denominada turbomolienda; de esta forma, y mezclándolas adecuadamente, se pueden obtener harinas adecuadas a distintos fines: para pan, pastelería, galletería, etc.

Habitualmente, la obtención de la harina a partir de los cereales es un paso previo a la elaboración de otros alimentos denominados productos panarios, ya que su principal representante es el pan. Sin embargo, no todos los cereales originan harinas panificables, ya que no todos tienen en su composición las proteínas que conforman el gluten al amasarse con agua; por esta razón, la harina de trigo y, en menor proporción, la de centeno, son las utilizadas en la elaboración de este tipo de productos.

La composición química de la harina depende del *grado de extracción* (cantidad de harina obtenida a partir de 100 kg de cereal); así, a medida que aumenta el grado de extracción, disminuye la proporción de almidón y aumenta el contenido en componentes de las envolturas del cereal, como minerales, vitaminas y fibra alimentaria (Tabla 6-7). También depende del tipo de cereal del que procede la harina: a igual grado de extracción, la harina de centeno contiene mayor proporción de minerales y vitaminas que la de trigo.

El trigo duro posee mayor contenido proteico y se emplea para la preparación de semolina y pasta, mientras que los trigos blandos se emplean para elaborar harina de pan blanco y de pastelería.

Tabla 6-7. Composición media de las harinas de trigo

Grado de extracción	40-56%	64-71%	76-79%	82-85%	100%
Almidón	84,2	81,8	78,4	78,2	66
Proteína (Nx6.25)	11,7	12,3	13	13,3	14,8
Lípidos	1	1,2	1,5	1,9	2,3
Fibra bruta	3,7	3,7	s.d.	4,9	10,9
Minerales (cenizas)	0,4	0,6	0,8	1,1	1,7

Porcentaje en peso calculado sobre sustancia seca.

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

La calidad panadera de la harina recién fabricada tiende a mejorar durante el *almacenamiento* en un período de 1-2 meses. La mejora se produce más rápidamente si se expone a la acción del aire. En este almacenamiento aireado, la acidez de la grasa aumenta al principio debido a la actividad lipolítica, y después disminuye debido a la actividad lipoxidasas; aparecen productos de la oxidación de los ácidos grasos; disminuye la proporción de ácidos linoleico en los lípidos y disminuye el número de enlaces disulfuro (-SS-), mientras que aumenta el de los grupos tiol (-SH). Este hecho, conocido por maduración o «envejecimiento» se puede acelerar por medio de productos químicos «mejoradores», que modifican las propiedades físicas del gluten durante la fermentación. La masa se vuelve más elástica, por lo que mejorando la retención del gas se produce el aumento de volumen de la pieza y se origina una miga de textura más fina, que da un aspecto de blancura mayor.

Control de calidad y ensayos de la harina

El análisis de una harina puede realizarse para valorar su grado de refinado, su estado de conservación o su calidad panadera, como principales objetivos.

a) Valoración del grado de refinado

Las técnicas más comunes son la determinación del contenido en **cenizas** y la determinación del **color**. En la primera, se valora el contenido de salvado, aleurona y germen, fracciones con un mayor contenido de minerales, mediante incineración en un horno mufla. La segunda sirve para estimar el grado de contaminación de la harina con partículas de salvado que presentan un color más oscuro que una harina blanca.

b) Valoración del estado de conservación

Las técnicas más comunes son la determinación del contenido en **humedad** (característica importante en relación con la seguridad de su almacenamiento, ya que con humedades superiores al 13 % se pueden producir micotoxinas) y la **acidez** de la harina que refleja el grado de hidrólisis que han sufrido las grasas de la misma.

c) Valoración de la calidad panadera

La calidad panadera de una harina puede determinarse mediante diversas técnicas químicas y físicas, entre las cuales se encuentran la determinación del contenido en

gluten, y la aplicación de algunos equipos que valoran las características reológicas de las masas que se pueden elaborar a partir de las harinas, como el **farinógrafo de Brabender** (plasticidad y consistencia), el **extensógrafo de Brabender** (capacidad de retención de gas y tolerancia a la fermentación) y el **alveógrafo de Chopin** (capacidad de formación de alveolos).

PAN

Según la reglamentación técnico-sanitaria para la fabricación, circulación y comercio del pan y panes especiales, el pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*.

La obtención del pan deriva de la necesidad de presentar las harinas de los cereales de forma atractiva, digerible y apetitosa.

El pan se hace con una masa cuyos principales ingredientes son la harina de trigo, el agua, la levadura y la sal, aunque se pueden añadir otros muy variados, como harina de otros cereales, grasa, leche, gluten, fruta, etc. Cuando estos ingredientes se mezclan en proporciones correctas se inician dos procesos:

- La proteína de la harina se hidrata formando el gluten, que tiene propiedades elásticas.
- La acción de las enzimas de la levadura sobre los azúcares produce gas carbónico.

Proceso de panificación

Para hacer pan con harina de trigo son necesarios tres requisitos: la formación de la estructura del gluten mediante el mezclado y amasado, el esponjamiento de la mezcla por la producción del gas procedente de la fermentación de la masa por medio de levaduras y la coagulación del material al cocer en el horno. No existe un solo método de panificación, sino una amplia variedad de procesos posibles, según el tipo de pan que se va a elaborar, el obrador de que se dispone, las materias primas, etc.

En la preparación habitual de la masa de panadería, se añade agua y sal a una **mezcla** apropiada de harinas y se amasa de 10 a 20 minutos, lo que permite la absorción de agua por las proteínas y los gránulos triturados del almidón, así como el desarrollo de la elasticidad y extensibilidad del gluten. Durante este proceso de amasado, la proteína hidratada forma una red proteica rígida, estable y tridimensional, por la formación de enlaces cruzados de tipo disulfuro (-S-S-).

A continuación, se produce la **fermentación**, que origina la producción de anhídrido carbónico (CO₂) por lo que la pasta crece al formarse bolsas de gas que quedan retenidas entre las finas membranas del gluten. En este proceso también se forma alcohol, que se elimina durante el proceso de cocción, y otros productos secundarios como ácidos, carbonilos y ésteres, que proporcionan los aromas y sabores característicos del pan.

de almidón se ablandan y el pan se torna más tierno. Además, se liberan algunos componentes aromáticos. Tan pronto como el pan se saque del horno debe consumirse o colocarse en un recipiente de cierre hermético para evitar la evaporación de la humedad y el endurecimiento de la corteza.

Hay que tener en cuenta que el pan envejece más lentamente a temperatura ambiente (15-20 °C) que a temperaturas más bajas (refrigeración).

Valor nutritivo del pan

Desde el punto de vista nutritivo, la principal importancia del pan radica en su aporte energético en forma de hidratos de carbono; junto a ello, se debe destacar su contribución de alrededor de un 8% de proteínas. Esto le convierte en un importante, barato y equilibrado proveedor de proteínas para la dieta. Al convertir la harina en pan hay un ligero descenso en el contenido de fenilalanina, tirosina y lisina (este último por participar en las reacciones de Maillard), pérdidas que son algo mayores en la corteza que en la miga.

Por su bajo contenido graso el pan no es un alimento que engorde y, de hecho en algunas ocasiones, se ha utilizado como base de algunas dietas de adelgazamiento. En este sentido hay que señalar que, en comparación con el pan común, el pan de molde, el de hamburguesas y el de aceite poseen mayor contenido lipídico por los ingredientes utilizados en su elaboración (Tabla 6-8).

El pan es una fuente importante de fibra. Aunque los panes integrales son los que aportan mayor contenido en fibra, el pan común también posee cantidades no despreciables. En este sentido hay que considerar que parte del almidón se transforma en no digerible durante el procesamiento y la cocción, por lo que actúa como fibra. El valor nutritivo de la proteína de trigo está limitado por su bajo contenido en lisina, aminoácido esencial. Sin embargo, puede verse complementado en la dieta con la proteína aportada por las leguminosas.

Las Tablas 6-9 y 6-10 recogen el contenido en minerales y vitaminas de diferentes tipos de panes.

Tabla 6-8. Contenido de energía, macronutrientes y fibra en 100 g de pan

Tipo de pan	Energía (kcal)	Agua (g)	Proteína (g)	Lípidos (g)	H. de C. (g)	Fibra (g)
Común	240	33.7	8.9	1.4	51.2	4.0
Integral de centeno	222	35.5	8.1	1.1	48.0	6.2
De centeno	206	42.6	6.2	0.9	46.2	3.4
De aceite	378	17.5	8.8	15.3	54.5	3.3
De hamburguesas	289	30.2	8.6	7.2	50.8	3.3
De molde	260	36.7	7.9	6.0	46.6	3.0
Integral de trigo	229	33.8	8.6	1.5	48.4	6.7

Fuente: Varela y col. (1991).

Tabla 6-9. Contenido de minerales en 100 g de pan

Tipo de pan	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Cinc (mg)
Común	11.30	2.26	40.93	0.13
Integral de centeno	15.81	0.51	32.39	0.13
De centeno	13.84	1.03	12.01	0.34
De aceite	15.04	0.83	8.70	0.14
De hamburguesas	25.26	1.46	24.78	0.12
De molde	24.15	1.39	24.15	0.12
Integral de trigo	23.46	1.75	4.18	0.67

Fuente: Varela y col. (1991).

Tabla 6-10. Contenido de vitaminas en 100 g de pan

Tipo de pan	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Eq. Niacina (mg)	Ac. fólico (μ g)
Común	0.32	—	1.43	9.48
Integral de centeno	0.11	0.11	1.44	4.87
De centeno	0.10	0.10	0.87	6.58
De aceite	0.12	0.12	1.18	8.21
De hamburguesas	0.21	0.10	1.38	8.93
De molde	0.20	0.10	1.21	8.15
Integral de trigo	0.23	0.11	2.56	14.22

Fuente: Varela y col. (1991).

OTROS DERIVADOS DEL TRIGO

Pastas alimenticias

Las pastas alimenticias se elaboran a partir de sémola y semolina procedentes de harinas con un grado de extracción inferior al 70 % a las que se puede añadir huevo. El ingrediente preferido es la semolina de trigo duro ya que tiene mejores propiedades de cocción y resistencia a la masticación, así como un mayor contenido de carotenoides que aportará el color amarillento.

Para la fabricación de las pastas alimenticias se mezclan la semolina y el agua (30 %), y en su caso el huevo, en una mezcladora para formar una masa granular. El amasado se realiza al vacío para evitar burbujas de aire y la degradación oxidativa de los carotenoides. Posteriormente, se hace pasar mediante presión a través de las perforaciones del extrusor y se corta de distintas formas: hilos, tubos, cintas, espirales, etc., para proceder a continuación a su secado hasta obtener un producto con un contenido de humedad del orden del 11-13 %.

Su valor nutritivo será muy semejante al del resto de los productos elaborados con cereales ya que su principal componente son los hidratos de carbono y contiene alrededor de un 15 % de proteínas (Tabla 6-11).

Tabla 6-11. Composición de las pastas alimenticias que contienen huevo (4 huevos en 1 kg de harina)

	Agua (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	H. de C. (%)	Fibra (%)	Minerales (%)
Pastas al huevo	11.1	14.5	2.9	70.0	0.5	1.0

Fuente: Belitz y Grosh (1997).

Productos de bollería y repostería

En este grupo se pueden incluir productos tan variados como las galletas, las tartas, los bizcochos, las pastas de té, los hojaldres, los crepes, los bollos, y otros, que en general se elaboran a partir de harinas de trigo blando. Además, según el producto de que se trate, llevan añadidos ingredientes que les hacen más dulces, como azúcar o miel; otros de carácter graso, como mantequilla, manteca, aceites vegetales, así como una gran diversidad de otros ingredientes como leche, nata y otros productos lácteos, frutos secos, etc.

Su valor nutritivo varía mucho en función de su composición química y, por consiguiente, de los ingredientes utilizados en su elaboración. En cualquier caso, su aporte energético será superior al del pan por su mayor contenido en grasa. Además, hay que tener en cuenta que este tipo de productos están elaborados en muchas ocasiones con grasas hidrogenadas que aportan ácidos grasos *trans* con un efecto sobre el colesterol sérico semejante al de los ácidos grasos saturados (Zapelena y col., 1995).

Semolina

Se trata de trigo duro o semiduro molido que se tamiza, dando lugar a distintas variedades según el tamaño. Con aceite y agua constituye el *couscous*. Las variedades más bastas de éste se denominan *bulgur* que, hervido o frito, forma parte de algunos guisos de Oriente Medio y de Europa Oriental. El valor nutritivo del *bulgur* es similar al del trigo del cual se obtiene, con cantidades de grasa, minerales y fibra bruta ligeramente inferiores pero con un nivel proteico sin variaciones; además, retiene un 98 % de la tiamina y niacina originales y un 73 % de la riboflavina, aumentando ligeramente los contenidos en calcio y hierro y disminuyendo el fósforo por el proceso de sancochado (Kent, 1987).

Salvado

El salvado contiene complejo vitamínico B y fibra alimentaria insoluble. Por esta razón, después de un rechazo por parte de la sociedad occidental como consecuencia del aumento de la calidad de vida ligado siempre al aumento del consumo de pan blanco, en la actualidad su consumo está adquiriendo de nuevo importancia, dada la necesidad de aumentar el contenido de fibra en la dieta.

ARROZ

El arroz (*Oryza sativa*) es el alimento básico de gran parte de la población, especialmente del continente asiático. Este cereal se cultiva generalmente en los trópicos, donde son abundantes la lluvia y la luz del sol, en las regiones templadas. Una vez recolectado tiene un 20 % de humedad, y para almacenarlo se debe desecar hasta un 12 %.

El tratamiento industrial del arroz comprende la *limpieza*, el *descascarillado* y el *mondado* (proceso por el que el salvado y el germen se eliminan total o parcialmente). El arroz descascarillado se conoce con el nombre de *arroz moreno*; sometido éste a un raspado y abrillantado se obtiene el *arroz pulimentado* en el que se ha eliminado, además del salvado, la capa de aleurona.

El arroz se compone de aproximadamente un 70 % de almidón, 7 % de proteínas, 2 % de lípidos, 1 % de minerales (Tabla 6-1) y un elevado contenido de vitamina B₁ (tiamina) que permanece en la cascarilla, por lo que en el arroz pulimentado estará en cantidades muy inferiores (Tabla 6-2).

La temperatura a la que se hinchan irreversiblemente las partículas del almidón del arroz varía de unos tipos a otros desde 69 a 75 °C. El cocinado ideal del mismo consiste en hervirlo en la mínima cantidad de agua posible para evitar pérdidas nutritivas derivadas de la solubilidad de las vitaminas y el resto de los compuestos en el agua.

El *sancochado del arroz* es una tradición antigua de la India y Pakistán, que consiste en poner a remojo el arroz sin descascarillar en agua caliente, introducir vapor y dejarlo secar hasta conseguir el grado de humedad conveniente para el procesamiento. Su objetivo inicial era ablandar las cubiertas, pero con este tratamiento se consigue aumentar el valor nutritivo del arroz al disolver en el agua las vitaminas y minerales de la cascarilla y el salvado y trasladarlos al endospermo; sin embargo, permanecen el ácido fítico y la fibra, que disminuyen la disponibilidad de los mismos.

A partir del arroz se pueden obtener *otros productos* como la harina de arroz y el *sake*, bebida alcohólica a base de arroz.

MAÍZ

El maíz fue la base alimenticia de las sociedades agrarias mayas, aztecas y toltecas de hace 4000 años en lo que hoy conocemos como Méjico. Es uno de los muchos productos agrarios que los españoles trajeron a Europa y los portugueses trasladaron a la India. Aproximadamente, el 90 % de la producción mundial de maíz se utiliza como pienso; un 7 % se destina a la fabricación de almidón, semolina, jarabe de maíz, harina de maíz, alcohol (*bourbon* o *whisky* americano), copos de maíz para desayuno y aceite de maíz. El 3 % restante es el maíz dulce que es consumido como hortaliza.

El grano de maíz se compone de un 70 % de almidón y otros hidratos de carbono, 9 % de proteínas y 4 % de lípidos, y proporciona 372 kcal por 100 g (Tabla 6-1). El maíz tiene un valor nutritivo inferior al del trigo, particularmente por contener escasa niacina (Tabla 6-2) y por tener una riqueza proteica relativamente baja ya que, además de ser deficiente en lisina como la proteína de trigo, lo es también en triptófano.

CEBADA

La cebada es uno de los primeros cereales cultivados, ya que lo fue en Egipto y Abisinia desde el año 6000 a.C.; sin embargo, y aunque en la actualidad aún se utiliza en Oriente Próximo, su consumo ha descendido a medida que se han generalizado otros cereales, como el trigo, para la elaboración del pan. Así, hoy día la mayor parte de la cebada se utiliza como pienso del ganado y el resto para la obtención de malta y la elaboración de cerveza y *whisky*.

La *cerveza* se prepara fermentando con levadura una solución azucarada (mosto), obtenida a partir de la cebada, que también contiene sustancias nitrogenadas, vitaminas y los oligoelementos necesarios para el crecimiento de la levadura. La fabricación de cerveza a partir de cebada comprende dos procesos fundamentales: *malteado* y *fermentación*. El malteado es un proceso de germinación controlada que transforma el almidón en azúcares fermentables. La fermentación es el proceso por el que el azúcar se convierte en alcohol por medio de la levadura. Así, un 75 % del almidón original se convierte en alcohol.

El *whisky* se obtiene por destilación de una masa fermentada de grano de cereal y se envejece en barriles de madera entre 2 a 8 años.

OTROS DERIVADOS: CEREALES PARA EL DESAYUNO

Parece que su origen se debe a la preocupación de J. H. Kellogg por la alimentación monótona de un grupo de vegetarianos, miembros de la Iglesia adventista, que vivían en Battle Creek (Michigan) a mediados del siglo XIX. El Dr. Kellogg y su ayudante, C.W. Post, desarrollaron una gran variedad de nuevos productos cuyo consumo se extendió rápidamente por Estados Unidos y posteriormente llegó al Reino Unido.

Los cereales para el desayuno pueden tener forma de escamas, copos, filamentos y gránulos; se elaboran generalmente con trigo y maíz o arroz, aunque también se utilizan la avena y la cebada. El cereal básico puede estar enriquecido con azúcar, jarabe, miel o extracto de malta.

Aunque, en general, todos los productos de cereales son deficientes en el aminoácido lisina la carencia es mayor en los cereales para el desayuno a causa de las alteraciones que tienen lugar en la proteína al serles aplicadas altas temperaturas. Sin embargo, esta carencia es menor si se tiene en cuenta que se suelen consumir con leche, buena fuente de lisina. Además, algunos de estos cereales tienen suplementos de aminoácidos. El valor energético de estos cereales es superior al del pan debido principalmente a su menor contenido de humedad.

En cuanto al contenido vitamínico, hay que tener en cuenta que la vitamina B₁ se destruye prácticamente por completo durante la obtención de los copos y escamas; sin embargo, estos procesos tienen poco efecto sobre la riboflavina y la niacina. No obstante, hay que tener en cuenta que la mayoría de estos productos están enriquecidos en vitaminas y en hierro.

Los procesos propios de la fabricación de los cereales para el desayuno producen la hidrólisis parcial del ácido fítico, cuya destrucción aumenta a alta presión: un 70 % es destruido en la formación de copos y un 33 % en la de escamas.

BIBLIOGRAFÍA

- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). «Cereales y derivados». En *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza.
- Coenders, A. (1996). «Cereales». En *Química culinaria*. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza.
- Hoseney, R. C. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza.
- Kent, N. L. (1987). *Tecnología de los cereales*. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza.
- Madrid, A., Cenzano, I., Madrid, J. y Madrid, A. (1994). *Manual de pastelería y confitería*. Ed. Madrid Vicente, Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (1995). *La alimentación en España 1994*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Varela, G., Carvajal, A., Monteagudo, E. y Moreiras, O. (1991). *El pan en la alimentación de los españoles*. Ed. Eudema, Madrid.
- Zapelena, M. J., Aquerreta, Y., Astiasarán, I. y Bello, I. (1995). *Composición en ácidos grasos de productos de bollería elaborados con diferentes tipos de grasas*. *Alimentaria*, 261, 99-102.

7

LEGUMINOSAS

(J. Alfredo Martínez Hernández,
M.^a Ángeles Zulet Alzórriz)

INTRODUCCIÓN

La utilización de las leguminosas para la alimentación, tanto del ser humano como de los animales, se remonta a tiempos inmemoriales. Su elevado contenido proteico las convierte en una importante y económica fuente de proteínas vegetales, que adquiere especial relevancia en aquellos países en que la ingesta proteico-calórica es baja, y donde han sido consideradas como «carnes de los pobres». Las leguminosas destacan por su contenido en hidratos de carbono y en algunos minerales y vitaminas, así como por la baja cantidad de grasa.

Actualmente, las leguminosas no sólo tienen un interés nutricional, sino también terapéutico, debido a los efectos beneficiosos, derivados de su consumo frecuente, en campos tan importantes como las enfermedades cardiovasculares (Kingman, 1991; Zulet y Martínez, 1995; Frühbeck y cols., 1997), la carcinogénesis (Persky y Van Horn, 1995; Rao y Sung, 1995) y la diabetes (Indar-Brown y cols., 1992; Geil y Anderson, 1994). Estos efectos beneficiosos se atribuyen, además de a las proteínas *per se*, a las sustancias que las acompañan, entre ellas la fibra, las saponinas, las isoflavonas, el ácido fítico y otras. Por ello, son numerosos los expertos que aconsejan su reincorporación a la alimentación como ha sido habitual en la dieta mediterránea.

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIONES

La denominación genérica de legumbres secas se aplica, según el Código Alimentario Español (CAE), a aquellas semillas secas, limpias, sanas y separadas de la vaina, procedentes de la familia de las leguminosas (*Fabaceae*), de uso corriente en el país y que directamente o indirectamente resulten adecuadas para la alimentación.

El CAE aplica el término de legumbres secas a las siguientes semillas:

- Judía: judía común (*Phaseolus vulgaris* L. *exp. Savi*); judía de España o judía escarlata (*Phaseolus multiflorus* wild); judía de Lima (*Phaseolus lunatus* L.); judía carilla (*Vigna sinensis* L.).
- Lenteja (*Lens esculenta* moench).

- Garbanzo (*Cicer arietinum* L.).
- Guisante seco (*Pisum sativum* S.).
- Haba seca (*Vicia faba* L.).
- Altramuz: altramuz blanco (*Lupinus albus* L.); altramuz amarillo (*Lupinus luteus* L.); altramuz azul (*Lupinus angustifolius* L.).
- Soja (*Glycine Soja* L., Sub y Lucc.).
- Cacahuete (*Arachis hypogea* L.).
- Garrofa (*Ceratonio siliqua* L.).
- Algarroba (*Vicia monanthos*).

Las legumbres secas que se han cultivado tradicionalmente con destino al consumo humano son el garbanzo, la lenteja, la alubia, el guisante, el haba y la soja. Los guisantes y las judías semimaduros se consideran hortalizas.

Los derivados de leguminosas son los productos obtenidos a partir de la transformación de legumbres secas, aptos para la alimentación o destinados a servir de materia prima para la fabricación de productos alimenticios (CAE), cuya clasificación es la siguiente:

- Legumbres mondadas: cotiledones sin tegumentos procedentes de las semillas secas de leguminosas.
- Purés de legumbres: productos obtenidos por trituración de las semillas secas de leguminosas mondadas.
- Harinas de legumbres: productos resultantes de la molienda de las legumbres secas y despojadas de la parte cortical.

Además, diversos procesos tecnológicos destinados a la extracción de las proteínas presentes en las leguminosas permiten obtener preparados, cuya denominación depende del contenido proteico final del producto. Así, los concentrados de proteínas presentan del orden del 60-70 % en peso de este nutriente, mientras que las proteínas se encuentran por encima del 90 % en los derivados conocidos como aislados (Cantoral y col., 1995; Fernández-Quintela y cols., 1997).

Las propiedades organolépticas de los alimentos hacen referencia al sabor, olor, color, etc, y dependen de la forma de presentación, consumo, cocinado, etc. Las leguminosas suelen presentar un sabor más o menos dulce, en el cual desempeñan un papel importante los procesos de maduración y recolección. Ambos procesos determinan también la textura de los granos, los cuales deben ser tiernos, no excesivamente duros, de tal modo que presenten un grado de dureza tal que permanezcan enteros. En este sentido, el contenido en hidratos de carbono desempeña un papel importante, ya que el comportamiento en la cocción depende de las características del almidón, que determina el grado de hinchamiento del grano por absorción de agua y la textura del producto cocido. Igualmente, los componentes de las paredes celulares, especialmente las pectinas, condicionan la elasticidad y, por tanto, la resistencia de la piel a la rotura.

No deben presentar olores extraños, ya que su presencia indicará que los procesos de limpieza, elaboración o conservación han sido incorrectos. El color dependerá, dentro de la misma especie, de la variedad.

COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRITIVO

El valor nutritivo de los alimentos depende de sus componentes, es decir, de la cantidad y calidad de los nutrientes, así como de la presencia o ausencia de sustancias que afecten a su utilización nutritiva (digestibilidad, absorción o metabolismo) o con efectos tóxicos. En este sentido, el valor nutritivo de la leguminosas se atribuye fundamentalmente a su elevado contenido en proteínas, aunque también pueden ser buenas fuentes de hidratos de carbono, lípidos, minerales y vitaminas (Tablas 7-1, 7-2, 7-3). Así, algunos autores clasifican estas semillas en: granos amiláceos, cuando el componente principal es el almidón; proteaginosos, cuando destacan por su contenido proteico, u oleaginosos, si poseen una alta proporción de grasa.

Las leguminosas se han considerado tradicionalmente excelentes fuentes de *proteína* vegetal. Las cantidades de este nutriente en las leguminosas habituales en nuestra alimentación pueden oscilar entre el 17 % (judías) y el 42 % (soja). El fraccionamiento de las proteínas presentes en estas semillas, siguiendo criterios de solubilidad en diferentes disolventes, permitió clasificarlas originalmente en globulina

Tabla 7-1. Valor energético y contenido en proteínas, lípidos, glúcidos, humedad y fibra de algunas leguminosas secas

Contenido por 100 g						
	Energía (kcal)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Glúcidos (g)	Humedad (g)	Fibra (g)
Alubias	286	17-23	1-2	45-59	8-12	25.4
Garbanzos	329	17-21	4-6	50-60	6-10	15
Guisantes	317	20-26	1-3	46-50	7-9	16.7
Lentejas	314	20-28	1-3	50-58	7-9	11.7
Habas	331	26-34	1-2	55-60	6-9	19
Soja	398	38-42	17-20	26-29	8-10	11.9

Fuente: Martínez y Macarulla (1991).

Tabla 7-2. Contenido en minerales y vitaminas de algunas leguminosas secas

Contenido por 100 g								
	Ca (mg)	Fe (mg)	Mg (mg)	Zn (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Fólico (μ g)
Alubias	128	6.7	160	4	0.5	0.15	5.9	—
Garbanzos	145	6.7	160	0.8	0.4	0.15	4.3	180
Guisantes	72	5.3	123	3.5	0.7	0.2	5.2	33
Lentejas	56	7.1	78	3.1	0.5	0.2	5.6	35
Habas	115	8.5	140	3.5	0.5	0.24	4.9	—

Fuente: Mataix y Salido (1985).

Tabla 7-3. Composición en ácidos grasos de los lípidos de las leguminosas

Ácidos grasos	Contenido por 100 g			
	Alubias	Garbanzos	Habas	Lentejas
14:0	0.22	1.3	0.6	0.85
16:0	21.8	8.9	9.3	23.2
18:0	4.7	1.6	4.9	4.6
20:0	0.53	0.03	0.7	2.3
22:0	2.9	0	0.42	2.7
24:0	1.1	0	0	0.85
16:1 (9)	0.21	0.05	0	0.15
18:1 (9)	11.6	35.4	33.8	36.0
18:2 (9, 12)	29.8	51.1	42.1	20.6
18:3 (9, 12, 15)	27.4	1.7	6.4	1.6
20:1	0.02	0	0.7	1.9

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

(proteínas solubles en disoluciones salinas), albúminas (proteínas solubles en agua), glutelinas (proteínas solubles en ácidos y bases) y prolaminas (proteínas solubles en etanol). Las globulinas son proteínas de almacenamiento o reserva que representan el 60-70% de la proteína seminal y cuya separación por centrifugación permite identificar diferentes fracciones según el coeficiente de sedimentación (7S y 11S). Estas proteínas reciben nombres específicos en función de la especie de origen. Así, aquellas proteínas con coeficientes de sedimentación del orden de 7S se denominan vicilina, en las habas y guisantes, conglícina en la soja o con saraquidina en el cacahuete, mientras que las 11S se denominan legumina en el haba y guisante, glicinina en la soja y araquinina en el cacahuete. La fracción albúmina, denominada legumelina en las habas y guisantes, y faseolina en las alubias, representa entre el 4% y el 20% de la proteína, según las especies, y contiene la mayoría de las enzimas e inhibidores enzimáticos de la semilla. Las glutelinas constituyen el 10-20% restante, ya que las prolaminas se encuentran en muy baja proporción (Martínez y Macarulla, 1991).

El valor biológico de estas proteínas de origen vegetal viene condicionado por niveles relativamente bajos de aminoácidos azufrados, como la metionina y la cistina. Por ello, cuando coinciden con los cereales en la alimentación, que aportan proteínas complementarias, se consigue que la calidad de la proteína de la dieta aumente conjuntamente su valor biológico (Cubero y Moreno, 1983).

El contenido de *hidratos de carbono* de las legumbres oscila entre el 26-29% de la soja y el 55-60% en las habas, siendo normalmente el almidón el glúcido mayoritario en estas semillas, aunque la soja contiene cantidades muy pequeñas de este nutriente. Otros hidratos de carbono, como la celulosa, la hemicelulosa, la pectina, y otros, en cantidad variable, procedentes de las paredes celulares de la semilla, no son digeribles y forman parte de la fibra dietética, mientras que algunos galactósidos también presentes (verbascosa, rafinosa, estaquiosa) pueden dar lugar a procesos de flatulencia, al ser fermentados por la flora intestinal (Belitz y Grosch, 1997).

El contenido en *grasa* de las leguminosas es normalmente bajo (1-6%), a excepción de los altramuces (15%), la soja (17-20%) y el cacahuete (40-50%), los cuales se consideran granos oleaginosos. En general, las leguminosas de consumo habitual aportan pequeñas cantidades de lípidos, pero de buena calidad, siendo los ácidos grasos predominantes el oleico (11-15%), el linoleico (25-63%) y el linoléico (1-27%), cuya naturaleza insaturada incide en las propiedades nutritivas y bromatológicas de estas semillas (Martínez y Macarulla, 1991).

La presencia de *minerales* y *vitaminas* en las leguminosas está también sujeta a variaciones interespecíficas. En general, se admite que son buenas fuentes de vitaminas del complejo B, en concreto de tiamina, niacina y ácido fólico; las vitaminas liposolubles A y E pueden encontrarse en cierta cantidad en las semillas oleaginosas. En cuanto a los minerales, la aportación a la dieta de calcio, hierro, cinc, fósforo y magnesio suele ser notable en relación con otros alimentos (Mataix y Salido, 1985).

El *valor energético* de las leguminosas depende de los niveles y la distribución de los nutrientes con capacidad combustible (lípidos, hidratos de carbono y proteínas). El aporte calórico medio oscila entre 280 y 400 kcal/100 g, siendo las legumbres oleaginosas las que poseen un mayor potencial energético (Cervera, 1995).

La *humedad* o contenido de agua de las leguminosas varía en función de la especie, del período de recolección, del clima, del almacenamiento, etc, y suele representar entre el 5 y 15% del peso total (Fidanza, 1991).

Las leguminosas, pese a sus ventajas desde el punto de vista nutritivo, han dejado de formar parte de los hábitos alimenticios debido posiblemente a aspectos de tipo socioeconómicos y a la presencia en su composición de una serie de sustancias, denominadas genéricamente *factores antinutritivos* (FAN) y clasificadas como termolábiles y termoestables, que en algunos casos pueden afectar a la digestión, absorción y metabolismo de los nutrientes (Larralde y Martínez, 1989; Rubio y cols., 1994). Entre los factores termoestables se encuentran los taninos, las isoflavonas, los factores de flatulencia, los fitatos y las saponinas. Por el contrario, las lectinas, los inhibidores de proteasas y los heterósidos cianogénicos son termolábiles (Gupta, 1987). Sin embargo, en los últimos años, el desarrollo de nuevos métodos de análisis, en combinación con observaciones epidemiológicas, y el diseño de estudios más completos han permitido constatar la participación de algunos de estos factores en la obtención de efectos beneficiosos en el tratamiento de determinadas patologías como la hipercolesterolemia (Potter, 1995; Carroll, 1995; Anthony y cols., 1996), la diabetes (Phillips, 1993; Anderson y cols., 1994) y la carcinogénesis (Hawrylewicz, 1995; Rao y Sung, 1995; Kennedy, 1995).

ASPECTOS SANITARIOS Y TOXICOLÓGICOS

La ingestión de leguminosas en estado crudo como única fuente proteica se ha relacionado con una serie de alteraciones fisiológicas, metabólicas e inmunológicas, que se atribuyen a la presencia de algunos FAN en estas semillas (Larralde y Martínez, 1989; Marcos y cols., 1994; Martínez y cols., 1995; Esparza y cols., 1996). Sin embargo, salvo en casos excepcionales y en situaciones muy específicas, la presencia de estas sustancias es de poca importancia, ya que por un lado las variedades habitual-

mente utilizadas para consumo humano contienen cantidades pequeñas y por otro, los procesos culinarios de remojo y cocción destruyen la mayor parte de los factores termolábiles. Además, su reducción, eliminación o desnaturalización puede alcanzarse por selección genética o por diferentes procedimientos físicos, químicos o biológicos. (Anderson y Wolf, 1995; Barampama y Simard 1995; Chitra y cols., 1996).

Las *fitohemaglutininas* o *lectinas* presentes en algunas leguminosas son glucoproteínas capaces de unirse a azúcares o proteínas. Los estudios llevados a cabo indican que se produce una disminución del transporte de nutrientes a través de la pared intestinal, hipertrofia de la mucosa, inhibición de las hidrolasas del borde en cepillo, precipitación de eritrocitos y alteraciones en el sistema inmunitario (Licastro y cols., 1993; Savelkoul y cols., 1994; Liener, 1996).

Los *inhibidores de las proteasas*, sustancias que se encuentran en la fracción proteica de las leguminosas, se caracterizan por su capacidad de inhibir la acción de enzimas digestivas como la tripsina y quimiotripsina. Como consecuencia, las proteínas no son digeridas adecuadamente, lo que afecta a la disponibilidad de los aminoácidos. Además, el páncreas ve alterada su función en presencia de estos inhibidores y muestra hipertrofia e hiperplasia (Savage y Deo, 1989; Savelkoul y cols., 1992; Al-Wesali y cols., 1995; Birk, 1996).

Los *taninos* comprenden un grupo amplio de componentes fenólicos capaces de unirse a enzimas y a otras proteínas mediante puentes de hidrógeno, formando compuestos insolubles. La reacción se produce a través del grupo /-amino de la lisina, dando lugar a moléculas resistentes a la acción de enzimas digestivas en animales monogástricos. En diversos trabajos llevados a cabo con leguminosas se han observado distintos efectos. Así, los taninos son responsables de la disminución de la digestibilidad proteica y de la utilización de aminoácidos azufrados en reacciones de metilación, inactivación de enzimas, así como de la inhibición de la absorción intestinal de azúcares (Macarulla y cols., 1989; Jansman, 1994; Carmona y cols., 1996).

Otro factor antinutritivo presente en las leguminosas son las *saponinas*, que constituyen un grupo diverso caracterizado por la presencia de un grupo esteroideo o triterpeno, denominado aglicona, unido a una o más moléculas de azúcar. Entre las propiedades que se les atribuyen, podrían citarse la producción de hemólisis y la alteración de la permeabilización del intestino (Johnson y cols., 1986; Ayet y cols., 1996). Sin embargo, la toxicidad para el ser humano parece ser nula por vía oral (Oakenfull y Sidhu, 1990) y, además, es uno de los FAN asociados con un efecto beneficioso en la hipercolesterolemia (Potter, 1995) y determinados tipos de cáncer (Rao y Sung, 1995).

En los animales de experimentación alimentados con leguminosas se han observado alteraciones en la biodisponibilidad de minerales tales como el cinc, el calcio, el magnesio, el cobre y el hierro (Martínez y cols., 1986; Macarulla y cols., 1990). Aunque otros factores, como los taninos, las saponinas, las lectinas y otros, están probablemente implicados, la mayor parte de la atención se centra sobre el papel de los *fitatos* en la biodisponibilidad (Hurrell y cols., 1992). Además, las leguminosas poseen *hidratos de carbono no digeribles*, que no son considerados como FAN debido a sus efectos beneficiosos, que pueden influir sobre la disponibilidad de minerales y vitaminas (Rubio y cols., 1994).

En determinadas ocasiones la ingestión de ciertas leguminosas, puede dar lugar a algunas patologías como el favismo y el latirismo (Shibamoto y Bjeldanes, 1996). El

favismo o anemia hemolítica aguda es una enfermedad más frecuente en los varones que en las mujeres, y más grave en los lactantes y niños pequeños que en las personas adultas. Los síntomas clínicos del favismo son: palidez, cansancio, respiración entrecortada, náuseas, dolores abdominales, fiebre y escalofríos. Los resultados indican que los individuos sensibles tienen disminuidos tanto los niveles de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa como los de glutatión en los eritrocitos, y parece ser que los responsables son la vicina, la convicina, la divicina, el isouramilo y L-dopa presentes en las semillas de *Vicia faba L.* El latirismo es una enfermedad asociada con la ingestión de algunas variedades de *Lathyrus sativum*; se caracteriza por originar lesiones en el tejido óseo, el sistema nervioso central, etc, y parece estar ocasionada por algunos aminoácidos tóxicos a través de la inhibición de una enzima que contiene cobre, posiblemente una aminoxidasa.

La presencia de *heterósidos cianogenéticos*, como la faseolutina, que por hidrólisis liberan D-glucosa, ácido cianhídrico, acetona y otros compuestos, parece explicar algunas alteraciones endocrinas, especialmente en la glándula tiroideas (Davidek, 1995).

Desde el punto de vista toxicológico, según el CAE, queda prohibido el consumo humano de las semillas de almortas (género *lathyrus*) y de los productos resultantes de su elaboración, el consumo de las semillas y derivados que contengan, en cantidades tóxicas, glucósidos cianogenéticos y alcaloides, así como el consumo de los turtos crudos obtenidos de la extracción de aceites de leguminosas.

APLICACIONES ALIMENTARIAS Y DERIVADOS

Las leguminosas se han utilizado, en función de su composición, de forma directa como ingredientes de las dietas o de piensos compuestos para animales y, en ocasiones, en la obtención de aceites vegetales, en la preparación de concentrados de proteínas y en la elaboración de comidas vegetarianas o de regímenes especiales. Sin embargo, su escaso contenido en aminoácidos azufrados y la presencia de ciertos FAN han dificultado una utilización más amplia. Por ello, actualmente existe interés por la aplicación de distintas tecnologías que permitan obtener unos productos con una elevada cantidad de proteínas y en los cuales se destruya la mayor parte de los compuestos no deseados, con el fin de poder incluirlas con mayor frecuencia en la dieta. En este sentido, la industria alimentaria está continuamente ensayando tecnologías e ingredientes para producir nuevos alimentos o para mejorar algunas propiedades organolépticas, funcionales y nutritivas de los ya existentes, de tal modo que se favorezca el aprovechamiento nutritivo de las leguminosas, al tiempo que sean más apetecibles para el consumidor y satisfagan sus necesidades, disponibilidad y precio (Fernández-Quintela y cols., 1993).

Antes de su empleo en la alimentación humana, las leguminosas se someten a una serie de procesos, bien culinarios o bien tecnológicos (Ensminger y cols., 1995). A lo largo de los años, los procesos de elaboración se han ido modificando y diversificando, de modo que hoy persisten diferencias notables en función de los pueblos y sus culturas. El remojo a temperatura ambiente es una fase preliminar común a casi todos los métodos de preparación de leguminosas y se realiza para ayudar a quitar las pieles o cáscaras, para ablandar las semillas y así abreviar el tiempo de cocción, así como para

reducir el contenido de sustancias tóxicas. Por otra parte, los procesos habitualmente destinados a la eliminación de FAN y mejora de su valor nutritivo incluyen la germinación, el tratamiento doméstico, el tratamiento térmico, la fermentación, selección y la manipulación genética. (Bishnoi y cols., 1994; Shekib, 1994; Saharan y Khetarpaul, 1994; Ojimekwe y cols., 1995).

El proceso de obtención de derivados de leguminosas se inicia con la selección, limpieza, descascarillado y molienda. A continuación, los procesos tecnológicos destinados al aislamiento de proteínas varían en función de la composición de las semillas, y la denominación del producto final depende de los niveles de proteínas alcanzados con el tratamiento (Cuq y cols., 1997). En este sentido, las leguminosas oleaginosas requieren una extracción previa del aceite con disolventes apropiados (vía húmeda). En general, los procedimientos de extracción de proteínas consisten en métodos de separación selectiva de los componentes de la semilla por centrifugación diferencial o turboseparación (vía seca), cuyo fundamento está basado en la diferencia de tamaño y densidad que existen entre las proteínas y los granos de almidón (Martínez y Macarulla, 1991). De esta forma, se obtienen las harinas de leguminosas, con una concentración de proteína cercana al 50 %, que pueden ser enriquecidas progresivamente por solubilización a pH = 4.5 o en medio hidroalcohólico de los componentes no proteicos (azúcares, sales), ya que las proteínas son insolubles en estas condiciones. El precipitado es neutralizado, lavado y secado, para obtener los preparados conocidos comercialmente como concentrados de proteína vegetal con niveles del orden del 65-75 % de este nutriente. Del mismo modo, la tecnología de obtención de aislados de proteína incluye una solubilización de las proteínas del concentrado en un medio alcalino (pH = 10-12) para separar los glúcidos, la fibra y otros materiales insolubles. El proceso va seguido de una precipitación selectiva de las proteínas del extracto acuoso por acidificación en la zona del punto isoeléctrico de estas proteínas (pH = 4.5), con lo que se obtienen productos con niveles superiores al 90 % en peso de proteína.

Los tratamientos citados permiten obtener preparados enriquecidos en proteínas que, sometidos a ciertos procesos fisicomecánicos, son transformados en estructuras con una consistencia y presentación más aceptables para el consumidor. En la industria, los procedimientos más comunes para la texturización de proteínas vegetales son la extrusión termoplástica a altas temperaturas y presiones y las técnicas de hilado o laminación, que dan lugar a estructuras esponjosas, fibrosas o laminares que se asemejan a las proteínas de origen animal. Las modificaciones fisicoquímicas que se producen con estos procedimientos no se conocen con detalle, pero parece ser que podrían desdoblarse y orientar la disposición espacial de la proteína en determinadas direcciones (Martínez y Macarulla, 1991).

En cuanto a las aplicaciones de los preparados obtenidos a partir de proteínas vegetales, se pueden resumir en las siguientes: como ingredientes o mejoradores por la industria cárnica, láctea, panadera y pastelera, o como constituyentes de fórmulas especiales. La formulación de los productos cárnicos consiste en una mezcla de carne de vacuno, porcino, etc. con un 20-30 % de concentrado proteico rehidratado, convenientemente coloreado y aromatizado. La ventaja de estas mezclas es, además de su elevado contenido proteico, su reducido aporte lipídico (Elias y cols., 1984; Morales y cols., 1995). Igualmente, pueden encontrarse incorporadas en derivados lácteos como quesos y leche en polvo. Así, está adquiriendo importancia la leche de soja, que se

obtiene tras remojar y triturar las semillas de diez veces su volumen (Messina y Messina, 1991). La leche de soja enriquecida con calcio y vitaminas se utiliza en nutrición infantil para sustituir la leche de vaca o en situaciones de intolerancia a alguno de los componentes de la leche animal (Ulloa y cols., 1988). Por otra parte, la leche de soja calentada a 65 °C, a la que se le añade sulfato cálcico (3 g de sal/kg de leche), forma un gel (cuajada de soja o «tofu») que precipita lentamente. Otros productos elaborados a partir de la soja son el miso (pasta de soja fermentada que incluye arroz), el «sufu» (queso de soja preparado a partir del tofu), la salsa, el yogur y el pastel de soja (Belitz y Grosch, 1997; Golbitz, 1995). Finalmente, los concentrados y aislados de proteína vegetal se emplean como aditivos en algunos alimentos con el fin de lograr determinadas propiedades funcionales (espesante, espumantes o emulsionantes). Se ha propuesto el empleo de estos productos proteicos en comidas preparadas, especialidades de desayuno, sopas y salsas, mayonesas, postres y otros (Lusas y Riaz, 1995; García y cols., 1997). También pueden ser empleados por consumidores con unas necesidades dietéticas específicas (hipercolesterolemia, cáncer, diabetes) y en regímenes vegetarianos (Librenti y cols., 1992; Messina, 1995; Fernández-Quintela y cols., 1996).

CONSERVACIÓN. CRITERIOS DE CALIDAD

Las legumbres secas no presentan, en general, problemas para su almacenamiento. La baja disponibilidad de agua y el escaso contenido lipídico reducen los principales procesos de alteración. Durante su almacenamiento, habrá que tener en cuenta el posible desarrollo de mohos y enfermedades parasitarias.

El proceso de maduración de las semillas está relacionado con la calidad del producto, ya que en la última fase de crecimiento del grano se produce un endurecimiento y una disminución del sabor dulce característico, que supone una modificación importante de la calidad. El tiempo óptimo para la recolección del grano afecta a esta variable, para lo que se mide la resistencia a la trituración por fuerzas de cizallamiento mediante aparatos normalizados con los que se puede seguir el proceso de aumento de firmeza. Además de la recolección, la carencia de partes indeseables de la materia prima a consumir es también un criterio de calidad. La limpieza, en el caso de las legumbres, consiste en la eliminación de hojas o tallos, paja, piedras, tierra, restos de otras semillas diferentes, etc. Para separar de forma más efectiva, barata y rápida se recurre a aparatos automáticos que reemplazan la mano de obra, tales como los de limpieza por tamizado, por flotación y aspiración (Aleixandre, 1996).

Igualmente, las legumbres secas envasadas y destinadas al consumo humano deberán estar enteras, sanas, sin defectos exteriores e interiores que hagan desmerecer su aceptación comercial, desprovistas de daños producidos por picaduras o mordeduras de insectos y roedores o por lesiones producidas por medios mecánicos, sin envejecimiento, sin alteraciones ni enmohecimiento, exentas de humedad anormal y de olores y sabores extraños. Además, las semillas deben presentar un estado tal que les permita soportar un transporte y manipulación que asegure su llegada al lugar de destino en condiciones satisfactorias. El contenido de cada envase debe ser homogéneo y contendrá granos de la misma calidad y tipo comercial (CAE, 1975; Recopilación Legislativa Alimentaria, 1983).

A efectos de una adecuada clasificación en la categoría de calidad extra, I o II, se considera la forma, desarrollo y coloración, que se valoran por comparación con los típicos de la variedad. Igualmente, se estima el calibrado, la presencia de materias extrañas tales como residuos minerales, polvo, residuos vegetales, hollejos, granos de otras especies o la presencia de insectos muertos o fragmentos de éstos, así como los defectos. Como ligeramente defectuosos se consideran los granos que no tienen un desarrollo normal, los granos manchados, rugosos, partidos o con ligeros daños; gravemente defectuosos se consideran los granos con parásitos, atacados por insectos o por mohos o podredumbres. En función de los defectos definidos, se establecen para cada una de las categorías diversas tolerancias de calidad (CAE, 1975; Recopilación Legislativa Alimentaria, 1983).

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Wesali, M., Lambert, N., Welham T. y Domoney, C. (1995). «The influence of pea seed trypsin inhibitors on the in vitro digestibility of casein». *J. Sci. Food Agric.*, 68, 431-437.
- Aleixandre, J. (1996). *Procesos de elaboración de alimentos*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Anderson, J. W., Smith, B. M. y Gustafson, N. J. (1994). «Health benefits and practical aspects of high-fiber diets». *Am. J. Clin. Nutr.*, 59, 1242-1247.
- Anderson, R. L. y Wolf, W. J. (1995). «Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing». *J. Nutr.*, 125, 581-588.
- Anthony, M. S., Clarkson, T. B., Hughes, C. L., Morgan, T. M. y Burke, G. L. (1996). «Soybean isoflavones improve cardiovascular risk factors without affecting the reproductive system of peripubertal rhesus monkeys». *J. Nutr.*, 126, 43-50.
- Ayet, G., Muzquiz, M., Burbano, C., Robredo, L. M., Cuadrado, C. y Price, K. R. (1996). «Determinación de saponinas en las principales leguminosas cultivadas en España». *Food Sci. Technol. Int.*, 2, 95-100.
- Barampama, Z. y Simard, R. E. (1995). «Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 48, 349-365.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). «Legumbres». Belitz, H. D. y Grosch, W. En *Química de los alimentos*. Ed. Acirbia, S. A. Zaragoza. España; 797-823.
- Birk, Y. (1996). «Protein proteinase inhibitors in legume seeds: Overview». *Arch. Latinoam. Nutr.*, 44, 26S-30S.
- Bishnoi, S., Khetarpaul, N. y Yadav, R. K. (1994). «Effect of domestic processing and cooking methods on phytic acid and polyphenol contents of pea cultivars (*Pisum sativum*)». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 45, 381-388.
- Cantoral, R., Fernández-Quintela, A., Martínez, J. A. y Macarulla, M. T. (1995). «Estudio comparativo de la composición y valor nutritivo de semillas y concentrados de proteína de leguminosas». *Arch. Latinoam. Nutr.*, 45, 242-248.
- Carmona, A., Borgudd, L., Borges, G. y Levy-Benshimol, A. (1996). «Effect of black bean tannins on in vitro carbohydrate digestion and absorption». *J. Nutr. Biochem.*, 7, 445-450.
- Carroll, K. K. y Kurowska, E. M. (1995). «Soy consumption and cholesterol reduction: Review of animal and human studies». *J. Nutr.*, 125, 594-597.
- Cervera, P. (1995). «Legumbres». Serra, Ll., Aranceta, J. y Mataix, J. En *Documento de consenso. Guías alimentarias para la población española*. SG Editores e Instituto Español de la Nutrición (NEX-GRUP), España; 177-185.
- Código Alimentario Español (1975). Boletín Oficial del Estado. Madrid.
- Cubero, J. I. y Moreno, M. T. (1983). *Leguminosas de grano*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Cuq, J. L. y Leynaud-Rouaud, C. (1997). «Las semillas de leguminosas». Dupin, H., Cuq, J. L., Malewiak, M. I., Leynaud-Rouaud, C. y Berthier, A. M. En *La alimentación humana*. Ed. Bellaterra, Barcelona; 821-840.

- Chitra, U., Singh, U. y Rao, P. V. (1996). «Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber, and minerals of pulses as influenced by processing methods». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 49, 307-316.
- Davidek, J. (1995). *Natural toxic compounds of foods. Formation and change during food processing and storage*. CRC Press, Inc, USA.
- Elias, L. G., Braham, J. E., Navarrete, D. A. y Bressani, R. (1984). «The protein quality of commercial products of texturized soybean protein and meat mixtures». *Arch. Latinoam. Nutr.*, 34, 355-365.
- Ensminger, A. H., Ensminger, M. E., Konlande, J. E. y Robson, J. R. K. (1995). «Legumes». Ensminger, A. H., Ensminger, M. E., Konlande, J. E. y Robson, J. R. K. En *The concise encyclopedia of foods & Nutrition*. CRC Press, Inc, USA; 606-614.
- Esparza, M. L., Martínez, J. A. y Larralde, J. (1996). «Development-related nutritional utilization and immune function in mice fed on two different protein sources». *Nutr. Res.*, 16, 829-839.
- Fernández-Quintela, A., Larralde, J., Macarulla, M. T., Marcos, R. y Martínez, J. A. (1993). «Leguminosas y concentrados de proteína: Nuevas perspectivas y aplicaciones». *Alimentaria*, 59-63.
- Fernández-Quintela, A., Macarulla, M. T., Del Barrio, S. A., Jiménez, M., Ganzábal T. y Martínez J. A. (1996). «Possible role of a pea protein concentrate as a nutraceutical for health purposes». *Agri. Food. Quality*, 400-405.
- Fernández-Quintela, A., Macarulla, M. T., Del Barrio, S. A. y Martínez J. A. (1997). «Composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in northern Spain». *Plant Foods Hum Nutr.*, 51, 331-342.
- Fidanza, F. (1991). «Legumes». Spiller, G. A. En *The mediterranean diets in health and disease*. Van Nostrand Reinhold, New York;102-109.
- Frühbeck, G., Monreal, I., y Santidrián, S. (1997). «Hormonal implications of the hypocholesterolemic effect of intake of field beans (*Vicia faba* L.) by young men with hypercholesterolemia». *Am. J. Clin. Nutr.*, 66, 1452-60.
- García, M. C., Torre, M., Marina, M. L. y Laborda, F. (1997). «Composition and characterization of soya-bean and related products». *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.*, 37, 361-391.
- Geil, P. B. y Anderson, J. W. (1994). «Nutrition and health implications of dry beans: a review». *J. Am. Coll. Nutr.*, 13, 549-558.
- Golbitz, P. (1995). «Traditional soyfoods: processing and products». *J. Nutr.*, 125, 570S-572S.
- Gupta, Y. P. (1987). «Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 37, 201-228.
- Hawrylewicz, E. J., Zapata, J. J. y Blair, W. H. (1995). «Soy and experimental cancer: animal studies». *J. Nutr.*, 125, 698-708.
- Hurrell, R. F., Juillerat, M. A., Reddy, M. B., Lynch, S. R., Dassenko, S. A. y Cook, J. D. (1992). «Soy protein, phytate, and iron absorption in humans». *Am. J. Clin. Nutr.*, 56, 573-578.
- Indar-Brown, K., Noreberg, C. y Madar, Z. (1992). «Glycemic and insulinemic responses after ingestion of ethnic foods by NIDDM and healthy subjects». *Am. J. Clin. Nutr.*, 55, 89-95.
- Jansman, A. J. M., Enting, H., Verstegen, M. W. A. y Huisman, J. (1994). «Effect of condensed tannins in hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) on the activities of trypsin (EC 2.4.21.4) and chymotrypsin (EC 2.4.21.1) in digesta collected from the small intestine of pigs». *Br. J. Nutr.*, 71, 627-641.
- Johnson, I. T., Gee, J. M., Price, K., Curl, C. y Fenwick, G. R. (1986). «Influence of saponins on gut permeability and active nutrient transport in vitro». *J. Nutr.*, 116, 2270-2277.
- Kennedy, A. R. (1995). «The evidence for soybean products as cancer preventive agents». *J. Nutr.*, 125, 733-743.
- Kingman, S. M. (1991). «The influence of legume seeds on human plasma lipid concentrations». *Nutr. Res.*, 4, 97-123.
- Larralde, J. y Martínez, J. A. (1989). «A reappraisal of the nutritional utilization of legumes». *Rev. Esp. Fisiol.*, 45, 220-227.
- Librenti, M. C., Cocchi, M., Orsi, E., Pozza, G. y Micossi, P. (1992). «Effect of soya and cellulose fibers on postprandial glycemic response in type II diabetic patients». *Diabetes Care*, 15, 111-113.
- Licastro, F., Davis, L. J. y Morini, M. C. (1993). «Lectins and superantigens: membrane interactions of these compounds with T lymphocytes affect immune responses». *Int. J. Biochem.*, 25, 845-852.
- Liener, I. E. (1996). «Effects of processing on antinutritional factors in legumes: the soybean case». *Arch. Latinoam. Nutr.*, 44, 48S-54S.
- Lusas, E. W. y Riaz, M. N. (1995). «Soy protein products: processing and use». *J. Nutr.*, 125, 573S-580S.

- Macarulla, M. T., Martínez, J. A., Barcina, Y. y Larralde, J. (1989). «Intestinal absorption of D-galactose in the presence of extracts from *Phaseolus vulgaris* hulls». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 39, 359-367.
- Macarulla, M. T., Marcos, R., Martínez, J. A. y Larralde, J. (1990). «Niveles séricos y tisulares de zinc tras la alimentación con una dieta de leguminosas como fuente de proteína». *Nutr. Clin.*, 10, 31-32.
- Marcos, R., Macarulla, M. T., Martínez, A. y Larralde, J. (1994). «Hormonal diet-induced changes in a pea based diet». *Intern. J. Food Science Nutr.*, 45, 41-47.
- Martínez, J. A., Barcina, Y. y Larralde, J. (1986). «Zinc bioavailability from a faba bean diet to rats». *Rev. Esp. Fisiol.*, 42, 123-124.
- Martínez, J. A. y Macarulla, M. T. (1991). «Valor nutritivo y aspectos tecnológicos de las leguminosas». Martínez, J. A. En *Nutrición y Tecnología de alimentos*. Universidad del País Vasco, San Sebastián; 69-73.
- Martínez, J. A., Esparza, M. L. y Larralde, J. (1995). «Immunological changes in growing mice fed on diets containing casein or peas (*Pisum sativum* var. Belinda) as the source of protein». *Br. J. Nutr.*, 73, 87-97.
- Mataix, F. J. y Salido, G. M. (1985). *Importancia de las legumbres en la Nutrición humana*. F.E.N., Madrid.
- Messina, M. y Messina, V. (1991). «Increasing use of soyfoods and their potential role in cancer prevention». *J. Am. Diet. Assoc.*, 91, 836-840.
- Messina, M. (1995). «Modern applications for an ancient bean: soybeans and the prevention and treatment of chronic disease». *J. Nutr.*, 125, 567S-569S.
- Morales, J. C., Cecin-Salomon, P. y Crail-Chavez, M. L. (1995). «Development of an intermediate moisture product for the elderly based on texturized soybeans». *Arch. Latinoam. Nutr.*, 45, 329-335.
- Oakenfull, D. y Sidhu, G. S. (1990). «Could saponins be a useful treatment for hypercholesterolaemia?». *Eur. J. Clin. Nutr.*, 44, 79-88.
- Ojmelukwe, P. C., Onuoha, C. C. y Obanu, Z. A. (1995). «Effects of processing and in vitro proteolytic digestion on soybean and yambean hemagglutinins». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 47, 293-299.
- Persky, V. y Van Horn, L. (1995). «Epidemiology of soy and cancer: perspectives and directions». *J. Nutr.*, 125, 709-712.
- Phillips, R. D. (1993). «Starchy legumes in human nutrition, health and culture». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 44, 195-211.
- Potter, S. M. (1995). «Overview of proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effect of soy». *J. Nutr.*, 125, 606-611.
- Primo Yúfera, E. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Rao, A. V. y Sung, M. K. (1995). «Saponins as anticarcinogens». *J. Nutr.*, 125, 717-724.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección general de política alimentaria. (1983). Capítulo XVIII. «Leguminosas» (Actualización). En *Recopilación legislativa alimentaria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid; 393-404.
- Rubio, L. A., Grant, G., Dewey, P., Bremmer, Y. y Pusztai, A. (1994). «The intestinal true absorption of ⁶⁵Zn in rats is adversely affected by diets containing a faba bean (*Vicia faba* L.) nonstarch polysaccharide fraction^{1,2,3}». *J. Nutr.*, 124, 2204-2211.
- Saharan, K. y Khetarpaul, N. (1994). «Biological utilization of vegetable peas: Effect of cooking and varietal differences». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 45, 321-329.
- Savage, G. P. y Deo, S. (1989). «The nutritional value of peas (*Pisum sativum*). A literature Review». *Nutr. Abst. Review*, 59, 65-88.
- Savelkoul, F. H. M. G., Van Der Poel, A. F. B. y Tamminga, S. (1992). «The presence and inactivation of trypsin inhibitors, tannins, lectins and amylase inhibitors in legume seeds during germination. A review». *Plant Foods Hum Nutr.*, 42, 71-85.
- Savelkoul, F. H. M. G., Tamminga, S., Leenaars, P. P. A. M., Schering, J. y Ter Maat, D. W. (1994). «The degradation of lectins, phaseolin and trypsin inhibitors during germination of white kidney beans, *Phaseolus vulgaris* L». *Plant. Foods Hum. Nutr.*, 45, 213-222.
- Shekib, L. A. (1994). «Nutritional improvement of lentils, chick pea, rice and wheat by natural fermentation». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 46, 201-205.
- Shibamoto, T. y Bjeldanes, L. F. (1996). «Toxinas naturales de los alimentos vegetales». Shibamoto, T. and Bjeldanes, L.F. En *Introducción a la toxicología de los alimentos*. Ed. Acirbia, S.A., España; 63-91.

- Ulloa, J. A., Valencia, M. E. y García, Z. H. (1988). «Protein concentrate from chickpea: nutritive value of a protein concentrate from chickpea (*Cicer arietinum*) obtained by ultrafiltration and its potential use in an infant formula». *J. Food Sci.*, 53, 1396-1398.
- Zulet, M. A. y Martínez, J. A. (1995). «Corrective role of chickpea intake on a dietary-induced model of hypercholesterolemia». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 48, 269-277.
- Zulet, M. A., Macarulla, M. T., Portillo, M. P., Noel-Suberville, C., Higuera, P. y Martínez J. A. (1999). «Lipid and glucose utilization in hypercholesterolemic rats fed a diet containing heated chickpea (*Cicer Aretinum* L.): A potential functional food». *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 69(6):403-411.

8

HORTALIZAS Y VERDURAS

(M.^a de la Concepción Cid Canda)

INTRODUCCIÓN

Bajo la denominación de hortalizas y verduras se incluye una gran diversidad de alimentos de origen vegetal: verduras, hortalizas, raíces, etc., de frecuente consumo en nuestro país, bien sea en crudo o cocinados; y algunos bien diferenciados en su composición química.

Constituyen, junto con las frutas, los alimentos que más contribuyen a la función reguladora del organismo, principalmente por su aporte de minerales y vitaminas, y porque proporcionan al organismo gran parte del agua que necesita.

DEFINICIÓN

Comprende aquellas partes de los vegetales que, en estado fresco, sin desecar al aire, crudas, cocidas, conservadas o preparadas de diversas formas, sin extracción de componentes esenciales, se utilizan directamente para el consumo humano, con excepción de los frutos procedentes de los árboles frutales.

El Código Alimentario Español designa con la denominación genérica de hortaliza «cualquier planta herbácea hortícola, en sazón, que se puede utilizar como alimento, ya sea en crudo o cocinado. La denominación de verdura distingue a un grupo de hortalizas en las que la parte comestible está constituida por sus órganos verdes (hojas, tallos o inflorescencias) y la de legumbres frescas a los frutos y semillas no maduros de las hortalizas leguminosas».

CLASIFICACIÓN

Desde el punto de vista de la botánica, se trata de un grupo muy diverso en el que se encuentran representadas familias muy diferentes, así como distintas partes de las plantas: frutos, hojas, yemas, tubérculos, raíces y bulbos. El único grupo homogéneo desde ese punto de vista, son las legumbres, grupo que abarca los frutos de las plantas de la familia de las leguminosas, aunque éstos se presentan al consumo de forma diferente: vainas (judías verdes) y granos frescos (guisantes) o secos (alubias, lentejas y garbanzos). Estos alimentos se estudian en otros capítulos.

Las hortalizas se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios; los más importantes son:

1. Desde el punto de vista botánico.
2. Por su forma de presentación al consumidor: según el tratamiento tecnológico al que hayan sido sometidas, si es el caso.
3. Por su calidad comercial: las que determine la reglamentación correspondiente.

El criterio de clasificación más habitual para el estudio de este grupo de alimentos es el botánico. En la Tabla 8-1 se muestran las clases de hortalizas más comunes en nuestro país, clasificadas desde el punto de vista de la botánica sistemática.

Tabla 8-1. Clases de hortalizas

Nombre	Nombre latino	Clase/Orden/Familia
SETAS		
Níscalo	<i>Lactarius deliciosus</i>	Basidiomycetes/Agaricales
Champiñón silvestre	<i>Agaricus campester</i>	Basidiomycetes/Agaricales
Champiñón cultivado	<i>Agaricus hortensis</i>	Basidiomycetes/Agaricales
Trufa	<i>Tuber melanosporum</i>	Ascomycetes/Tuberales
Boleto de carne amarilla	<i>Xenocomus chrysenteron</i>	Basidiomycetes/Boletales
Colmenilla	<i>Morchella esculenta</i>	Ascomycetes/Pezizales
Boleto comestible	<i>Boletus edulis</i>	Basidiomycetes/Boletales
Boleto subtomentoso	<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Basidiomycetes/Boletales
ALGAS		
Lechuga de mar	<i>Ulva lactuca</i>	
RAÍCES		
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae
Rábano	<i>Raphanus sativus var. niger</i>	Brassicaceae
Perejil	<i>Petroselinum crispum ssp. tuberosum</i>	Apiaceae
TUBÉRCULOS		
Patatas	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae
Apio (tubérculo)	<i>Apium graveolens var. rapaceum</i>	Apiaceae
Colinabo	<i>Brassica eleracea covar. acephala var. gongylodes</i>	Brassicaceae
TUBÉRCULOS RADICALES		
Remolacha roja	<i>Beta vulgaris ssp vulgaris var. conditiva.</i>	Chenopodiaceae
Batata (boniato)	<i>Ipomea batatas</i>	Convolvulaceae
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae
BULBOS		
Hinojo	<i>Foeniculum vulgares var. azoricum</i>	Apiaceae
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Liliaceae
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Liliaceae
Puerro	<i>Allium porrum</i>	Liliaceae

continúa

Tabla 8-1. Clases de hortalizas (continuación)

Nombre	Nombre latino	Clase/Orden/Familia
TALLOS		
Espárragos	<i>Asparagus officinalis</i>	Liliaceae
HOJAS (PECIOLOS)		
Apio (hojas y tallo)	<i>Apium graveolens var. dulce</i>	Apiaceae
Ruibarbo	<i>Rheum rhabarborum, Rheum rhaiponticum</i>	Polygonaceae
Berros	<i>Nasturium officinale</i>	Brassicaceae
Escarola	<i>Cichorium intybus L. var. foliosum</i>	Cichoriaceae
Col de China	<i>Brassica chinensis</i>	Brassicaceae
Col	<i>Brassica oleracea covar. acephala var. sabellica</i>	Brassicaceae
Lechuga acogollada	<i>Lactuca capitata var. capitata</i>	Cichoriaceae
Remolacha	<i>Beta vulgaris ssp. vulgaris var. vulgaris</i>	Chenopodiaceae
Col de Bruselas	<i>Brassica oleracea covar. oleracea var. gemmifera</i>	Brassicaceae
Lombarda	<i>Brassica oleracea covar. capitata var. capitata f. rubra</i>	Brassicaceae
Lechuga	<i>Lactuca capitata var. crispa</i>	Cichoriaceae
Espinacas	<i>Spinacia oleracea</i>	Chenopodiaceae
Repollo blanco	<i>Brassica oleracea covar. capitata var. capitata f. alba</i>	Brassicaceae
HOJAS		
Endivia	<i>Cichoricum endivia</i>	Cichoriaceae
Col rizada (berza de saboya)	<i>Grassica oleracea covar. capitata, var. sabauda</i>	Brassicaceae
INFLORESCENCIAS		
Alcachofa	<i>Cynara scolymus</i>	Asteraceae
Coliflor	<i>Brassica oleracea covar. botrytis var. botrytis</i>	Brassicaceae
Brécol	<i>Brassica oleracea covar. botrytis var. italica</i>	Brassicaceae
SEMILLAS		
Judías verdes	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae
Guisantes verdes	<i>Pisum sativum ssp. sativum</i>	Fabaceae
FRUTOS		
Berenjena	<i>Salanum melongena</i>	Solanaceae
Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i>	Cucurbitaceae
Pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	Solanaceae
Pepino	<i>Cacumis sativus</i>	Cucurbitaceae
Tomate	<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	Solanaceae
Calabacín	<i>Cucurbita pepo covar. giromontiina</i>	Cucurbitaceae

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

COMPOSICIÓN Y ASPECTOS NUTRITIVOS

Composición

La composición química de las hortalizas varía significativamente según el tipo y la procedencia. De forma genérica, puede decirse que el contenido acuoso oscila entre el 90 y 80 %, correspondiendo el resto del 10 al 20 % a la materia seca. Sus componentes se distribuyen de la siguiente forma: 3-20 % de hidratos de carbono, 1-5 % de compuestos nitrogenados, 0.6-2.5% de fibra bruta, 0.5-1.5 % de minerales, 0.1 a 0.9% de lípidos. El contenido de vitaminas oscila mucho de un tipo de hortaliza a otro, aunque siempre se encuentran en pequeña proporción. En cantidades más pequeñas contienen otros compuestos químicos, como ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, sustancias aromáticas, pigmentos y otros (Tablas 8-2 y 8-3).

Tabla 8-2. Composición química general de las hortalizas (g/100 g)

Componente químico		Proporción
AGUA		80-90
MATERIA SECA (20-10%)	Hidratos de carbono	3-20
	Fibra bruta	0.6-2.5
	Compuestos nitrogenados	1-5
	Lípidos	0.1-0.9
	Minerales	0.5-1.5
	Vitaminas	Cantidades traza (200 mg)
	Ácidos orgánicos	
	Compuestos fenólicos	
	Sustancias aromáticas	
	Pigmentos	

Tabla 8-3. Composición de algunas hortalizas (% de tejidos fresco, fracción comestible)

Clase	Peso seco	Compuestos nitrogenados	Hidratos de carbono	Lípidos	Fibra bruta	Cenizas
SETAS						
Champiñón	10.0	4.8	3.5	0.2	0.8	0.8
Cantarela	8.5	2.6	3.5	0.8	1.0	0.7
Boleto	13.0	5.4	5.2	0.4	1.0	1.0
RAÍCES						
Zanahoria	11.8	1.1	8.7	0.2	1.0	0.8
Rábano	5.5	1.0	2.9	0.2	0.7	0.8
Perejil	12.0	2.9	2.3	0.6		1.6
TUBÉRCULOS						
Patata	22.2	2.0	18.9 ^a	0.2	0.8	1.1
Apio (raíz)	11.6	1.8	7.2	0.3	1.3	1.0
Colinabo	9.7	2.0	5.6	0.1	1.0	1.0
Remolacha roja	12.7	1.6	9.1	0.1	0.8	1.1

continúa

Tabla 8-3. Composición de algunas hortalizas (% de tejidos fresco, fracción comestible) (continuación)

Clase	Peso seco	Compuestos nitrogenados	Hidratos de carbono	Lípidos	Fibra bruta	Cenizas
TUBÉRCULOS RADICALES						
Boniato	30.8	1.6	26.6 ^b	0.6	0.9	1.1
Mandioca	35.0	0.9	32.0	0.4	0.8	0.4
BULBOS						
Cebolla	10.9	1.5	8.1	0.3	0.6	0.6
Puerro	14.6	2.2	9.9	0.3	1.3	0.9
Hinojo	14.0	2.4	9.1	0.3	0.5	1.7
TALLOS						
Espárragos	8.3	2.5	4.3	0.1	0.7	0.6
HOJAS Y PECIOLOS						
Ruibarbo	5.2	0.6	3.0	0.2	0.7	0.8
HOJAS						
Escarola	5.6	1.3	2.3	0.2	0.9	1.0
Col	17.3	6.0	7.5	0.9		1.5
Lechuga acogollada	5.1	1.6	1.7	0.3	0.7	0.9
Coles de Bruselas	14.8	4.9	6.7	0.6	1.6	1.2
Lombarda	9.8	2.0	5.9	0.2	1.0	0.7
Espinaca	9.3	3.2	3.7	0.4	0.6	1.5
Repollo	7.6	1.3	4.6	0.2	0.8	0.7
INFLORESCENCIAS						
Alcachofa	14.5	2.9	8.2	0.1	2.4	0.8
Coliflor	9.0	2.7	4.2	0.3	1.0	0.9
Brécol	10.9	3.6	4.4		1.5	1.1
SEMILLAS						
Judías verdes	9.9	1.9	6.1		1.0	0.7
Guisantes	22.0	6.3	12.4		2.0	0.9
FRUTOS						
Berenjena	7.6	1.2	4.7	0.2	0.9	0.6
Calabaza	8.7	1.1	5.5	0.1	1.2	0.8
Pimiento	6.6	1.2	3.4	0.3	1.4	0.4
Pepino	5.9	0.9	2.8	0.2	0.6	0.5
Tomate	6.5	1.1	4.2	0.2	0.5	0.5

^a Almidón 14.1 ^b Almidón 19.6 y Sacarosa 2.8.

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Hidratos de carbono

Constituyen la mayor proporción del residuo seco. Aunque su contenido puede variar entre límites que van del 3 al 20 %, es más frecuente que se sitúe entre el 3 y el 9 %, excepto en los tubérculos y raíces en los que puede incluso llegar hasta el 30 %.

Predominan los **polisacáridos** respecto a los azúcares sencillos, lo que hace que tengan un sabor menos dulce y una consistencia más firme que las frutas, debido principalmente a la rigidez que le confieren la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas de las paredes celulares, y en algunos casos también a un alto contenido en almidón. El almidón está muy distribuido como hidratos de carbono de reserva, encontrándose en grandes cantidades en algunas raíces y tubérculos. La fracción pectínica tiene una gran importancia en la rigidez tisular. Los tomates, por ejemplo, son más rígidos cuanto mayor es su contenido en pectinas y en minerales (calcio y magnesio) y cuanto más bajo es el grado de esterificación de las primeras.

Respecto a los **azúcares sencillos**, predominan la glucosa y la fructosa (0.3-4%), así como la sacarosa (0.1-12%). Existen en pequeñas cantidades otros azúcares, por ejemplo, la apiosa en unión glucosídica en *Umbelliferae* (apio y perejil), el manitol en *Brassicaceae* y *Curcubitaceae*, y fructosilsacarosa en las especies de *Allium* (cebollas y puerros).

En la mayoría de los casos el contenido en **fibra bruta** está próximo al 1%.

Compuestos nitrogenados

Sólo parte de las sustancias nitrogenadas se encuentran en forma de **proteínas**. La fracción proteica se compone en su mayor parte de enzimas, que en la manipulación y preparación de las hortalizas pueden desempeñar un papel positivo o negativo. Por un lado, participan en la formación de aromas típicos y, por otro, son responsables de la producción de aromas no deseados, alteraciones tisulares y modificaciones del color. Entre las **enzimas** presentes en las hortalizas cabe citar:

- Oxidorreductasas, tales como lipoxigenasas, polifeniloxidasas y peroxidasas.
- Hidrolasas, tales como glucosidasas, estererasas, proteasas.
- Transferasas, como las transaminasas.
- Liasas, como la ácido glutámico descarboxilasa, alliinasa.
- Ligasas, como la glutamina sintetasa.

Además de las enzimas, también existen **inhibidores enzimáticos**, como por ejemplo los inhibidores frente a las serinproteinasas en la patata; en las judías verdes y pepinos existen proteínas con acción inhibidora de las enzimas pectinolíticas.

Las hortalizas poseen numerosos **aminoácidos no proteicos**. Entre ellos se encuentra una serie de homólogos superiores de los aminoácidos proteicos que, en general, se forman en uno de los pasos de la transformación de oxalacetato en cetoglutarato del ciclo del ácido cítrico.

En diversas hortalizas se han detectado también **aminas**; así, por ejemplo, histamina, *N*-acetil-histamina y *N-N* dimetilhistamina en las espinacas; triptamina, serotonina y tiramina en el tomate y la berenjena.

Lípidos

El contenido de lípidos es muy bajo, del orden de 0.1-0.9%. Además de triacilglucéridos existen glucolípidos y fosfolípidos.

Minerales

El potasio es el más importante, seguido del calcio, el sodio y el magnesio. Respecto a los aniones, los más abundantes son el fosfato y el cloruro, además del carbonato. La Tabla 8-4 presenta el contenido en minerales de las hortalizas.

Vitaminas

Los valores de vitaminas oscilan mucho según el tipo y el clima; por ejemplo, en las espinacas las oscilaciones del contenido en ácido ascórbico van de 40 a 155 mg/100 g de peso fresco. Por término general, representan desde cantidades traza hasta

Tabla 8-4. Minerales de las hortalizas (mg/100 g de tejido fresco)

Clase de hortaliza	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Co	Cu	Zn	P	Cl	F
Coliflor	328	16	20	17	0.6	0.2		0.1	0.2	54	29	0.01
Judía verde	256	1.7	51	26	0.8	0.5		0.1		37	36	0.01
Guisante verde	296	2	26	33	1.9	0.7	0.003	0.2	3	119	40	0.02
Pepino	141	8.5	15	8	0.5	0.2		0.1	0.2	23	37	0.02
Remolacha roja	336	86	29	1.4	0.9	1.0	0.001	0.2	0.6	45	0.4	0.02
Tomate	297	6.3	14	20	0.5	0.1	0.01	0.1	0.2	26	60	0.02
Col	227	13	46	23	0.5	0.1	0.01	0.1	0.8	28	37	0.01

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Tabla 8-5. Contenido en vitaminas de las hortalizas (mg/100 g peso fresco)

Clase de hortaliza	Ácido ascórbico	Tiamina	Riboflavina	Ácido nicotínico	Ácido fólico
Alcachofas	12	0.08	0.05	1.0	
Berenjenas	5	0.05	0.05	0.6	
Coliflor	78	0.11	0.10	0.7	0.02
Brécol	113	0.10	0.23	0.9	
Col	186	0.16	0.26	2.1	
Pepino	11	0.03	0.04	0.2	0.02
Lechuga	10	0.06	0.09	0.4	
Zanahoria	8	0.06	0.05	0.6	
Pimiento	128	0.08	0.08	0.5	
Puerro	17	0.11	0.06	0.5	
Rábano	26	0.03	0.03	0.3	
Coles de Bruselas	102	0.10	0.16	0.9	
Remolacha roja	10	0.03	0.05	0.4	
Lombarda	61	0.09	0.06	0.4	0.04
Apio	8	0.05	0.06	0.7	
Espárragos	33	0.18	0.20	1.5	
Espinacas	51	0.10	0.20	0.6	0.08
Tomate	23	0.06	0.04	0.7	0.01

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

200 mg/100 g de producto fresco. La Tabla 8-5 recoge un cuadro orientativo sobre el contenido en algunas vitaminas de las hortalizas.

Además de los nutrientes mencionados hasta el momento, las hortalizas contienen también otras sustancias químicas importantes y que contribuyen notablemente a sus cualidades organolépticas.

Ácidos orgánicos

El contenido en ácidos libres titulables es de 0.2-0.4g/100 g de tejido fresco, proporción baja respecto a la de las frutas. Los más importantes son el ácido cítrico y el málico. El ácido oxálico se presenta en algunas hortalizas en grandes cantidades. La Tabla 8-6 recoge el contenido de algunos ácidos orgánicos en las hortalizas.

Compuestos fenólicos

En las hortalizas se encuentra presente el ácido *p*-hidroxibenzoico, el ácido hidroxicinámico, las flavonas y los flavonoles.

Sustancias aromáticas

Son numerosos los compuestos responsables del aroma en algunas hortalizas. Cabe citar el (R)-1-octen-3-ol, que procede de la degradación enzimática-oxidativa del ácido linoleico, responsable del aroma de los hongos. De algunas *setas* se aísla, como compuesto típico con un aroma muy fuerte, el 1,2,3,5,6-pentatienano (lentionina).

El aroma del *perejil* se debe a diversos hidrocarburos monoterpénicos.

El aroma de los *boniatos* asados se correlaciona positivamente con la formación de 2,3-pentanodiona, 2-furfurilmetilcetona, 5-metilfurfural y linalol, y negativamente

Tabla 8-6. Ácidos orgánicos de las hortalizas (mg/100 g de tejido fresco)

Hortaliza	Ácido málico	Ácido cítrico	Ácido oxálico
Alcachofas	170	100	
Berenjenas	170		
Coliflor	390	210	
Judías verdes	112	34	20-45
Brécol	120	210	
Guisantes verdes	75	142	
Col	50	350	13-125
Zanahoria	240	90	0-60
Puerro		59	0-89
Ruibarbo	910	137	230-500
Coles de Bruselas	200	240	37
Remolacha roja		110	30-138
Acedera			360
Col	100	140	
Cebolla	170	20	

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

te con las concentraciones demasiado elevadas de furfural, benzaldehído y 2-pentil-furano.

En los *rábanos*, el principio picante es el metiltio-*trans*-3-butenil-isotiocianato, que al romper los tejidos se forma a partir del correspondiente glucosinolato.

En las *cebollas* crudas, los alquiltiosulfonatos son importantes para su aroma, mientras que en las cebollas cocidas conviene destacar los disulfuros y trisulfuros de propilo y de propanilo. El principal precursor del aroma del *ajo* es el *S*-alil-L- cisteín-sulfoxido (aliína), que se acompaña en la cebolla de *S*-metil y *S*-propil derivados.

En los *berros*, es el feniletilisotiocianato el principal responsable del aroma.

En la *lombarda*, el *repollo* y las *coles de Bruselas*, los aceites de mostaza constituyen más del 6 % de la fracción volátil total; también se pueden detectar gran número de otros compuestos azufrados: entre otros, el ácido sulfhídrico, el metanotiol y el sulfuro de dimetilo, así como el dimetilsulfuro y el trimetilsulfuro.

En el *brécol* y la *coliflor* hervidos son también muy importantes los compuestos azufrados, además del nonanal. El 3-metiltiopropilisotiocianato contribuye al aroma típico de la coliflor y el 4-metiltiobutil-isotiocianato al del brécol.

El aroma de los *guisantes* verdes se debe a aldehídos y pirazinas, mientras que el de los pepinos se debe al *trans*-2,*cis*-6-nonadienal y *trans*-2-nonenal. El del *tomate* puede ser atribuido a una mezcla de compuestos de carbonilo (32 %), alcoholes de 3 a 6 átomos de carbono (10 %), hidrocarburos, alcoholes de cadena larga y ésteres (58 %).

En los *pepinillos* se ha identificado, con bastante seguridad, el nonadienal-2,6 como responsable del sabor típico. Junto con él se identifican otros compuestos similares (hexanal, hexanal-2 y nonenal-2).

Pigmentos

Las hortalizas contienen gran variedad de compuestos químicos responsables de las coloraciones que tienen.

Clorofila: responsable del color verde de las hojas sin madurar. Existen dos tipos de clorofilas: *clorofila a*, de color verde azulado, y *clorofila b*, de color verde amarillento; se encuentran en proporción de 3:1 aproximadamente.

Carotenoides: se encuentran ampliamente distribuidos en las hortalizas. Son los responsables de las coloraciones amarillo anaranjadas, e incluso rojas. Existen dos tipos: *carotenos* y *xantofilas*.

Betalainas: son pigmentos que comprenden el *betaciano* rojo violeta y la *beta-xantina* amarilla. Proporcionan color rojo a algunas hortalizas, por ejemplo, a la remolacha roja y a algunos hongos.

También contienen gran variedad de **compuestos de tipo fenólico**, que de forma más o menos directa están relacionados con su color; algunos, como los *antocianos*, son realmente colorantes o pigmentos naturales, y otros, aunque no pueden considerarse como tales, intervienen en reacciones que dan lugar a coloraciones típicas.

Otro grupo de interés es el de los **fenoles** (principalmente difenoles). En las patatas los más importantes son la tirosina, el ácido cafeico y el ácido clorogénico. Se considera que estos compuestos son responsables del rápido pardeamiento que se produce en la superficie. En la alcachofa se ha detectado la presencia de ácido cafeico, ácido quínico y ácido clorogénico, entre otros.

Además, algunas hortalizas contienen también otras sustancias con propiedades bociógenas. Dentro de estas *sustancias bociógenas* conviene destacar la *rodanida*, originada por degradación enzimática en algunas hortalizas como las berzas, los colinabos y las coliflores. Las *tiooxazolidonas* y la *goitrina* son otros compuestos con carácter bociógeno que se forman como productos secundarios durante las transformaciones sufridas por las hortalizas.

Aspectos nutritivos

El valor de las hortalizas como fuente de macronutrientes (proteínas, grasa e hidratos de carbono) es limitado, aunque existen algunas excepciones, como por ejemplo los tubérculos, que son ricos en almidón. Su principal valor nutritivo deriva de su contenido en micronutrientes (vitaminas y minerales), y en hidratos de carbono complejos difíciles de digerir (fibra de la dieta), que aunque tienen muy poco valor nutritivo, son importantes para la función intestinal.

Se puede afirmar, por lo tanto, que las hortalizas constituyen un grupo de alimentos con **carácter regulador** por su elevado contenido en agua, vitaminas y sales minerales. Conviene destacar el aporte de sales minerales, en concreto el calcio, el potasio de las patatas y hortalizas de hoja verde o el hierro. Algunas presentan carácter irritante por su contenido en azufre (p. ej., los puerros, cebollas, ajos, coles, etc.), que hace que estos productos estén contraindicados en las personas con afecciones digestivas o renales.

En cuanto a las vitaminas, es especialmente interesante el aporte de vitamina C, fundamentalmente de las coles, espinacas, pimiento y perejil, y de vitamina A, de las que tienen un color acusado, como por ejemplo tomate, zanahoria, pimiento y perejil, entre otras.

Por lo que respecta al **valor plástico**, hay que señalar que es prácticamente nulo, debido a su escaso contenido en proteínas y a que éstas además son de escaso valor biológico.

Las hortalizas constituyen un grupo de alimentos que carece de **valor energético**, ya que no contienen lípidos, y los hidratos de carbono tienen fundamentalmente carácter estructural.

Los tratamientos culinarios a los que habitualmente se someten las hortalizas provocan pérdidas de nutrientes, principalmente por dos vías: a) disolución en el agua de cocción de los compuestos químicos hidrosolubles, como algunas vitaminas, minerales, azúcares sencillos, algunas sustancias nitrogenadas y pigmentos hidrosolubles, y b) pérdida de sustancias por inactivación o destrucción, fundamentalmente de vitaminas. Por ello, conviene extremar el cuidado en la preparación previa y cocinado de este tipo de alimentos.

PROPIEDADES SENSORIALES

En general, la preferencia del consumidor medio por un tipo de hortaliza u otro dependerá con mayor probabilidad de su sabor, aroma y olor que del conocimiento de

Tabla 8-7. Principales compuestos químicos responsables de las cualidades sensoriales en las hortalizas

Cualidad sensorial	Sustancias químicas responsables
Textura	Fibra
Sabor y aroma	Ésteres Cetonas Aldehídos Alcoholes Terpenos Compuestos azufrados (generalmente olores y sabores desagradables)
Color	Clorofilas (verde) Carotenoides (amarillo, naranja, rojo) Antocianinas (rojo, púrpura, azulado) Betalaínas (violeta, amarillo)

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

sus cualidades nutritivas. El gusto y aroma contribuyen al sabor, y ambas cualidades están tan relacionadas que resulta difícil distinguirlas o definir las. Todas ellas tienen origen químico, ya que están causadas por la presencia en las hortalizas de compuestos específicos; sin embargo, no siempre es posible afirmar con seguridad por qué una hortaliza debe tener el gusto, aroma y sabor característicos que se asocian a él. La Tabla 8-7 recoge un cuadro resumen.

Textura

La textura es una cualidad sensorial muy importante en las hortalizas, hasta el punto de que una textura firme se considera índice de frescura y factor determinante de su aceptabilidad, principalmente en aquellas hortalizas que están destinadas a ser consumidas en crudo, como por ejemplo el apio y la lechuga. La marchitez, por el contrario, se considera característica de falta de frescura. Ello hace necesario un extremo cuidado después de la recolección para mantener la textura original del producto a través de los canales de distribución y de venta. Esto resulta especialmente difícil en los vegetales que tienen un gran contenido en agua, los cuales requieren una humedad ambiental muy alta para mantener la turgencia de la estructura celular, con el grave inconveniente que esto supone por favorecer el desarrollo de hongos. La estructura celular también se altera por acción del calor, lo que aconseja el mantenimiento de las hortalizas en lugares frescos.

Sabor y aroma

Las hortalizas, en general, no tienen olores y sabores tan agradables y marcados como las frutas; sin embargo, aunque menos intensos que los de aquellas, son igual-

mente distintivos. Los compuestos responsables de ellos son, esencialmente, ésteres, cetonas, alcoholes y aldehídos. En ciertos casos también se detectan terpenos y en algunas hortalizas dominan los sulfuros y sulfóxidos complejos.

Muchos de los olores menos atractivos y específicos de algunas hortalizas se deben a compuestos de azufre. La col, las coles de Bruselas y la coliflor deben su olor a un grupo de compuestos azufrados que se conocen como isotiocianatos o aceites de mostaza. En las hortalizas crudas e íntegras, estos compuestos de olor desagradable están unidos al azúcar, y de esa manera se hacen inodoros. Cuando los tejidos de las plantas son dañados por el corte, el magullamiento o la masticación, una enzima cataliza el desdoblamiento de los complejos compuestos que contienen azufre y se liberan los isotiocianatos de olor picante. Los sabores y olores así producidos varían en intensidad desde el olor acre de la semilla triturada de mostaza hasta el olor relativamente suave de la col picada o desmenuzada. Cuando las hortalizas del tipo de la col se cuecen en agua hirviendo, se desdoblán los complejos compuestos del azufre y se combinan con otros materiales vegetales, produciéndose entonces nuevos compuestos de azufre con un fuerte olor, que incluyen el gas sulfuro de hidrógeno.

El ajo, la cebolla, el puerro y los cebollinos deben sus olores y sabores similares, pero diferentes, a la presencia de compuestos de azufre. Estas hortalizas contienen un compuesto derivado de la cisteína que es inodoro mientras se encuentra en los tejidos de la planta; sin embargo, cuando las células se rompen por trituración, este compuesto se transforma enzimáticamente en otros compuestos de azufre, algunos de los cuales tienen un olor penetrante, y otros son lacrimógenos.

El sabor ácido de algunas hortalizas se debe a la presencia de sustancias de esta naturaleza, como por ejemplo el ácido oxálico en los tomates y en los tallos de rubarbo.

Color

El color constituye una de las cualidades sensoriales más apreciables a simple vista, y en consecuencia tiene un papel muy importante en las características de calidad de las hortalizas.

El color de las hortalizas varía bastante de unas a otras, y en él tienen gran importancia, sobre todo, tres tipos de compuestos, que forman parte de su composición química: las clorofilas, responsables de los colores verdes; los carotenoides, que proporcionan los colores amarillo, anaranjado y rojo; y la antocianina, con colores rojo, púrpura y azulado; menos frecuentes son las betalainas, que proporcionan colores violetas o amarillos.

Estos compuestos, con el transcurso del tiempo, y como consecuencia de los tratamientos culinarios y tecnológicos a los que se someten las hortalizas, sufren cambios que originan modificaciones en las cualidades de color características de cada hortaliza.

Las *clorofilas* son el pigmento más abundante en las hortalizas de hojas, y el responsable de su color verde. La molécula de clorofila no es estable, y tanto el átomo central de magnesio (Mg) como la cadena lateral de fitilo son fácilmente extraíbles cuando las frutas o las hortalizas se cocinan o se procesan. El átomo de Mg es despla-

zado por el calor en condiciones ácidas, y se producen derivados de la clorofila de color oscuro (feofitina a y b, respectivamente). Si se añade bicarbonato de sodio al agua en la que se cuecen las verduras, ésta «conserva» el color verde porque se impide o retrasa la pérdida de Mg; sin embargo, esta práctica no se recomienda ya que hace que se pierda vitamina C. El desplazamiento del átomo central de Mg de la molécula de clorofila hace que las hortalizas verdes en conserva pierdan su color natural, lo que puede ocurrir cuando se enlatan o durante el almacenamiento subsiguiente, y está causado probablemente por la liberación de ácidos orgánicos de los tejidos de la planta. Para compensar la pérdida del color natural, se añaden generalmente colorantes artificiales a las hortalizas verdes enlatadas. La cadena lateral de fitilo puede separarse de la molécula de clorofila durante el escaldado, la cocción o el procesamiento. El resto de la molécula, que conserva su color verde, es más soluble en agua, y la pérdida de color puede ocurrir por la transferencia al agua circundante.

Carotenoides: son los pigmentos más extendidos en el reino vegetal. Se encuentran en las hortalizas verdes, junto con la clorofila, y son responsables de las coloraciones amarillas, anaranjadas e incluso rojas. Existen dos tipos de carotenoides: *carotenos*, que son hidrocarburos y predominan en las plantas de color anaranjado o rojizo, y *xantofilas*, que contienen además oxígeno y que se encuentran en las plantas de color amarillo.

En condiciones normales, estos pigmentos se encuentran en los tejidos de las plantas en un ambiente protegido y sólo tienen lugar pequeñas pérdidas durante el almacenamiento o las operaciones normales del cocinado.

Las **antocianinas:** pertenecen a un tipo de compuestos, conocidos como flavonoides, que proporcionan colores rojos, púrpuras y azules a las hortalizas. En los tejidos vegetales se encuentran combinados con azúcares; el número de las diferentes combinaciones y, por tanto, de los diferentes colores, es muy grande. Las antocianinas son solubles en agua y se pierden con facilidad durante la cocción. También son sensibles a los cambios de acidez, que los hacen cambiar de color.

El color de la col roja se debe a un glucósido de la cianidina, y el rojo de algunas variedades de cebollas a compuestos antociánicos. En algunas variedades de coliflor se ha detectado la presencia de leucoantocianos, precursores incoloros de los antocianos. Uno de los flavonoides más importantes en las hortalizas es la quercetina, del grupo de los flavonoles; se considera responsable del color amarillo de algunas variedades de cebollas. Un glucósido de la quercetina, la rutina, se encuentra en las yemas de los espárragos, siendo su concentración mayor cuanto más coloreadas son las yemas.

Las **betalaínas:** son otro grupo de pigmentos que proporcionan color rojo a algunas hortalizas como, por ejemplo, a la remolacha y a algunos hongos. Comprenden la *betaxantina*, de color amarillo, y el *betaciano*, de color rojo violeta.

ASPECTOS SANITARIOS Y TOXICOLÓGICOS

Desde el punto de vista sanitario, conviene señalar que las hortalizas constituyen un grupo de alimentos muy perecedero, aunque presentan la ventaja de que el pH de los líquidos celulares es ligeramente ácido y, por tanto, capaz de inhibir a muchas bac-

terias, de tal modo que su alteración microbiológica se debe principalmente a los mohos (hongos). Las bacterias de putrefacción pueden provocar también pérdidas graves en determinadas circunstancias.

Los mayores riesgos corresponden a *Clostridium botulinum* y a *Listeria monocytogenes*.

Clostridium botulinum puede contaminar muchos tipos de alimentos, e incluso es capaz de crecer en condiciones anaerobias. En circunstancias adversas, pueden formar esporas que se mantienen viables durante largos períodos de tiempo y que pueden retornar a formas capaces de reproducirse cuando las condiciones les sean favorables. Sus esporas resisten al calor, pero el microorganismo es sensible a los ambientes ácidos y normalmente no se puede multiplicar a un pH inferior a 4.5; de ahí que, para proteger frente a él, se recurra al empleo de nitrito sódico o dióxido de azufre en proporción suficiente para generar concentraciones adecuadas de ácido nitroso o de ácido sulfuroso, respectivamente, o bien al enlatado, en que puede alcanzarse una elevada temperatura de esterilización.

Es inevitable la contaminación de las hortalizas por *Listeria*. Este microorganismo es sensible al ambiente ácido y al calor, y muere al pasteurizar el alimento; no obstante, es capaz de multiplicarse a temperatura de refrigeración, por lo que se recomienda el calentamiento de los alimentos antes de su consumo.

Las hortalizas son un grupo de alimentos que tienen sustancias químicas que pueden representar mayor o menor riesgo de toxicidad. Producen diversas *toxinas*, probablemente como una forma de defenderse de los insectos predadores. Presentan también compuestos que son potencialmente tóxicos para el hombre, aunque son destruidos o lixiviados mediante el tratamiento térmico.

Contienen también *inhibidores de enzimas*, principalmente de la tripsina, presentes en las semillas de soja y en los frijoles. Así mismo, contienen compuestos *cianógenos*, que clásicamente se encuentran en la raíz de mandioca y también en los frijoles. Algunas hortalizas contienen también oxalatos y compuestos fenólicos, que impiden la asimilación de algunos nutrientes.

De los *compuestos fenólicos*, el más representativo es la quercetina, al que se ha prestado especial interés en los últimos años como consecuencia de su actividad mutágena.

Respecto a los *oxalatos*, abundan especialmente en el ruibarbo, las espinacas y las hojas de remolacha. El contenido en oxalato de estos vegetales oscila entre el 0.2 y el 1.3 %. El oxalato está presente en mayores proporciones en las hojas que en los tallos (como el ruibarbo) o la raíz (como en la remolacha y la zanahoria). El principal inconveniente de este compuesto es su notable efecto sobre el metabolismo del calcio, que se manifiesta fundamentalmente por un descenso de los niveles sanguíneos; además, en la intoxicación por oxalatos se pueden presentar lesiones renales y convulsiones.

La col, la coliflor, las coles de Bruselas, la col rizada, los nabos y el brécol tienen una proporción considerable de *glucosinolatos*, compuestos sulfurados con estructura de tioglucósidos que actúan como bociógenos, ya que por hidrólisis dan lugar a compuestos como la 5-vinil-oxazolidintona, que impide la fijación del yodo a la glándula del tiroides. Generalmente, la mayor concentración de estos compuestos se encuentra en las semillas, en algunos casos en elevada proporción.

Las sustancias que han sido más estudiadas son aquellas que poseen una toxicidad aguda moderadamente fuerte y que tienen una larga historia como tóxicos para el hombre (solanina, glucósidos, cianógenos, oxalatos y setas).

DERIVADOS

Con el fin de alargar su vida útil, las hortalizas frescas pueden ser sometidas de forma rápida a distintos tratamientos tecnológicos, que dan lugar a los diferentes productos derivados que existen en el mercado: hortalizas en conserva, congeladas, desecadas, fermentadas, en vinagre, saladas, puré de hortalizas, zumos de hortalizas y hortalizas en polvo.

Hortalizas en conserva

Bajo esta denominación se incluyen los productos que han sido sometidos a un tratamiento térmico de conservación, por lo general un proceso de esterilización, previo envasado en botes de hojalata o en frascos de vidrio.

La **esterilización** es el procedimiento más importante para el procesamiento de las hortalizas. Al igual que para otros alimentos, se tiende a emplear temperaturas más altas y tiempos más cortos (esterilización HTST), para que los productos conserven una mejor calidad en cuanto a su valor nutritivo, consistencia, aroma y color. Las temperaturas y el tiempo de calentamiento dependen del tipo y la consistencia de las hortalizas, el tamaño del envase y el material del mismo, y deben establecerse para cada caso con el fin de conseguir una medición precisa de la temperatura del producto durante el proceso de esterilización.

La esterilización se realiza en autoclaves. Como líquido de cobertura se utiliza con frecuencia una disolución de cloruro sódico al 1-2 %, a la que se puede añadir azúcar, ácido cítrico (hasta 0.05 %, por ejemplo), sales de calcio para dar solidez al tejido (tomate, coliflor) y glutamato monosódico (100-150 mg/Kg) para reforzar el sabor.

El tratamiento térmico suele reblandecer la textura de las verduras, lo que se debe a diversos factores como la pérdida de turgencia, de aire vascular y extracelular, y la desnaturalización y degradación de los componentes de la membrana celular y de otros polisacáridos. Condiciones ligeramente alcalinas (poco frecuentes) provocan una fuerte degradación de las pectinas. Durante el calentamiento en medio acuoso, los gránulos de almidón se gelatinizan, lo que sin duda afecta a la textura de algunos productos. En cambio, los tejidos esclerenquimatosos mantienen su rigidez incluso tras un calentamiento prolongado.

Las modificaciones de la textura pueden reducirse al mínimo utilizando productos menos maduros, tratamientos térmicos menos intensos, eligiendo cultivos menos susceptibles al reblandecimiento, o añadiendo ácidos, inhibidores de enzimas pécticas o sales cálcicas al líquido de gobierno de los productos que van a ser enlatados.

El calentamiento también puede provocar cambios intensos en el aroma, pero el mecanismo químico de estos cambios es todavía incompleto. En general, se deben a la pérdida de ciertos compuestos volátiles o a la formación de sustancias nuevas como

consecuencia de la degradación o adición. Las pérdidas de compuestos volátiles originan también cambios en el aroma de los productos enlatados, como las coles o las cebollas. Pero también en los productos envasados pueden generarse nuevas sustancias volátiles que modifican su aroma; por ejemplo, formación de ácido sulfhídrico y otros compuestos sulfurados volátiles en coles y maíz enlatados. En algunos casos, las sustancias no volátiles pueden también contribuir a los cambios de aroma que se producen en los alimentos enlatados.

La temperatura provoca igualmente cambios en la coloración, por ejemplo, si no se toman las debidas precauciones para evitar la actividad polifenoloxidasas que se produce como consecuencia de la rotura de tejidos, tanto antes del tratamiento térmico como en sus primeras fases. En estos casos, los productos pueden desarrollar un color marrón. Para evitarlo, se aconseja proceder al escaldado previo. Cuando las condiciones del medio son favorables a este tipo de reacciones, el pardeamiento no enzimático de Maillard también puede contribuir a los cambios de coloración originados en algunos productos vegetales durante el tratamiento térmico y el almacenamiento posterior.

El **escaldado** es un tratamiento térmico que consiste en someter a los tejidos durante unos pocos minutos a 100 °C con agua caliente o vapor. Se suele realizar como paso previo a la congelación o radiación para inactivar las enzimas. También se realiza antes de la esterilización, con el objetivo principal, entre otros, de eliminar el aire atrapado en los tejidos además de eliminar sustancias sápidas no deseadas (coles), y el ablandamiento y la reducción del volumen, de tal modo que la densidad del empaquetamiento sea mayor.

Hortalizas congeladas

Se obtienen cuando se las somete a un proceso de congelación, en condiciones normales, o a ultracongelación, en condiciones más drásticas.

Para proceder a la congelación, el producto se enfría hasta una temperatura inferior a -20 °C y se mantiene a estas temperaturas. También puede acudir al sistema de ultracongelación, en el que los alimentos, después de haber sido escaldados en agua caliente para inactivar sus enzimas, se enfrían y a continuación se congelan en aparatos de congelación de placas o de aire a -40 °C por lo menos, y se almacenan a temperaturas de -18 °C a -20 °C. Las técnicas criogénicas todavía no tienen importancia en el procesado de hortalizas.

Los cambios más notables en las verduras adecuadamente congeladas, almacenadas y descongeladas, afectan a su textura y se hacen muy evidentes en tejidos como los de la lechuga, que sufren una pérdida importante de turgencia y de consistencia. Estos cambios se deben principalmente al daño físico provocado por la formación de hielo, que conduce a la pérdida de turgencia de la célula, al desplazamiento del agua endógena y a la separación de las células. Mediante la ultracongelación se consigue que los productos descongelados tengan mejor textura, siempre que se evite su almacenamiento en congelación o que éste sea breve y a temperaturas muy bajas. Mediante tratamiento con sales de calcio se consigue incrementar la textura de los tejidos vegetales.

La degradación de los pigmentos responsables del color no constituye un problema en las hortalizas congeladas, salvo que las enzimas de degradación hayan sido insuficientemente inactivadas.

Los cambios de aroma de los tejidos vegetales, congelados adecuadamente, sólo se manifiestan por lo general después de un almacenamiento prolongado, y tienen lugar como consecuencia de reacciones oxidativas enzimáticas y no enzimáticas, que se producen lentamente a las temperaturas normales de almacenamiento en congelación. Las alteraciones del aroma son consecuencia tanto de la modificación del aroma fresco característico del producto como del desarrollo simultáneo de aromas anormales. En ocasiones, el desarrollo de estos aromas se produce de forma simultánea a la pérdida del color. Ambos fenómenos pueden evitarse inactivando enzimas oxidativas como la peroxidasa y la lipoxigenasa.

El escaldado de las hortalizas, previo a la congelación, puede provocar pérdidas importantes de minerales y vitaminas hidrosolubles especialmente si se realiza con agua. Sin embargo, los cambios que la congelación produce por sí misma en los nutrientes de los tejidos vegetales son pequeños. El almacenamiento prolongado en congelación puede provocar pérdidas importantes, especialmente de algunas vitaminas como el ácido ascórbico, en que las reacciones de degradación están catalizadas por enzimas todavía activas o por iones metálicos. El oxígeno acelera también algunas de estas reacciones.

Este método se aplica mucho a hortalizas de hoja como las espinacas, las acelgas, las judías verdes, las coles de Bruselas, y a otras como las zanahorias, los guisantes y las coliflores.

Hortalizas desecadas

Se obtienen mediante deshidratación de las hortalizas hasta conseguir disminuir el contenido de agua del producto fresco hasta el límite para el desarrollo bacteriano, y con ello preservar los componentes importantes desde el punto de vista nutritivo, el sabor, aspecto, etc.

Es importante que los productos frescos sean apropiados para la deshidratación y que alcancen una calidad conveniente tras su rehidratación. Esto supone la elección de variedades adecuadas y la recolección en el momento adecuado de maduración. La elección de la variedad puede depender de características sensoriales, de la idoneidad para la recolección mecanizada y posterior manipulación, de la adecuación para la deshidratación y rendimiento tras la rehidratación, así como de consideraciones normales tales como el rendimiento, la zona de cultivo, la resistencia a las infecciones, la dureza y las fechas de siembra y de recolección.

Este tipo de tratamiento se aplica con más frecuencia a las raíces, brasicas y otros, como nabos, apio, puerros, cebollas, ajos, setas, rábanos picantes y hierbas como el perejil. También pueden deshidratarse los espárragos los pimientos morrones los pimientos rojos y verdes.

Para obtener productos desecados, las hortalizas se lavan, y se pelan, y se eliminan las partes no deseadas o bien se cortan en rodajas o cubitos. Se escaldan con agua caliente o vapor entre 2 y 7 minutos para inactivar las enzimas. Finalmente, pueden tratarse con SO₂.

La desecación se efectúa en desecadores de banda o de canal a 55-60 °C hasta un contenido final de agua de 4-8 %. Los productos líquidos o pastosos (por ejemplo, el puré de patatas o de tomate) se desecan en rodillos o por atomización, y algunos productos delicados en lecho fluido. La liofilización se aplica a productos muy valiosos que, debido a su estructura porosa, se rehidratan bien.

El proceso de desecación comporta una serie de alteraciones graves tanto en la textura como en las cualidades sensoriales e incluso en el valor nutritivo, que dependen en gran medida del modo en que se ha realizado la deshidratación, y más en concreto del escaldado para la inactivación de enzimas.

Los vegetales liofilizados poseen una textura semejante a la de los simplemente congelados, es decir, bastante buena; sin embargo, si la deshidratación se realiza a temperatura elevada, se genera a veces en la superficie del producto una capa impermeable que le confiere una textura gomosa.

El principal cambio de color se debe a las reacciones de pardeamiento, que puede ser enzimático, si no se han escaldado suficientemente, o no enzimático. Si en la deshidratación se utiliza aire caliente, la clorofila puede convertirse en feofitina, provocando un cambio de color verde brillante a verde oliva oscuro. Si las enzimas oxidativas han sido convenientemente inactivadas por escaldado, los carotenoides de los productos deshidratados se mantienen estables. Las antocianinas son sensibles a los sistemas convencionales de deshidratación, y si no se emplean compuestos sulfurados, adquieren color grisáceo.

La deshidratación convencional origina también una pérdida considerable de compuestos aromáticos volátiles, y como consecuencia de las reacciones de Maillard y otras reacciones químicas se generan sustancias nuevas. La liofilización permite conservar mejor el aroma original, ya que las reacciones químicas y las pérdidas de sustancias aromáticas quedan reducidas al mínimo.

Si no se toman las precauciones adecuadas para reducir al mínimo la oxidación, los tejidos vegetales deshidratados pueden perder gran parte de su valor nutritivo. Los tratamientos con anhídrido sulfuroso para frenar el pardeamiento reducen las pérdidas de vitamina C, pero aceleran las de tiamina.

Hortalizas fermentadas

Se obtienen dejando que las hortalizas frescas sufran un proceso de fermentación láctica de forma espontánea que, al descender el pH, impide el crecimiento de los microorganismos alterantes sensibles al medio ácido. Además, se produce un ablandamiento enzimático de la estructura celular, con lo que mejora la digestibilidad y la calidad comestible.

De este modo, se obtienen productos con sabores nuevos. Este procedimiento se ha aplicado desde antiguo a las coles.

Hortalizas en vinagre (encurtidos)

Todos estos productos tienen un pH inferior a 4.5. Se preparan vertiendo sobre las hortalizas vinagre prehervido y todavía caliente, de ordinario una solución de vinagre al 2.5 %. Con frecuencia se añade, además, sal, especias y hierbas, extractos de hierbas, azúcar y conservantes químicos.

Dependiendo de la hortaliza y del modo de preparación, se distingue entre encurtidos simples en vinagre y encurtidos mixtos, que se preparan con hortalizas frescas y preenlatadas (pepinillos, coliflor, cebolletas, pimientos rojos, etc.).

Las hortalizas que se utilizan con más frecuencia son los pepinos, la remolacha roja de mesa, las cebollas y cebolletas, los pimientos, mezclas de hortalizas tales como coliflores, zanahorias, cebollas, guisantes, setas, espárragos, apio, perejil, etc. Estos productos se pasteurizan parcialmente. Siempre debe utilizarse materia prima de buena calidad.

Hortalizas saladas

Este término designa a las hortalizas para cuya conservación se añade sal, casi siempre previo escaldado, pero sin fermentación simultánea. Con frecuencia, las hortalizas saladas se utilizan en la posterior elaboración de ciertas semiconservas. Este tipo de tratamiento se aplica, por ejemplo, a los espárragos frescos y a las judías. También se pueden salar las coliflores, zanahorias y cebollas.

Pulpa o puré de hortalizas

Son papillas finamente dispersas obtenidas a partir de las hortalizas correspondientes, de las que a veces se eliminan las pieles y semillas. Las más importantes son la salsa de tomate y el *ketchup*.

La *salsa de tomate* tiene, según el tipo de producto, un contenido en sustancia seca del 14 al 36 %, y una proporción de cloruro sódico del 0.8-2 %.

El *ketchup* se prepara por mezcla intensiva de pulpa de tomate (28 ó 38 %), vinagre, agua, azúcar, especias y estabilizadores, seguida eventualmente de una homogeneización fina en molino coloidal.

También pueden prepararse purés a partir de otras hortalizas, pero en este caso se utilizan principalmente para la alimentación infantil.

Zumos de hortalizas

Se obtienen por prensado o por centrifugado de las hortalizas, una vez peladas, lavadas, escaldadas y trituradas de forma adecuada. Con frecuencia se les añade del 0.25 al 1 % de cloruro sódico. A los que no son ácidos se les añade ácido láctico o cítrico. Para su conservación se pasteurizan.

Las hortalizas más utilizadas en la preparación de zumos son la zanahoria, el tomate, las espinacas, el apio y la remolacha roja.

Hortalizas en polvo

Se obtienen a partir de los zumos correspondientes, desecándolos, con o sin adición de coadyuvantes (almidón, productos de degradación del almidón); tienen un con-

tenido en agua residual de un 3 %. La desecación se suele realizar por atomización, desecación al vacío o liofilización. El más importante es el tomate en polvo. Otras hortalizas en polvo, por ejemplo las espinacas o la remolacha roja, se utilizan para colorear alimentos.

ALTERACIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Alteración

Todas las hortalizas frescas empiezan a alterarse tan pronto como son separadas de la planta. Pero mientras que ciertas hortalizas de hoja como la lechuga y las espinacas y también las judías verdes, guisantes, coliflores, pepinos, espárragos y tomate se conservan poco tiempo; otras como los tubérculos y las raíces (zanahorias, patatas, colinabos, remolacha roja, apio, cebollas), y en menor medida los repollos, se pueden almacenar durante meses.

Las principales **causas de alteración** son la autólisis y el ataque microbiano. La *autólisis* consiste en la digestión del alimento por enzimas presentes en sus tejidos que se liberan cuando las membranas celulares pierden su integridad. El *ataque microbiano* se acrecienta cuando el alimento se encuentra en unas condiciones óptimas para su desarrollo.

El paso del tiempo conlleva una pérdida de agua por difusión a través de las paredes celulares, lo que causa un arrugado o marchitamiento a medida que las membranas celulares se separan de las paredes, y las hortalizas pierden firmeza. También pueden ser golpeadas y presentar manchas negras por la actividad de la fenolasa. Además, se produce también una disminución del ácido ascórbico y los carotenos, la degradación del almidón y un aumento de los ácidos libres en algunas como la coliflor, la lechuga, las espinacas, etcétera.

Las hortalizas constituyen un sustrato muy bueno para una alteración rápida, debido a su alto contenido en agua y a que en su composición se encuentran presentes numerosas enzimas, que en determinadas condiciones pueden actuar de forma negativa.

Esto obliga a asegurar no sólo su recolección, sino también su conservación a corto o a largo plazo, de forma que lleguen a los mercados de destino en el mejor estado posible.

Conservación

El mejor procedimiento de conservación de las hortalizas durante un período de tiempo breve, es la **refrigeración** con humididades relativas del aire altas (80-95 %). En estas condiciones las modificaciones sufridas por los alimentos son escasas, tanto desde el punto de vista nutritivo como desde el de sus cualidades sensoriales.

La conservación del producto fresco puede prolongarse mediante su envasado en condiciones que permitan controlar la disponibilidad del oxígeno y del dióxido de carbono en el espacio en que se conserva, reduciendo el intercambio de oxígeno, y aumentando el dióxido de carbono. En la actualidad, el empleo de **atmósferas con-**

troladas o modificadas y el empleo de gases inertes en combinación con el vacío alarga el tiempo de conservación.

CRITERIOS DE CALIDAD

Los criterios de calidad de las hortalizas son fundamentalmente de tipo organoléptico, y en consecuencia se ponen de manifiesto con facilidad; se incluyen aquí los aspectos referentes a la *integridad, tamaño, forma, firmeza, color y olor*.

Para obtener hortalizas de buena calidad, conviene controlar de forma apropiada los cultivos, el modo de llevar a cabo la recolección y el momento de realizarla, de forma que sean los más adecuados a los procesos tecnológicos posteriores a los que se vayan a someter.

La calidad de las *hortalizas frescas* se evalúa de acuerdo con unos criterios que no tienen por qué coincidir con los valores de estos parámetros cuando están destinados a ser procesados. Los principales parámetros que se deben controlar son:

- Pruebas mecánicas.
- Tamaño.
- Color.
- Defectos.
- Componentes químicos nutricionales: humedad, sólidos insolubles en agua, sólidos insolubles en alcohol, sólidos solubles, acidez, proporción azúcar/ácido, densidad, fibra.

Respecto a las hortalizas procesadas, lo más importante es que mantengan las mismas características que el producto fresco, lo que depende en gran medida de la calidad de la materia prima inicial, del modo de almacenamiento hasta que se procesan y del modo en que se realiza el procesamiento. El punto más crítico es el que corresponde a la inactivación de las enzimas antes de la deshidratación, escaldado o congelación, que debe ser estrictamente controlada. En las hortalizas congeladas, además de la inactivación de las enzimas, es muy importante el control de las temperaturas tanto de congelación como de almacenamiento del producto final. Otro factor que tiene repercusión positiva o negativa sobre la calidad del producto es la forma de envasado, que debe ser adecuada al tipo de procesamiento y a la vida media útil del producto. Algunos de los parámetros indicativos de la calidad del producto final son el contenido de agua, sal, azúcar, conservantes y colorantes artificiales.

Desde hace bastantes años existen normas de calidad para estos alimentos. La primera se publicó en el año 1972. Muchos de estos productos están incluidos en el Reglamento Comunitario R(CEE) 1037/72, es decir, están sometidos a normas de calidad para la comercialización en estado fresco dentro de los países de la Unión Europea. Existe también una Reglamentación Técnico-Sanitaria que se refiere a las conservas vegetales y en la que se recogen conceptos, materias primas, tecnología de procesamiento y normas sobre el modo de envasado, etiquetado y rotulación, así como las relativas al almacenamiento, transporte, venta, etc., y a factores generales de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Arthey, D. y Dennis, C. (1992). *Procesado de hortalizas*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Belitz, H. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Fennema, O. (1992). *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Fox, B. y Cameron, A. (1992). *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*. Ed. Limusa, México.
- Gould, G. W. (1992). *New methods of food preservation*. Ed. Blackie Academic Professional, London.
- Hawthorn, J. (1983). *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza. Legislación Alimentaria.
- Primo Yúfera, E. (1998). *Química de los Alimentos*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Roberts, H. (1986). *Sanidad alimentaria*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Wiley, R. (1997). *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Ed. Acribia, Zaragoza.

9

FRUTAS Y FRUTOS SECOS

(Diana Ansorena Artieda)

INTRODUCCIÓN

Las frutas constituyen un grupo de alimentos indispensable para el equilibrio de la dieta humana, especialmente por su aporte de fibra y vitaminas. Junto con las hortalizas, son fuente casi exclusiva de vitamina C.

La gran diversidad de especies, con sus distintas propiedades organolépticas y la distinta forma de prepararlas, hacen de ellas productos de una gran aceptación por parte de los consumidores, sobre todo del sur de Europa.

En España, el consumo de frutas frescas ha sufrido, sin embargo, un descenso paulatino. Así, en 1990 se consumieron 105.3 kg *per capita*, frente a 84.5 kg en 1995. Por el contrario, el consumo de derivados de fruta se incrementó en el mismo período desde 12.8 kg *per capita* a 15.5 kg, compensando en parte el descenso del consumo de fruta fresca.

DEFINICIÓN. CLASIFICACIONES

El Código Alimentario Español otorga la denominación genérica de frutas al «fruto, infrutescencia, la semilla o las partes carnosas de órganos florales que hayan alcanzado un grado adecuado de madurez y sean propias para el consumo humano». Asimismo, el Código clasifica las frutas atendiendo a dos criterios.

Por su *naturaleza*:

- *Carnosas*: aquellas cuya parte comestible posee en su composición al menos un 50 % de agua.
- *Secas*: aquellas cuya parte comestible posee en su composición menos de un 50 % de agua (almendra, avellana, nuez, piñón...)
- *Oleaginosas*: aquellas que son empleadas para la obtención de grasas y para el consumo humano (aceituna, cacahuete, coco, girasol, sésamo).

Por su *estado*:

- *Frescas*: destinadas al consumo inmediato sin sufrir tratamiento alguno que afecte a su estado natural.

- *Desecadas*: el producto obtenido a partir de frutas frescas, cuya proporción de humedad se ha reducido por la acción natural del aire y del sol. Existen normas que determinan los límites máximos de humedad permitidos en cada clase de frutas (ciruelas, higos y uvas pasas, dátiles, manzanas y peras desecadas, etc.).
- *Deshidratadas*: productos obtenidos a partir de frutas carnosas frescas cuya proporción de humedad ha sido reducida mediante procesos apropiados y autorizados. El grado de humedad residual será tal que impida toda alteración posterior.

Otros autores clasifican las frutas teniendo en cuenta sobre todo sus características desde el punto de vista botánico, y siguen el siguiente esquema:

- *Pomos*: manzana, pera, membrillo, níspero...
- *Drupas*: melocotón, ciruela, guinda...
- *Bayas*: fresa, uva, frambuesa, grosella...
- *Frutas tropicales y subtropicales*: cítricos (naranja, limón, mandarina) y otros (piña, plátano, aguacate, lichi, mango, melón).
- *Frutos secos*: avellanas, nuez, pistacho...
- *Frutos silvestres*: saúco, espino amarillo...

COMPOSICIÓN. ASPECTOS NUTRITIVOS

La composición química de las frutas y los frutos secos depende, en gran medida, del tipo de fruto y de su grado de maduración. En relación con las frutas (Tabla 9-1), el componente mayoritario en todos los casos es el agua, que constituye en general entre el 75 % y el 90 % del peso de la parte comestible. Le siguen en importancia cuantitativa los azúcares (con porcentajes que oscilan entre el 5 % y el 18 %), polisacáridos y ácidos orgánicos (0.5 %-6 %). Los compuestos nitrogenados y los lípidos son escasos en la parte comestible de las frutas, aunque son importantes en las semillas de algunas de ellas. Así, el contenido en grasas puede oscilar entre 0.1 %-0.5 %, mientras que el de compuestos nitrogenados puede estar entre 0.1 % y 1.5 %. Algunos componentes, como los colorantes, los aromas y los compuestos fenólicos astringentes, se encuentran en muy bajas concentraciones, pero influyen decisivamente en la aceptación organoléptica de las frutas. Otros como las vitaminas, los minerales y la fibra, aportan importantes propiedades nutritivas. Las pectinas desempeñan un papel fundamental en la consistencia.

Los frutos secos presentan, por su parte, una composición completamente diferente (Tabla 9-2). Su contenido acuoso generalmente es menor del 10 %, a excepción del coco, con un 48 %, o las castañas, con un 47 % de agua. Los compuestos nitrogenados están presentes en porcentajes en torno al 20 %, y los lípidos en torno al 50 %. El contenido de hidratos de carbono es más variable, oscilando entre el 5 % del coco y el 41 % de las castañas.

Tabla 9-1. Composición química aproximada de algunas frutas frescas (en % del peso fresco de la porción comestible)

	Agua	Proteína	Carbohidratos	Lípidos	Fibra
Aguacate	78.8	1.5	5.9	12	1.8
Aceituna	73.8	0.8	1	20	4.4
Albaricoque	87.6	0.8	9.5	Tr	2.1
Cereza	83.7	0.8	13.5	0.5	1.5
Ciruela	86.3	0.6	11	Tr	2.1
Fresa	89.6	0.7	7	0.5	2.2
Higo	80.3	1.2	16	Tr	2.5
Limón	98.4	0.3	1.3	Tr	0
Mandarina	88.3	0.8	9	Tr	1.9
Manzana	85.7	0.3	12	Tr	2
Melocotón	89	0.6	9	Tr	1.4
Melón	92.4	0.6	6	Tr	1
Naranja	88.6	0.8	8.6	Tr	2
Pera	86.7	0.4	10.6	Tr	2.3
Piña	86.8	0.5	11.5	Tr	1.2
Plátano	75.1	1.2	20	0.3	3.4
Sandía	94.6	0.4	4.5	Tr	0.5
Uva	82.3	0.6	16.1	Tr	0.9

Fuente: Moreiras y cols. (1992).

Tabla 9-2. Composición química aproximada de algunos frutos secos (en % del peso fresco de la porción comestible)

	Agua	C. nitrogenados	Lípidos	Hidratos de carbono	Cenizas	Fibra bruta
Cacahuete	5	28.5	47.5	20	2.9	2.8
Avellana	7.1	17.4	62.6	9.5	2.5	3.2
Pistacho		21	53.5	16.5		
Almendra	4.7	20.5	53.5	16.5	2.3	3.7
Coco	48	4.2	34	4.8		8
Castaña	47	3.4	1.9	41.2		1
Nuez	3.3	15	64.4	15.6	1.7	2.1

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

Hidratos de carbono

Azúcares

La sacarosa es el oligosacárido dominante en las frutas, aunque se ha demostrado también la presencia de otros, como la maltosa, la melibiosa, la rafinosa o la estaquiosa en la uvas, y la 6-cestosa en los plátanos maduros. Los demás oligosacáridos sólo se encuentran en mínimas cantidades.

Los principales monosacáridos de las frutas son la glucosa y la fructosa, cuya concentración varía notablemente de unas especies a otras, así como su contenido respecto al de sacarosa (Tabla 9-3). Así, por ejemplo, ciertas especies de frutas no contienen sacarosa (cerezas, uvas), mientras que en albaricoques, melocotones o piña el contenido en sacarosa es superior al de azúcares reductores. En general, en las frutas con hueso es mayor la proporción de glucosa que la de fructosa. Esta relación se invierte en el caso de las frutas tipo pomo, como las manzanas o las peras. Otros monosacáridos (galactosa, arabinosa y xilosa) se encuentran en cantidades mínimas en algunas frutas, como los cítricos.

Azúcares-alcohol

En las ciruelas y las peras se encuentran cantidades relativamente elevadas de sorbitol, de conocido efecto laxante. Frutas como el plátano, la fresa y la piña no lo contienen, de modo que su determinación puede resultar importante en la caracterización e identificación de derivados de frutas.

Polisacáridos

Las frutas no maduras contienen almidón en cantidades que oscilan entre un 0.5 % y un 2 %. A lo largo de la maduración, en la mayor parte de ellas va disminuyendo su concentración hasta casi desaparecer. Sin embargo, los plátanos maduros y diversos frutos secos aún contienen cantidades notables de este polisacárido (>3 %). Por otro lado, el contenido de pectinas, de importancia en la textura y consistencia de las frutas, varía también a lo largo de la maduración. Las consecuencias y la importancia de estos fenómenos serán objeto de atención en epígrafes posteriores.

Lípidos

El contenido lipídico de la fruta suele ser muy bajo, del orden de 0.1-0.5 % del peso fresco, y está constituido en su mayor parte por fosfolípidos. Entre los ácidos grasos, los más abundantes son el palmítico, el oleico y el linoleico. Sólo los frutos secos contienen cantidades importantes de lípidos, además de las semillas de las frutas tipo drupa o pomo, cuyo aceite tiene cierto interés desde el punto de vista industrial. Muy rica en grasa es también la pulpa del aguacate (varía entre un 12-32 %), en cuya composición cabe destacar la importante presencia del ácido oleico (aproximadamente un 70 % del contenido lipídico).

Otros lípidos importantes son las ceras, que cubren la piel de algunas frutas, sobre todo de las manzanas, y que influyen en los cambios de humedad de los tejidos, además de ser una protección frente al ataque por hongos, insectos y bacterias.

Compuestos nitrogenados

Las frutas contienen entre 0.1 y 1.5 % de compuestos nitrogenados, de los cuales las proteínas constituyen un 35-75 %. Así pues, desde el punto de vista de la nutrición

proteica, las frutas tienen poco valor. La mayor parte de esta fracción proteica está constituida por enzimas que regulan tanto el metabolismo de los hidratos de carbono como el de los lípidos y proteínas, además de estar presentes como reguladores de otros ciclos. Los aminoácidos libres también se encuentran bien representados. El perfil cualitativo-cuantitativo de los aminoácidos puede servir para la caracterización analítica de productos a base de frutas, dada la variedad que este parámetro presenta de unas frutas a otras. Los demás compuestos nitrogenados son bastante escasos. Merece la pena destacar la presencia de algunas aminas, de acción vasoactiva.

Vitaminas

Las frutas aportan a la dieta una proporción relativamente importante de vitaminas C y A (Tabla 9-3). En general, existe un gradiente del contenido en vitamina C desde la piel, que es la parte más rica en esta vitamina, hasta la porción carnosa próxima al hueso, que es la más pobre. En las manzanas, durante todas las fases del desarrollo, el contenido en vitamina C de la piel es de 3 a 5 veces mayor que el de la pulpa. El β -caroteno, provitamina A, se encuentra en grandes cantidades en albaricoques, cerezas, melones y melocotones. En algunas frutas (albaricoques, cítricos, higo, etc.) existen vitaminas del grupo B, como biotina y ácido pantoténico. Las vitaminas B₁₂, D y los tocoferoles están prácticamente ausentes. En general, son más ricas en vitaminas las variedades coloreadas, las frutas de verano y las frutas expuestas al sol. Como curiosidad, se puede decir que, dentro de un mismo árbol, los frutos situados al sur son más ricos en vitaminas que los orientados al norte, los de la cúspide más ricos que los de las faldas y los exteriores más ricos que los interiores.

El uso de técnicas inadecuadas en el procesamiento de las frutas puede provocar una disminución de su contenido en vitaminas, de modo que, para evitar en la medida de lo posible pérdidas que afecten al valor nutritivo de las frutas, conviene tener en cuenta algunos detalles prácticos:

- elegir frutas bien coloreadas
- consumirlas lo antes posible tras la recolección o al menos tras la compra

Tabla 9-3. Composición en vitaminas de la porción comestible de las frutas

	Vitamina C (mg/100 g)	β -caroteno (mg/100 g)	Tiamina (μ g/100 g)	Riboflavina (μ g/100 g)	Ácido fólico (μ g/100 g)	Niacina (mg/100 g)	Ácido pantotén. (mg/100 g)
Melocotón	9-76	0.3-16.4	10-120	10-120	1-18	0.3-1	0.04-0.07
Albaricoque	6-100	0.3-4.8	10-60	30-130	1-4	0.5-1.05	0.3
Ciruela	3-99	0.05-0.6	20-200	20-90	2	0.3-0.5	0.12-0.24
Cereza	4-28	0.12-0.76	20-60	20-60	5-7	0.2-0.5	0.1
Manzana	0.5-40	0.02-0.09	20-120	3-50	1-4	0.1-0.7	0.03-0.2
Pera	0.5-23	0.01-0.19	12-90	10-100	2	0.1-0.5	0.02-0.5
Fresa	20-100	0.03-0.42	20-50	20-100	2-10	0.2-1.1	0.1-0.5

Fuente: Primo Yúfera (1997).

- emplear utensilios de materiales inoxidables para su pelado o troceado
- lavar las frutas enteras sin dejar que permanezcan en el agua
- en preparaciones de tipo macedonia, añadir zumo de limón.

Metabolismo de las frutas durante la maduración

La maduración de las frutas está ligada a complejas modificaciones físicas y químicas. Fenómenos especialmente destacados son el ablandamiento, el endulzamiento y los cambios en el aroma, en la astringencia y en la coloración. Al ser recolectadas, las frutas quedan separadas de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y desarrollan actividades metabólicas, cuya energía se obtiene de la oxidación de azúcares y otros sustratos, como los ácidos orgánicos, con formación de CO_2 y de agua. Todos estos procesos tienen gran importancia porque inciden en los cambios que se producen durante el almacenamiento, el transporte y la comercialización, afectando también en cierta medida al valor nutritivo de las frutas.

La respiración

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo, y se mide como la cantidad de CO_2 (mg) que desprende 1 kg de fruta en 1 hora. A lo largo del crecimiento, se produce en primer lugar un incremento de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de maduración. En una serie de frutas, después de alcanzarse un mínimo, hay un aumento, más o menos rápido, de la intensidad respiratoria hasta alcanzar un máximo, denominado pico climaterico, después del cual disminuye de nuevo. En general, la calidad óptima de las frutas se alcanza en un intervalo de tiempo, más o menos estrecho, alrededor de dicho pico.

El incremento de la respiración en el climaterio es tan característico que los frutos en general se dividen, según lo presenten o no, en dos grupos:

Frutas climatéricas:

- manzanas
- albaricoques
- melocotones
- plátanos
- peras
- tomates
- ciruelas
- chirimoyas

Frutas no climatéricas:

- piña
- naranja
- fresa
- uva
- pepino
- cereza
- melón
- pomelo

Las frutas climatéricas suelen recolectarse antes del citado pico, de forma que terminan de madurar fuera del árbol. El climaterio también tiene lugar si las frutas per-

manecen en el árbol, pero entonces el proceso es más lento. Las frutas climatéricas maduras en el árbol son de mejor calidad, pero para la distribución comercial se recolectan antes, a fin de evitar pérdidas, ya que el período de conservación de la fruta madura es más corto.

El etileno tiene un papel importante en todos estos mecanismos y está calificado como hormona de la maduración. Este compuesto aumenta la permeabilidad de las membranas y acelera el metabolismo activando las enzimas oxidativas e hidrolíticas e inactivando los inhibidores de estas enzimas. Es preciso evitar la acumulación de esta hormona vegetal gaseosa por ventilación, a fin de prorrogar la conservación de las frutas. Si este compuesto, producido por una fruta madura, se acumula en las cercanías de frutas todavía no maduras, desencadena rápidamente el conjunto de reacciones asociadas a la maduración.

Modificación de la composición química y valor nutritivo durante la maduración de las frutas

Azúcares

En general, al principio del almacenamiento de las frutas existe un aumento de la proporción de sacarosa y de azúcares reductores, coincidiendo con la hidrólisis del almidón, lo que contribuye a incrementar el dulzor típico de las frutas maduras. Después de alcanzar un máximo, el contenido de azúcares reductores apenas varía, mientras que el de sacarosa disminuye sensiblemente.

Pectinas

La textura de las frutas depende en gran parte de las pectinas que contienen. En algunas, como la manzana, la consistencia disminuye muy lentamente, pero en otras, como las peras, la disminución es muy rápida. Las variaciones en la consistencia se deben a la disminución del contenido de protopectina, que se transforma en pectina soluble, con lo que el contenido en pectina total no varía.

Almidón

Durante el almacenamiento de las frutas, prácticamente desaparece todo el almidón que contienen en el momento de su recolección.

Ácidos

Los ácidos alifáticos, sobre todo el málico y el cítrico, van disminuyendo con la maduración, y también los ácidos fenólicos, que se metabolizan a partir de un cierto grado de madurez. Esto produce la desaparición del sabor agrio y de la astringencia, para dar lugar al sabor suave y al equilibrio dulzor-acidez de los frutos maduros.

Vitamina C

En general, las frutas pierden vitamina C cuando maduran en el árbol y durante el almacenamiento; en este caso, la pérdida depende mucho de la temperatura, siendo mucho menor a una temperatura próxima a 0 °C.

Aromas

Durante la maduración, se sintetizan los compuestos volátiles característicos de cada fruta. Esta síntesis se acelera durante el climaterio; al final de este período es cuando aparece la plenitud del aroma.

La formación de aromas depende mucho de factores externos, tales como la temperatura y sus variaciones en el ciclo día/noche. Así, por ejemplo, los plátanos con un ritmo día/noche de 30/20 °C, producen un 60% más de compuestos volátiles que a temperatura constante de 30 °C.

Pigmentos

La maduración de los frutos suele estar acoplada a una modificación del color. La transición más habitual, de verde a otro color, está relacionada con una degradación de la clorofila, de modo que se hacen patentes los pigmentos antes encubiertos por este pigmento. Se produce, además, una importante síntesis de otros pigmentos rojos y amarillos, característicos de las frutas maduras. El contenido en licopeno del tomate, por ejemplo, se incrementa notablemente durante la maduración. Lo mismo sucede con los carotenoides de los cítricos y el mango. La formación de antocianos suele activarse por la luz.

Otros

El contenido de proteínas de las frutas aumenta al comienzo del almacenamiento y después disminuye lentamente. Este incremento se ha atribuido al aumento de la síntesis enzimática que tiene lugar para el desencadenamiento del proceso de maduración.

Las variaciones de la fracción lipídica durante la maduración se conocen todavía muy poco.

PROPIEDADES SENSORIALES

«Flavor»

Son varios los grupos de compuestos químicos que contribuyen de un modo importante a definir el «flavor» característico de las frutas. Los ácidos orgánicos habituales (cítrico, málico, quínico y láctico) son los responsables del sabor ácido y de las propiedades amortiguadoras de la sed que tienen las bebidas no alcohólicas derivadas de la fruta. Sin embargo, en las fracciones volátiles de las frutas sólo hay dos ácidos, el fórmico y el acético. Los carbonilos también contribuyen de modo significativo al aroma y «flavor» de la mayor parte de las frutas y tienen gran importancia en ciertos casos: por ejemplo, el benzaldehído en las frutas con hueso, el 5-hidroxi-2-metilfurfural en las piñas, el acetaldehído de las naranjas y el furfural en las fresas. Pero al parecer son los ésteres los componentes naturales más importantes de los «flavores» de las frutas; las distintas frutas difieren muy considerablemente en esta fracción, que es característica de cada tipo de fruta. Así, por ejemplo, en las manzanas el olor a fruta madura se debe principalmente a la presencia de 2-metilbutirato de etilo, mientras que en las peras es el 2,4-decadienoato de etilo. También las lactonas proporcionan notas

aromáticas características, en especial al melocotón y al albaricoque (Γdecalactona y δoctalactona, respectivamente).

La sensación de astringencia la proporciona ciertos compuestos fenólicos, como los taninos, las saponinas, la naringina y la hesperidina.

El sabor dulce y el cuerpo se deben a la presencia de azúcares, mientras que el sabor amargo se asocia a la presencia de triterpenoides.

Color

La coloración de las frutas verdes se debe a la clorofila; los colores rojos y amarillos de los cítricos, melocotones y albaricoques y de la pulpa de muchas frutas se deben principalmente a los carotenoides, y los colores rojos y azulados de ciruelas, fresas, cerezas, manzanas y de las variedades «sanguinas» de los cítricos se deben a los antocianos.

La clorofila es el único pigmento que existe en los frutos jóvenes. A medida que las frutas maduran, se produce un viraje de color, como consecuencia de la desaparición de la clorofila y de la formación de los carotenoides y flavonoides propios de cada una de ellas. Cuando se alcanza la madurez, la clorofila desaparece casi por completo en los melocotones, albaricoques, cerezas y fresas, pero no así en algunas variedades de manzanas, peras y ciruelas, a las que proporciona un color verde característico que enmascara la presencia de otros pigmentos.

Los carotenoides son muy sensibles a la oxidación por el oxígeno del aire, y su destrucción por esta reacción es la responsable de la decoloración de algunas frutas en conserva. Son, sin embargo, relativamente resistentes al calor y a pH extremos.

Las antocianinas se encuentran en la piel, por ejemplo, de ciruelas y manzanas; pero también suelen hallarse en la porción carnosa de la fruta, como se observa en algunas variedades de cerezas. En las fresas, la distribución es más uniforme. Estos compuestos son hidrosolubles, a diferencia de la clorofila y los carotenoides; son poco estables y resisten mal a los distintos tratamientos tecnológicos.

Textura

La textura y la consistencia de las frutas se debe, por una parte, al contenido en agua, retenida por ósmosis en las células, y al contenido en geles de almidón y geles de pectinas.

ASPECTOS SANITARIOS Y TOXICOLÓGICOS

Importancia de las frutas en la dieta

Las frutas desempeñan un papel muy importante en el equilibrio de la dieta humana, especialmente porque su composición difiere de un modo acusado de las de otros alimentos de origen animal o vegetal.

En ciertos experimentos nutricionales, se han observado indicios de que el ácido ascórbico de origen natural es aparentemente mejor que el ácido ascórbico sintético. Recientemente, se ha comprobado que este fenómeno se debe a la presencia en las frutas de ciertos compuestos flavonoides que influyen en la circulación sanguínea, aumentando la permeabilidad y elasticidad de los capilares. Esta acción se conoce como actividad vitamina P. Hay indicios también de que estos flavonoides protegen contra las infecciones del aparato respiratorio.

Como ya se ha comentado, las frutas maduras son ricas en azúcares, y contienen glucosa, fructosa y sacarosa en proporciones diversas, según las especies. Este es un hecho que habrá de tenerse en cuenta en la elaboración de las dietas destinadas a pacientes diabéticos, a quienes habrá que restringir la ingestión de frutas ricas en estos azúcares. La respuesta de la glucemia a la fructosa es baja; la respuesta a la sacarosa es intermedia, entre la de la fructosa y la de la glucosa. Sin embargo, la fructosa oral puede ser insulínogénica en la especie humana cuando los niveles sanguíneos de glucosa son altos. Por tanto, para planificar dietas especiales para pacientes diabéticos, los dietistas necesitan una información más detallada sobre el contenido de cada uno de los distintos azúcares en las frutas (Tabla 9-4).

En experimentos llevados a cabo en distintos países, se ha demostrado que los niños que consumen regularmente manzanas son menos propensos a la caries dental y tienen las encías más sanas que los niños que no consumen esta fruta de modo regular. Su textura ejerce un efecto de limpieza de los dientes.

Las frutas y las bebidas de frutas pueden sustituir, ventajosamente como refrigerios, a los dulces y bebidas sintéticas (especialmente en el caso de los niños). Las frutas consumidas con estos fines no afectan negativamente a la ingestión en las comidas regulares, porque se digieren de modo rápido. Su consumo es muy aconsejable en

Tabla 9-4. Contenido de azúcares de diversas frutas (en % de la porción comestible)

	Glucosa	Fructosa	Sacarosa
Manzana	1.8	5	2.4
Pera	2.2	6	1.1
Albaricoque	1.9	0.4	4.4
Cereza	5.5	6.1	0
Melocotón	1.5	0.9	6.7
Ciruela	3.5	1.3	1.5
Zarzamora	3.2	2.9	0.2
Fresa	2.6	2.3	1.3
Frambuesa	2.3	2.4	1
Uva	8.2	8	0
Naranja	2.4	2.4	4.7
Pomelo	2	1.2	2.1
Limón	0.5	0.9	0.2
Piña	2.3	1.4	7.9
Plátano	5.8	3.8	6.6
Dátil	32	23.7	8.2
Higo	5.5	4	0

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

el tratamiento de la obesidad, dado su escaso aporte calórico. Además, según los dietistas, las frutas contribuyen a estimular la excreción de excesos de agua y sales, lo que alivia el trabajo cardíaco, con el consiguiente efecto beneficioso en el tratamiento de enfermedades como la hidropesía, las cardiopatías crónicas, los problemas circulatorios y renales, y otros.

La presencia de fibra en la fruta hace que la ingestión de este tipo de alimentos sea recomendable para aliviar el estreñimiento crónico. Proporcionan una matriz no digerible que estimula la actividad intestinal y ayuda a mantener los músculos intestinales en forma. Ahora bien, gran parte de la fibra de las frutas con hueso y pomo se pierde al pelarlas. De conocido efecto laxante son también las ciruelas (por su contenido en sorbitol y en derivados de la hidroxifenilxantina, que estimula los músculos lisos del colon).

Se han comprobado también las propiedades hipocolesterolemiantes de la pectina (especialmente abundante en manzanas y bayas) a medio plazo, tanto en la experimentación animal como en los seres humanos. Se pudo observar, además, que el efecto era más notable cuanto más elevada era la colesterolemia inicial. En el caso concreto de las manzanas, se ha formulado la hipótesis de una sinergia favorable del efecto de la pectina junto con otros elementos presentes en las mismas (fructosa, ácidos grasos insaturados, vitamina C, magnesio, etc.) y otros agentes hipocolesterolemiantes aún no identificados.

Otros autores atribuyen también a la pectina efectos hipoglucemiantes y efectos beneficiosos en casos de diarreas.

Sustancias con efectos tóxicos presentes en las frutas

En diversas especies de frutas, se ha demostrado la presencia de toda una serie de aminas alifáticas y aromáticas (dopamina, tiramina, serotonina, epinefrina, triptamina), de efecto vasoactivo y, por consiguiente, favorecedor de episodios de hipertensión, sobre todo en pacientes sometidos a tratamiento antidepressivo con IMAO (inhibidores de la MAO). Entre estas frutas se encuentran el plátano, el tomate maduro, el aguacate, la piña y los cítricos.

Ciertas manifestaciones dermatotóxicas han sido asociadas a la ingestión de pistachos o mangos.

El ácido oxálico presente en algunas frutas (piña, kiwi) es un importante quelante del calcio, disminuyendo su absorción o formando complejos insolubles que pueden contribuir a la formación de cálculos en el glomérulo renal.

En las almendras y semillas de otros frutos (melocotón, albaricoque, ciruela, cereza, etc.) existen glucósidos que, por hidrólisis, producen ácido cianhídrico. Los alcoholes de bebidas obtenidos por fermentación y destilación de esas frutas resultan, a veces, peligrosamente ricos en este ácido.

DERIVADOS DE FRUTAS

La escasa facilidad de conservación de la mayor parte de las frutas y la necesidad de distribuir a lo largo del tiempo la abundancia de ellas en el momento de la recolec-

ción, ha llevado al desarrollo de una serie de procedimientos para conseguir productos con una vida útil más o menos larga.

Frutas desecadas

La eliminación del agua de la fruta por desecación constituye un método indicado para inhibir el crecimiento de microorganismos y para inactivar enzimas, si se acompaña de pretratamientos complementarios. Se lleva a cabo por distintos procedimientos, siendo los más tradicionales de todos ellos el secado al sol o al aire caliente de un horno. Las temperaturas de desecación en cámaras, superficies, armarios o túneles oscilan entre 75 °C (aire de entrada) y 65 °C (aire de salida), a una humedad relativa del 15-20%. La desecación al vacío a unos 60 °C proporciona productos de muy buena calidad. Para evitar el pardeamiento durante el procesamiento y almacenamiento posterior, es habitual el uso de derivados sulfurados, que además contribuyen a estabilizar el contenido en vitamina C de las frutas y a inhibir el crecimiento de microorganismos.

Otras técnicas de desecación son la liofilización, cuyo principal inconveniente es la pérdida de turgencia de las frutas rehidratadas, y la inmersión en soluciones hipera-zucaradas. Esta última tecnología permite controlar bien la relación pérdida de agua-ganancia de azúcar, asegurando al producto buenas cualidades nutricionales y organolépticas.

Modificaciones aportadas al valor nutritivo

Las frutas desecadas contienen alrededor de un 20% de agua, 3% de proteínas, 70-75% de glúcidos asimilables y 3-5% de fibras. Son, por tanto, alimentos ricos en energía y minerales, y si la deshidratación está bien conducida, constituyen una excelente fuente de vitaminas A y C. Según el *Institute of Food Technologists*, durante la deshidratación las pérdidas de vitamina C pueden variar entre el 10 y 50%, y las de vitamina A entre el 10 y el 20%. El empleo de compuestos azufrados destruye la vitamina B₁.

Mermeladas, confituras y jaleas

Las mermeladas son productos de consistencia pastosa y untuosa elaboradas por cocción de fruta fresca separada de huesos o semillas, o bien de pulpa de fruta o concentrados de fruta, a los que se añade azúcar. Es habitual la adición de productos tales como frutas con peladura, pectina de frutas, jarabe de almidón y ácidos málico, cítrico o láctico. Los ácidos son importantes para la gelificación de la mermelada, pueden mejorar el sabor y ayudan a evitar la cristalización del azúcar.

Para la preparación de las mermeladas, es preciso precocer la fruta o los semielaborados de fruta con el azúcar, en ollas abiertas (a menudo se añade este último en dos etapas). Poco antes de terminar la cocción, se añade el resto de los componentes deseados (gelificantes, jarabe de almidón, ácidos). A escala industrial, el proceso de cocción, que se prolonga en total por espacio de 15-30 minutos, suele

llevarse a cabo al vacío en instalaciones cerradas, recuperándose los compuestos aromáticos volátiles, que se vuelven a añadir en forma concentrada la mayoría de las veces antes del envasado en caliente. La cocción al vacío hace disminuir considerablemente tanto la temperatura, como el tiempo de procesamiento. Sin embargo, la ventaja de la mejor conservación de color y aroma por este procedimiento se ve contrarrestada por la falta de inversión de la sacarosa y la escasa caramelización, reacciones que determinan el sabor característico de las mermeladas cocidas con olla abierta. Una vez elaborada la mermelada, se envasa de inmediato en caliente.

Las confituras se elaboran casi siempre a partir de un solo tipo de fruta, por cocción del material de partida fresco, bien entero, bien en porciones, o a partir de la pulpa de fruta, pero con agitación. A diferencia de las mermeladas, contienen, cuando ya están preparadas, trozos enteros de fruta.

Las jaleas son una preparación de consistencia gelatinosa y untuosa, elaboradas a partir de zumos o extractos de frutas frescas por cocción con azúcar. Es muy habitual la adición de pectinas y ácido tartárico o láctico. Para su elaboración, se cuece el zumo de fruta con azúcar (la mitad en peso que la fruta) en olla abierta o en aparatos al vacío, hasta que el contenido en agua es de un 42 %.

Modificaciones aportadas al valor nutritivo

El azúcar constituye la mayor parte del valor energético de este tipo de derivados de la fruta. La cocción afecta poco a la vitamina B₁ (que se destruye si ha existido preconservación con SO₂), pero destruye parcialmente la vitamina C, muy oxidable al aire en presencia de cobre o hierro. Las calderas al vacío de acero inoxidable tienen interés desde el punto de vista de la conservación de la vitamina C. Se admite, en general, que la pérdida de vitamina C en la confitura es del 25 % aproximadamente.

Frutas confitadas

Las frutas confitadas se obtienen por tratamiento de las frutas o porciones de ellas, crudas o cocidas, últimamente también conservadas al vacío, con soluciones de sacarosa de concentración creciente, a las que se les añaden pequeñas cantidades de jaraibe de almidón con objeto de incrementar la transparencia y blandura del producto. Estas frutas confitadas así obtenidas se destinan, en gran parte, a su ulterior transformación en otros productos de confitería más elaborados, tales como frutas glaseadas y escarchadas.

Zumos de frutas

Los zumos de fruta se obtienen a partir de frutas frescas por expresión mecánica, o también a partir de concentrados de zumos de fruta por dilución con agua. Tales productos son susceptibles de sufrir fermentación, pero no están fermentados. Contienen en general de un 5 a un 20 % de extracto seco. Se elaboran en la industria,

bien para su consumo directo como tales zumos, bien como productos intermedios, por ejemplo para la fabricación de frutas, jaleas, bebidas refrescantes, licores o productos de confitería. Los zumos de frutas fuertemente ácidas en general se edulcoran, si bien la adición de azúcares (sacarosa, glucosa, fructosa) está legalmente reglamentada en la mayoría de los países. En los zumos destinados a manipulación posterior, es normal el uso de algún procedimiento conservante con objeto de prevenir su fermentación.

Desde el punto de vista del consumo, los zumos cuantitativamente más importantes son los de los cítricos (fundamentalmente naranja), manzana y uva. Entre los de frutas tropicales, el predominante es el de piña, pero también destacan los de frutas más aromáticas, como el mango, la fruta de la pasión y la guayaba, que se usan con frecuencia para mezclas de zumos.

Los zumos procedentes de bayas y drupas no son tan adecuados para consumo directo a causa de su elevado contenido en ácidos. Los productos obtenidos a partir de ellos por adición de azúcar se denominan en general mostos dulces.

La elaboración de zumos de frutas comprende las siguientes fases: preparación de la fruta (selección, lavado, deshuesado y triturado), obtención del zumo (prensado y empleo de enzimas pectinolíticas, en algunos casos), tratamiento posterior del zumo (clarificación y estabilización) y conservación del mismo (por pasteurización, congelación, almacenamiento en atmósferas de gases inertes, concentración o desecación).

Néctares de frutas

Los néctares de frutas se obtienen en su mayor parte por homogeneización de pulpa de fruta, o bien de frutas enteras, con adición de azúcar y agua y, en algunos casos, también de ácido cítrico y ascórbico. La proporción de fruta en el producto final es del 25 al 50 %, y está reglamentada en la mayoría de los países.

Concentrados de zumos de frutas

Desde el punto de vista microbiológico y químico, los concentrados de zumos de frutas son más estables que los zumos originales. Su extracto seco está comprendido entre el 60 y el 75 %.

Valor nutritivo de las bebidas de frutas

El valor nutritivo de las bebidas de fruta depende principalmente del tipo de fruta utilizado, de los métodos de procesamiento y del grado de dilución. El contenido vitamínico es inferior al de la fruta original, y las pérdidas dependen también del tipo de fruta. Así, por ejemplo, a la misma temperatura de almacenamiento, las pérdidas de vitamina C son mayores en el zumo de naranja que en el de pomelo, debido a reacciones aeróbicas y anaeróbicas no enzimáticas. En la preparación de néctares, sólo se retira parte de la fibra; y su valor calórico es mayor que el de los zumos debido a la adición de azúcar.

ALTERACIÓN

Alteración microbiológica

Frutas frescas

Desde el punto de vista de los elementos nutritivos, las frutas frescas están capacitadas para soportar el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos. Sin embargo, si sólo consideramos el pH de las frutas, es inferior al nivel que favorece el crecimiento de las bacterias. Este único factor parece ser suficiente para explicar la ausencia general de bacterias en las primeras etapas del deterioro de las frutas, a excepción de la presencia de *Erwinia* en las peras, que se pudren a causa de este agente.

Por tanto, son los mohos los agentes primarios del deterioro microbiológico de las frutas. Así, mohos de los géneros *Botrytis*, *Rhizopus* y *Penicillium* son los causantes de la mayor parte de la podredumbre de uvas, fresas, albaricoques, ciruelas, manzanas, peras, moras y otras.

Conviene resaltar que muchos microorganismos atacan más fácilmente a las frutas dañadas mecánicamente que a las intactas, de modo que es necesario tomar precauciones durante su recogida, transporte y manipulación, para evitar que cualquier golpe sea el punto inicial de ataque para los microorganismos.

Frutos secos

Debido a su contenido extremadamente elevado de grasas y a la escasa proporción de agua, los frutos secos son completamente refractarios a la acción de las bacterias. Los mohos pueden crecer en ellos si se almacenan en condiciones que les permitan proveerse de la suficiente humedad. Al examinar los frutos secos, se pueden encontrar géneros de mohos que han sido recogidos durante su recolección, descortezado, clarificación, empaquetado, etc. Merece la pena destacar la contaminación de los higos secos y las nueces por una toxina particular (aflatoxina), que tiene propiedades cancerígenas.

Alteración enzimática

El pardeamiento enzimático se hace patente, de forma inmediata, cuando las frutas son peladas, cortadas o trituradas, y sus tejidos se exponen al contacto con el oxígeno del aire. A éste se deben también las coloraciones pardas que aparecen en las frutas frescas como consecuencia de golpes o de los daños fisiológicos ocasionados en su almacenamiento así como el oscurecimiento de los zumos, ocasionado por la oxidación de los compuestos fenólicos de las frutas (principalmente del ácido clorogénico) a polímeros indol-quinona. La enzima responsable es la *o*-difenol-oxígeno-oxirreductasa.

Este proceso se puede controlar o impedir por distintos medios, entre los que se encuentran los siguientes:

- Tratamiento térmico con agua hirviendo o vapor (escaldado), con lo que se inactivan las enzimas.

- Tratamiento con anhídrido sulfuroso o con bisulfito.
- Inmersión de las frutas en agua ligeramente acidulada, inmediatamente después de peladas o cortadas, con lo que se evita el contacto con el oxígeno del aire y la penetración del mismo en los tejidos.

Otro tipo de enzimas, como las pectinesterasas y las poligalacturonasas, aumentan su actividad durante la maduración de las frutas, causando un ablandamiento de los tejidos.

Pardeamiento no enzimático

Esta alteración consiste básicamente en la reacción de los azúcares reductores con grupos amino libres de los aminoácidos para dar compuestos que, a su vez, reaccionan con aminas para producir polímeros de tipo melanoide (pigmentos oscuros). Se produce en los procesos de pasteurización, concentración y deshidratación, y se hace más patente durante el almacenamiento de los productos. En este sentido, son importantes la degradación del ácido ascórbico y la reacción de Maillard, que conduce no sólo a una modificación del color de los productos, sino también a una pérdida de su valor nutritivo, como consecuencia de la intervención de aminoácidos esenciales (lisina) y del ácido ascórbico. Simultáneamente, se forman también olores extraños.

CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Almacenamiento en cámaras

Por la importancia económica de las frutas, es de gran interés aumentar su período de comercialización. Siendo el climaterio y los cambios que le acompañan los que conducen al envejecimiento o senescencia, la prolongación de la conservación puede lograrse controlando este proceso. Puesto que en la respiración se consume oxígeno y se produce anhídrido carbónico, modificando adecuadamente la composición de la atmósfera en la cámara de almacenamiento puede inhibirse parcialmente el proceso respiratorio y, por tanto, prolongarse la vida de las frutas.

Atmósferas controladas

Para la conservación en una *atmósfera controlada* y para compensar el efecto de la respiración de las frutas, se aumenta la proporción de CO₂ (en proporciones incluso hasta de un 20 %) o se disminuye la de O₂, pero siempre teniendo en cuenta que la concentración de O₂ no puede ser inferior a determinados valores, a fin de evitar la respiración anaerobia (Tabla 9-5). La respiración anaerobia produce alteraciones metabólicas con aparición de aromas extraños (a viejo o a rancio), coloraciones anómalas y maduración defectuosa. Un deficiente nivel tisular de O₂ impide la oxidación completa de los azúcares, y se acumula etanol y acetaldehído. La acumulación de metabolitos potencialmente tóxicos, el reducido rendimiento energético, o ambas cosas a la vez, provocan lesiones celulares y la muerte tisular, con el consiguiente deterioro de las frutas.

Tabla 9-5. Condiciones óptimas de conservación prolongada de algunas frutas

	Temperatura	Atmósfera controlada		Duración de la conservación (días)		
	(°C)	% O ₂	% CO ₂	Aire	Atmósfera controlada	Hipobara
Aguacate	7	1	9	30	60	100
Albaricoque	-1 a 0	1 a 2	2 a 3	14	50	84
Cereza	-1 a 2	1 a 2	1 a 3	7	21	28
Ciruella	-1 a 0	1 a 2	1 a 5	7	21	35
Frambuesa	0	2 a 5	0 a 20	3	5	5
Fresa	-0.5 a 5	4 a 10	0 a 20	5	10	21
Limón	10 a 15	0 a 3	0 a 5	130	220	
Melocotón	-1 a 0	1 a 2	5	21	56	84
Melón	10	2 a 5		14	21	
Naranja	0 a 10	15	0	42	90	
Nectarina	0	1 a 3	5	21	42	
Pera	-2 a 1	1 a 2	1 a 5	60 a 200	100 a 300	
Piña	7	2 a 5	0	12	15	40
Pomelo	7	2 a 5	2 a 5	28	42	100
Plátano	13	2	5	21	60	150
Uva	-1 a 0	5	2 a 5	120	150	

Etileno

Muy importante es también la concentración de *etileno* en la atmósfera de la cámara. Este gas constituye un caso especial pues, como ya se ha señalado anteriormente, se forma durante el proceso de maduración de muchas frutas y se considera la hormona natural de la maduración. El tratamiento de las frutas con etileno estimula la respiración de las mismas, acelerando la maduración. La respuesta de las frutas a este gas difiere según se trate de frutas climatéricas o no. En las frutas climatéricas, el etileno debe aplicarse antes de que se inicie el climaterio, ya que el efecto que produce es el adelantamiento del mismo, sin modificar apenas el máximo de la actividad respiratoria. En las frutas no climatéricas, el tratamiento puede hacerse en cualquier momento y el estímulo de la respiración que se produce es tanto más importante cuanto mayor sea la proporción de etileno en la atmósfera. El efecto más notable es la degradación de la clorofila en la piel y la síntesis de carotenoides. Se usa mucho para colorear las naranjas de primera temporada.

Si de lo que se trata es, por el contrario, de aumentar la vida útil de la fruta, habrán de emplearse sistemas que eliminen el etileno del aire. Entre ellos se pueden citar el ozono y la luz UV, el empleo de oxidantes catalíticos o químicos, o el uso de absorbentes de etileno fabricados a base de distintos materiales, tales como el carbón activo y el bromuro, las zeolitas o el permanganato potásico. La mayoría de estos sistemas tiene sus aplicaciones centradas en grandes cámaras de conservación de fruta, bien de atmósferas controladas, bien de atmósfera normal.

Existe un tipo de atmósfera controlada, denominado almacenamiento «a vacío parcial», «a presión atmosférica» o «hipobárico», en el que se reduce la presión de la cámara y, por consiguiente, la concentración de oxígeno. Por este método, se aumen-

ta también la difusión del etileno en los tejidos, contribuyendo todo ello a prorrogar la vida de la fruta en el almacenamiento. En las cámaras hipobáricas se inyectan periódicamente pequeñas cantidades de aire para reponer la concentración de oxígeno.

Temperatura

La otra variable importante es la *temperatura* de la cámara. El proceso respiratorio puede controlarse con la temperatura de almacenamiento puesto que, en un intervalo aproximado de entre 5 y 30 °C, la intensidad respiratoria depende de ella. Cada especie de fruta tiene una temperatura de almacenamiento con la que se puede obtener la mejor calidad, así como una temperatura mínima por debajo de la cual se producen alteraciones que la merman extraordinariamente.

Las temperaturas mínimas difieren ligeramente de unas variedades a otras. Así, por ejemplo, algunas variedades de manzanas pueden almacenarse a 1 °C, mientras que otras almacenadas por debajo de 4 a 5 °C ya sufren los daños del frío.

Los plátanos sólo deben almacenarse unos pocos días a temperaturas inferiores a 12 o 13 °C, pues puede haber peligro de inhibir permanentemente su maduración y actividad respiratoria, con ausencia total de la hidrólisis del almidón.

Los cítricos aguantan mal temperaturas inferiores a 3 °C.

Las peras, para que desarrollen su buena calidad, deben recolectarse antes de que maduren en el árbol y almacenarse después a bajas temperaturas. Es curioso que algunas variedades de pera no maduran salvo que se expongan a bajas temperaturas. Ello parece deberse a que así se estimula la biosíntesis de etileno.

Las temperaturas demasiado bajas producen manchas en la piel, pardeamientos, maduración imperfecta, falta de desarrollo de aroma y color, etc.

Humedad

Finalmente, es necesario el control de la *humedad*, a un nivel alto, para evitar la desecación que conduciría a una pérdida de la calidad de la fruta, pero evitando el peligro del desarrollo de hongos y bacterias.

Así pues, las condiciones decisivas que hay que controlar son: el oxígeno, el anhídrido carbónico, el etileno, la temperatura y la humedad. La combinación adecuada de todos estos valores permite el máximo tiempo de almacenamiento y la mejor calidad final. Además, dichos valores pueden ir cambiándose durante todo el proceso de maduración, con una programación temporal adaptada a cada circunstancia, por ejemplo, promoviendo el climaterio en el momento deseado, según la demanda del mercado. Cada especie de fruta y cada condición climática y de cultivo exigen unos valores específicos de todas las variables, una programación adecuada y un estado de maduración diferente para realizar la recolección. En la Tabla 9-5 se muestran las condiciones óptimas para la conservación prolongada de algunas frutas.

Productos de cuarta gama

La frutas de cuarta gama son productos crudos y frescos, envasados en embalajes de uso doméstico o colectivo, preparados para el empleo y que han sido sometidos a una

o más preparaciones tales como pelado, corte u otras que afectan a su integridad inicial. Suelen envasarse en un embalaje de material plástico (polietileno, polipropileno, películas de diversos componentes y otros) que sirve de compartimiento a una atmósfera modificada, y conservados a temperatura de refrigeración, siempre inferior a 8 °C.

Para la conservación de las frutas durante períodos de tiempo más largos, se recurre a otros sistemas:

Frutas en conserva

La conservación de las frutas por este método queda garantizada por el envasado en recipientes herméticos y por el calor. Este tratamiento destruye o inhibe tanto las enzimas como los microorganismos y sus toxinas, cuya presencia o proliferación podría alterar el producto.

En primer lugar, las frutas se someten a deshuesado (melocotones, cerezas...), pelado, corte y despepitado (manzanas, peras...). Posteriormente, se hierven bien en agua (para obtener frutas al natural), bien en jarabe de azúcar de distintas concentraciones, según se pretenda obtener frutas en jugo o frutas en almíbar. Después del enlatado, los recipientes son precalentados (para eliminar el máximo de oxígeno) y esterilizados en un autoclave, a temperaturas y tiempos variables dependiendo de la naturaleza y acidez de la fruta. Por último, se enfrían rápidamente en agua para evitar los efectos de sobrecocción debidos a la lentitud del enfriamiento al aire.

En algunos casos (fresas, frambuesas, ciruelas, cerezas...) se añade eritrosina como colorante, ya que el tratamiento térmico degrada el color rojo propio de las antocianinas, que son termolábiles.

Las conservas de frutas ácidas, siempre que el procesamiento haya sido correcto y el almacenamiento se realice a temperaturas inferiores a 10 °C, mantienen sus propiedades organolépticas y nutritivas durante unos dos años.

Modificaciones aportadas al valor nutritivo

La vitamina A, relativamente estable al calor e insoluble en agua, prácticamente no sufre modificaciones por el enlatado. Sin embargo, el contenido de vitamina B₁ puede llegar a disminuir en más de un 25 %.

El ácido ascórbico se destruye rápidamente al calentarlo, en presencia de luz o aire, a pH neutro (6-7). Pero la mayor parte de las frutas enlatadas tienen un pH que oscila entre 2.7 y 4.3, con lo que las pérdidas de vitamina C por el enlatado son relativamente bajas. Es más, las frutas enlatadas suelen tener más ácido ascórbico que sus homólogas almacenadas en condiciones desfavorables.

Las pérdidas posteriores que tienen lugar durante el almacenamiento de productos enlatados son relativamente lentas y no suelen superar el 10 % durante un año de almacenamiento. Parte de estas pérdidas se deben a lixiviación en el líquido de cobertura, por lo que debería consumirse en lugar de tirarlo.

Frutas congeladas

Para la conservación de las frutas en estado congelado es de la máxima importancia la correcta elección del tipo de fruta y del grado de maduración. Son adecuadas

para congelar las piñas, las manzanas, las fresas y las ciruelas oscuras, mientras que son poco o nada adecuadas para congelar las cerezas y las ciruelas de color claro, las uvas y la mayor parte de las frutas tropicales y subtropicales. Las frutas para congelar deben ser maduras, pero todavía firmes cuando se recolectan.

La congelación muy rápida (temperatura del aire $< -30\text{ }^{\circ}\text{C}$; tiempo de congelación 3 h) es de gran importancia para la rápida inhibición del desarrollo microbiano, para evitar grandes desequilibrios en la concentración de solutos en los tejidos y también para prevenir la formación de cristales de hielo, que dañan los tejidos. El escaldado previo a la congelación sólo es habitual en determinados casos (peras, manzanas, albaricoques); en otros, se cubren las frutas con una solución de azúcar hasta que se libera zumo. En ambos tratamientos se elimina el oxígeno, previniéndose así los pardeamientos enzimáticos. La adición de los ácidos cítrico y ascórbico suele ser habitual.

La fruta congelada se almacena a una temperatura entre $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Modificaciones aportadas al valor nutritivo

Los productos congelados se parecen mucho a los productos frescos. Si han sido bien preparados y mantenidos constantemente a temperatura muy baja, son por lo general de excelente calidad. Se ha comprobado, sin embargo, que las pérdidas de provitamina A y de tiamina son del orden del 20 %, y del 30 % para la niacina, la riboflavina y la vitamina C.

CRITERIOS DE CALIDAD

La calidad de la fruta en general se establece en función de criterios de apreciación visual, como tamaño, forma, color, carencia de defectos y enfermedades. Estos factores, por los que generalmente se preocupa el productor de fruta, han de conjugarse con otros valores tales como la calidad del «flavor», textura y características nutritivas, que generalmente suelen ser objeto de interés de los industriales. Es frecuente, por tanto, la selección de las frutas por su grosor (indispensable en algunos casos para posteriores tratamientos mecánicos) o por su color (porque es un índice característico de madurez).

Un factor que condiciona quizás en mayor medida la calidad de las frutas, es la apariencia y turgencia, que les confieren un aspecto de frescura característico, y que están condicionadas por su contenido en agua. Una pérdida de agua representa, además de una pérdida de masa y una reducción del tamaño del fruto, una pérdida de calidad cuando alcanza un nivel tal que el metabolismo se modifica, provocando una aceleración del proceso de alteración de la fruta. La pérdida de agua límite, que se caracteriza por un marchitamiento irreversible, es relativamente pequeña, del orden del 4 al 6 % del peso inicial. A esta pérdida puede llegarse fácilmente después de la recolección.

Tres son las causas fundamentales de las pérdidas de calidad durante el almacenamiento y manipulación de las frutas:

- Enfermedades causadas por patógenos: hongos y bacterias.
- Alteraciones no patogénicas, causadas por perturbaciones del metabolismo normal de la fruta. Los agentes desencadenantes de estas alteraciones pueden ser las

condiciones ambientales (temperaturas elevadas, insolación, frío), o carencias y desequilibrios de nutrientes (bajo contenido en calcio).

- Lesiones mecánicas, causadas por insectos, por la acción del viento, granizo, etcétera o por manipulaciones incorrectas durante la recolección, transporte y distribución de las piezas de fruta.

La legislación alimentaria establece unas normas de calidad para ciertas frutas (cerezas, fresas, ciruelas, uva de mesa, cítricos, manzanas, peras, kiwis, melocotones, nectarinas, albaricoques y plátanos) que recogen, entre otras, toda una serie de disposiciones relativas a la calidad de las mismas. En estas disposiciones, se definen para cada fruta las características mínimas que debe cumplir en cuanto a su aspecto externo (deberán ser enteras, sanas, exentas de plagas o humedad externa, etc.). Se especifican también las categorías (extra, categorías I y II) en las que se clasificarán las frutas, según presenten algún defecto de forma o desarrollo, coloración, roces, etc. Además existen disposiciones relativas al calibrado de las frutas y su tolerancia, en las que se determina el peso o diámetro mínimo para cada categoría y el margen permitido de piezas que no responden a las características propias de dicha categoría.

BIBLIOGRAFÍA

- Arthey, D. y Ashurst, P. R. (1997). *Procesado de frutas*. Ed. Acribia, S. A, Zaragoza.
- Behall, K. y Reiser, S (1986). «Chemistry and Function of Pectin» (de Fishman, M. L. y Jen, J. J.) *ACS Symposium Series 310*, p 248. American Chemical Society, Washington, DC.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos. 2.ª edición*. Ed. Acribia, S. A, Zaragoza.
- Código Alimentario Español. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 1975.
- Cheftel, J. C., Cheftel, H. y Besançon, P. (1992). *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vols. I y II*. Ed. Acribia, S. A, Zaragoza.
- Equipo de alimentación de la Universidad J. Liebig de Giessen. (1991). *La gran guía de la composición de los alimentos*. Ed. Dúplex, Barcelona.
- Guillén, P. (1998). *Atmósferas modificadas en la conservación de frutas y hortalizas*. Alimentación, Equipos y Tecnología. Junio. 105-108.
- Institute of Food Technologists (1986). *Effects of food procesing on nutritive values*. Food Technology, Dec., 109-116.
- Jay, J. M. (1978). *Microbiología moderna de los alimentos*. Ed. Acribia, S. A, Zaragoza.
- Legislación Alimentaria de la Unión Europea. Sección 7. *Productos vegetales*.
- Letang, G. (1997). «Frutas y hortalizas: refrigeración y pérdida de agua». *Alimentación, Equipos y Tecnología*. Abril, 29-36.
- Leynaud-Rouaud, C., Latour-Raulin, A, Cuq, J. L y Serville, Y. (1997). «Las hortalizas y las frutas». En *La alimentación humana*. Ed. Bellaterra, Barcelona; 841-893.
- Moreiras, O., Carbajal, A. y Cabrera, M. L. (1992). *La composición de los alimentos*. Ed. Eudema, Madrid.
- Nahar, H., Rahman, S. y Masihuzzaman, M. (1990). «Analysis of carbohydrates in seven edible fruits of Bangladesh». *Journal of the Science of Food and Agriculture, 51*, 185-192.
- Primo Yúfera, E. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Reiser, S., Powell, A. S., Yang, C. y Canary, J. J. (1987). «An insulinogenic effect of oral fructose in humans during postprandial hyperglycemia». *American Journal of Clinical Nutrition, 45*.

10

EDULCORANTES NATURALES Y DERIVADOS

(Olga Gimeno Hernández)

INTRODUCCIÓN

Entre los cambios alimentarios producidos en los países de Europa Occidental desde el comienzo de la era industrial, el aumento del consumo de productos con azúcar representa, sin duda, uno de los fenómenos más impresionantes. Es importante señalar que el consumo de azúcares simples, en general, ha ido incrementándose en los últimos años debido, no al aumento en el consumo de azúcar empleado como edulcorante, sino por la proliferación, en el mercado, de alimentos elaborados que tienen en su composición un porcentaje mayor o menor de azúcares, como las llamadas «golosinas», los refrescos, helados, bollería industrial y semiindustrial, la pastelería, etc. Las preparaciones con azúcar se han convertido, en unos decenios, en un alimento cotidiano del hombre de nuestra civilización.

El valor nutritivo de estos productos es muy bajo, al ser las materias primas utilizadas muy refinadas, y su riqueza vitamínica casi nula por los tratamientos térmicos a que son sometidos. Su valor calórico es muy alto, llegando a alcanzar 400-500 kcal por 100 g de producto. Son alimentos que se deben controlar en la dieta habitual, ya que un abuso de ellos causaría una ganancia de peso con un aporte nulo de nutrientes, dando como resultado una incorrecta alimentación. A pesar de su aporte elevado de energía, sus agradables aromas y sabor los hacen atractivos y favorecen su consumo.

DEFINICIÓN. TIPOS DE EDULCORANTES

Toda sustancia química capaz de proporcionar sabor dulce al alimento que la contiene recibe el nombre de edulcorante. Las moléculas dotadas de poder edulcorante son muy numerosas. La clasificación que se utiliza habitualmente es la siguiente:

- *Edulcorantes naturales*
 - Monosacáridos: glucosa, fructosa, galactosa.
 - Disacáridos: sacarosa, lactosa, maltosa.

- *Edulcorantes nutritivos*, derivados de productos naturales
 - Productos que provienen del almidón: glucosa, jarabe de glucosa, isoglucosa.
 - Productos que provienen de la sacarosa: azúcar invertido.
 - Azúcares-alcoholes o polioles: sorbitol, manitol, xilitol, isumalto, maltitol, lactitol, jarabe de glucosa hidrogenado.
 - Neoazúcares: fructo-oligosacáridos.
- *Edulcorantes intensos*
 - Edulcorantes químicos (edulcorantes de síntesis o edulcorantes artificiales): aspartamo, acesulfamo, sacarina, ciclamato, alitamo, dulcina.
 - Edulcorantes intensos de origen vegetal: taumatina, esteviósido, monelina, dihidrocalcona, glicirrizina.

Los edulcorantes naturales pertenecen a la clase general de sustancias llamadas hidratos de carbono (carbohidratos), porque están compuestos únicamente de carbono, hidrógeno y oxígeno, respondiendo a la fórmula química general $[C(H_2O)]_n$, y que incluyen tanto los azúcares como sus derivados. De los azúcares existentes en la naturaleza sólo algunos se utilizan a gran escala como edulcorantes. Además de la sacarosa (azúcar de caña o remolacha), tienen importancia la glucosa (azúcar de almidón y jarabe de almidón), el azúcar invertido (mezcla equimolecular de glucosa y fructosa), la maltosa, la lactosa y la fructosa.

Con fines dietéticos o para elaborar determinados preparados industriales, se emplean además, otros azúcares o azúcares-alcohol también existentes al por mayor, como por ejemplo: sorbitol, xilitol, manitol, maltulosa, isomaltulosa, maltitol, isomaltitol, lactulosa y lactitol.

EDULCORANTES NATURALES

Monosacáridos

Glucosa

La glucosa o dextrosa es el azúcar de fécula refinado y cristalizado. Su poder edulcorante es menor que el de la sacarosa. La glucosa abunda en los almidones de maíz, fruta, maíz dulce, jarabe de maíz, miel, patata y trigo. Debido a su rápida absorción, la dextrosa se utiliza mucho como producto energético incorporado a preparados nutritivos y farmacológicos. Se emplea también en bebidas, repostería, mermeladas, dulces, escabeches, así como en el curado de carnes y pastas de embutidos. La glucosa se oxida en las células como fuente de energía y se almacena en el hígado y los músculos en forma de glucógeno. Normalmente, el sistema nervioso central sólo puede utilizar glucosa como principal combustible.

Fructosa

La fructosa (levulosa, azúcar de frutas) se encuentra, junto con la glucosa y la sacarosa, en la miel y las frutas. La fructosa es algo más dulce que la sacarosa y se utiliza

como edulcorante sucedáneo para diabéticos. Es posible elaborar grandes cantidades de fructosa a un coste relativamente bajo a partir del almidón. Se utiliza comercialmente en edulcorantes, como el jarabe de maíz, rico en fructosa. En la actualidad, las bebidas gaseosas se endulzan casi por completo con esta última en lugar de sacarosa.

Galactosa

La galactosa no se encuentra libre en la naturaleza sino que se produce a partir de la lactosa (azúcar de la leche) por hidrólisis en el proceso de la digestión.

Disacáridos

Sacarosa

GENERALIDADES

El Código Alimentario Español designa con el nombre específico de sacarosa exclusivamente «el producto obtenido industrialmente de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*, L. var. rapa) y de otras plantas sacarinas, en suficiente estado de pureza para la alimentación humana». Además de la remolacha azucarera y de la caña de azúcar, existen otras plantas que se emplean con cierta frecuencia en la producción de sacarosa:

Maíz dulce	<i>Zea mays</i> var. <i>saccharata</i>
Sorgo azucarero	<i>Sorghum saccharatum</i>
Palmera datilera	<i>Phoenix dactilifera</i>
Acer del Canadá	<i>Acer saccharinum</i>

La sacarosa es el azúcar formado por la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa a través de un enlace glucosídico €(1-2). La sacarosa es, con mucho, el hidrato de carbono edulcorante más usado en todo el mundo; en algunos países occidentales llega a representar el 90% de los hidratos de carbono aportados por la dieta. La sacarosa es el azúcar más importante desde el punto de vista económico, y de todas las sustancias orgánicas preparadas industrialmente es la que se obtiene en mayor cantidad. Se encuentra extraordinariamente difundida en la naturaleza, sobre todo en las plantas verdes, hojas y tallos (caña de azúcar 12-26%, maíz dulce 12-17%, mijo dulce 7-15%, jugo de palma 3-6%); en frutos y semillas (frutos en drupa, dulcena, nísperos, naranja, calabaza, algarroba, piña, coco, castañas) y en raíces y rizomas (boniato 2-3%, cacahuete 4-12%, cebolla 10-11%, remolacha azucarera y similares 3-20%). La sacarosa destaca entre los demás edulcorantes por su sabor especialmente agradable, incluso en altas concentraciones.

CLASES Y DERIVADOS DEL AZÚCAR

El Código Alimentario Español considera las siguientes clases y derivados del azúcar:

- *Azúcares crudos*: azúcar terciado, azúcar blanquilla, azúcar pilé y azúcar granulado.
- *Azúcares refinados*: azúcar refinado, azúcar de pilón, azúcar cortadillo, azúcar cande, azúcar granulado.
- *Melazas*: melado, melaza de caña, melaza de remolacha.
- *Derivados del azúcar*: azúcar glacé, azúcar caramelizado.
- *Otros azúcares*: azúcar invertido, jarabe de fécula, azúcar de fécula, glucosa anhidra, jarabe de maltosa, lactosa.

Actualmente, se comercializa el azúcar moreno (azúcar integral, etc.) que, además de sacarosa, contiene en ínfimas cantidades algunas vitaminas y aminoácidos que, desde el punto de vista nutricional, carecen de importancia, ya que serían necesarios consumos desmesurados de azúcar moreno para que estos otros componentes se ingirieran en cantidades relevantes. Por tanto, la elección de uno u otro tipo de azúcar para el consumo debe depender únicamente del gusto personal del consumidor y nunca de unas virtudes nutricionales que no posee.

VALOR NUTRICIONAL DEL AZÚCAR

El azúcar sólo aporta energía. El grado de refinado para la obtención del azúcar es tan elevado que sólo contiene sacarosa y ningún otro nutriente. Por este hecho, podemos afirmar que sólo aporta energía y que son «**calorías vacías**». Esto debe tenerse en cuenta al elaborar una dieta, ya que si abunda este alimento, podemos aportar un elevado contenido en calorías (energía), con los riesgos de aparición de sobrepeso y obesidad, aportando por el contrario cantidades insuficientes, muy por debajo de las recomendadas, de otros micronutrientes esenciales (minerales, vitaminas), lo que da lugar a una dieta desequilibrada desde el punto de vista nutricional.

Es importante señalar que el consumo de azúcares simples, en general, ha ido incrementándose en los últimos años debido, no al aumento del consumo de azúcar empleado como edulcorante, sino por la proliferación en el mercado de alimentos elaborados que tienen en su composición un porcentaje mayor o menor de azúcares. Así, tenemos todas las llamadas «**golosinas**», los refrescos, helados, bollería industrial y semiindustrial, pastelería, etc.

POSIBLES SUSTITUTOS DE LA SACAROSA

Existen razones médicas y nutricionales que han llevado a desaconsejar el uso de la sacarosa, como se verá más adelante. Pero, a pesar de estas posibles desventajas, no se ha conseguido ningún otro tipo de edulcorante que, además de aportar el sabor dulce, sea capaz de sustituir a la sacarosa en sus numerosas funciones bromatológicas, relacionadas con fenómenos de cristalización, solubilidad, viscosidad, presión osmótica, actividad de agua, fermentaciones y conservación.

Se han propuesto diversos azúcares y azúcares-alcoholes como sustitutos de la sacarosa: glucosa, fructosa, sorbitol y xilitol son los más destacados, aunque también

cabe citar algunos polialcoholes de oligosacáridos, tales como el lactitol (galactosa y sorbitol), el maltitol (glucosa y sorbitol) y el palatinitol (glucosa, sorbitol y manitol). La L-xilosa, pentosa que se encuentra en pequeñas cantidades en los alimentos de consumo humano, al ser un azúcar no fermentable podría ser un buen sustituto no cariogénico de la sacarosa. Sin embargo, se ha señalado que la ingestión de ciertos niveles puede suponer un riesgo de padecer cataratas. Por esta razón, cuando se usa xilitol, es muy importante tener la garantía de que en su obtención a partir de xilosa la hidrogenación ha sido muy completa, para que no queden impurezas del monosacárido.

Lactosa

Está constituido por una molécula de galactosa y una de glucosa. La lactosa es el principal azúcar de la leche. No se encuentra en las plantas sino que se localiza casi de manera exclusiva en las glándulas mamarias de animales en período de lactancia. Es menos soluble que los otros disacáridos y sólo una sexta parte de dulce que la glucosa. Por hidrólisis, proporciona glucosa y galactosa. Este azúcar tiene importancia clínica en personas que carecen de la suficiente enzima digestiva (lactasa) para hidrolizarla con eficacia.

La lactosa se emplea en la elaboración de alimentos infantiles, dulces, salsas, ligantes para salsas, y como diluyente o excipiente en la fabricación de fármacos (comprimidos). No debe olvidarse su utilización como componente de los caldos de cultivo en la producción de antibióticos.

Maltosa

Es el disacárido formado por dos moléculas de glucosa. La maltosa (azúcar de malta) no suele encontrarse libre en la naturaleza. La producen, durante la digestión, enzimas que desdoblan grandes moléculas de almidón a fragmentos disacáridos, que pueden segmentarse a continuación en dos moléculas de glucosa para facilitar su absorción. Es lo que ocurre en la naturaleza cuando brota la semilla de un grano de cereal y sus enzimas convierten el almidón del grano en maltosa. Por ejemplo, la malta de la cebada se utiliza como edulcorante en algunos productos. En la manufactura de la cerveza, se produce una reacción similar cuando se hidroliza el almidón por la diastasa, una enzima de plantas obtenidas de granos en germinación.

La maltosa no es tan dulce como la glucosa, pero tiene un dulzor aceptable; es fermentable, soluble y no cristaliza fácilmente.

EDULCORANTES NUTRITIVOS DERIVADOS DE LOS PRODUCTOS NATURALES

Productos que provienen del almidón

El almidón, obtenido a partir del maíz, del trigo o de la patata, puede ser transformado en diferentes productos. La glucosa, los jarabes de glucosa, son obtenidos por hidrólisis del almidón. La acción combinada de varias enzimas permite obtener jarabes de glucosa de composición y propiedades diferentes. Los jarabes de glucosa poseen propiedades

tecnológicas particulares: viscosidad, plasticidad, modificación de la humedad relativa de equilibrio e inhibición de la cristalización de la sacarosa. Estos jarabes se utilizan, asociados a la sacarosa, en los productos de confitería, los helados, las confituras y las galletas.

La isoglucosa o jarabe de glucosa de alto contenido en fructosa (*high fructose syrup, HFS*) se obtiene por una hidrólisis del almidón por vía enzimática, seguida de una isomerización enzimática, que asegura la transformación de una parte de la glucosa en fructosa. El jarabe de 42 % de fructosa es el más utilizado por la industria. También se emplean jarabes de glucosa que contienen del 55 al 90 % de fructosa. El contenido en fructosa condiciona el poder edulcorante de estos jarabes, que habitualmente está comprendido entre 0.9 y 1.1.

Productos que provienen de la sacarosa. Azúcar invertido

Cuando a la sacarosa la hidrolizan enzimas digestivas o es hervida con ácido, se convierte a una mezcla de partes iguales de glucosa y fructosa que conocemos como azúcar invertido. Como las moléculas de monosacárido son más pequeñas, esta combinación suele utilizarse en mezclas de azúcares comerciales como los caramelos y los dulces de azúcar batidos con clara de huevo, para evitar la formación de cristales de azúcar grueso.

Azúcares-alcohol

Las formas alcohol de la sacarosa, manosa y xilosa (sorbitol, manitol y xilitol, respectivamente) conservan parte del dulzor de los azúcares originales. Los azúcares-alcoholes se absorben poco en el intestino delgado. Estos monosacáridos hidrogenados, absorbidos en cantidad reducida, se encuentran luego en la orina, pues son poco o nada metabolizados por el organismo. En el intestino delgado la fracción no absorbida reclama agua. Se forma una solución isotónica que llega al colon. Cuando esta solución alcanza el colon en gran cantidad, se produce una diarrea osmótica. Los polioles son, sin embargo, fermentados por la flora del colon. Se transforman principalmente en ácidos grasos volátiles hidrosolubles (propiónico y butírico), en ácido acético y en lactatos.

Este bajo coeficiente de absorción en el intestino delgado aumenta, sin embargo, para algunos polioles cuando son ingeridos con otros nutrientes, en particular la glucosa. Cuanto más reducida es la absorción en el intestino delgado o mayor es la cantidad ingerida, más importante es la probabilidad de favorecer la aparición de flatulencias, meteorismo y diarrea.

La malabsorción intestinal produce, en efecto, una adaptación de la flora del colon. La fermentación colónica del azúcar-alcohol conduce a una recuperación energética en forma de ácidos grasos volátiles. Este doble fenómeno de adaptación intestinal y de recuperación colónica explica las dificultades para calcular el valor energético de los polioles y la variabilidad de los resultados referentes a su tolerancia digestiva.

Sorbitol

Se encuentra en forma natural en las frutas y tiene un poder edulcorante similar al de la glucosa. Se absorbe en el intestino de modo lento por difusión pasiva, pero una

vez absorbido es captado con rapidez por el hígado donde se oxida la fructosa y sigue después el metabolismo propio de este monosacárido.

Además de utilizarse como edulcorante para diabéticos, se emplea, entre otras cosas, en las conservas de frutas. Sirve también como humectante y plastificante en confitería; se utiliza en cantidades del 5-15 %, agregándose habitualmente en forma de jarabe al 70 %. El sorbitol se emplea también para fabricar dulces sin azúcar (goma de mascar, entre otras cosas).

Xilitol

Su velocidad de absorción es tan sólo una quinta parte de la glucosa. Se utiliza con frecuencia en gomas de mascar sin azúcar, porque las bacterias cariógenas no pueden utilizarlo como sustrato. El xilitol, como sucede con la fructosa y el sorbitol, es un sucedáneo del azúcar para diabéticos. También tiene importancia en la alimentación parenteral.

Manitol

El manitol se encuentra en la fruta, se digiere mal y proporciona casi la mitad de las calorías por gramo que la glucosa. Se obtiene por hidrogenación del azúcar invertido y se separa del sorbitol, debido a su escasa solubilidad, y por cromatografía, debido a su acción plastificante. Se utiliza preferentemente en la goma de mascar y en productos de panadería para diabéticos.

Familia de los fructo-oligosacáridos: los neozúcares

Actilight[®] y Raftilose[®] son mezclas de fructo-oligosacáridos. Los neozúcares se obtienen por la fijación, gracias a la acción de la fructosiltransferasa, de una o varias unidades de fructosa procedente de moléculas de sacarosa (GF) sobre una molécula de sacarosa-fructosa. Los neozúcares son soluciones que contienen una mezcla de GF₂ (una molécula de fructosa fijada), GF₃ (2 moléculas de fructosa fijadas), GF₄ (tres moléculas de fructosa fijadas). Según la composición de las soluciones, el poder edulcorante está comprendido entre 30 y 60, es decir, de 30 a 60 veces más que el de la sacarosa. La estabilidad de estas soluciones, tanto al calor como en medio ácido, es buena.

PODER EDULCORANTE

Todos los azúcares, así como los azúcares-alcoholes correspondientes, poseen la característica de tener un sabor dulce, pero su poder edulcorante es diferente en cada caso (Tabla 10-1).

El hombre está acostumbrado a los alimentos edulcorados. El sabor dulce parece desempeñar un papel importante, tanto en la vida del ser humano como en la de los demás mamíferos. No faltan quienes afirman incluso que la percepción dulce por parte del sentido del gusto ha marcado la supervivencia de muchos seres vivos, basándose

Tabla 10-1. Poder edulcorante de los monosacáridos, disacáridos y polioles

	Poder edulcorante*
Monosacáridos	
Glucosa	0.7
Fructosa	1.1 a 1.3
Galactosa	0.3
Disacáridos	
Sacarosa	1*
Lactosa	0.25
Maltosa	0.6
Monosacáridos hidrogenados	
Sorbitol	0.5-0.6
Manitol	0.5-0.6
Xilitol	1

* El poder edulcorante se determina en relación a la sacarosa que, elegida como azúcar de referencia (por definición), posee un poder edulcorante igual a 1 (en solución de 30 g/L y a 20 °C, condiciones de referencia). El poder edulcorante varía ligeramente en función de la concentración sometida a prueba.

Fuente: Billaux (1997).

en que las plantas suelen aprovecharlo para su propagación al producir frutos y otras partes vegetales con sabor dulce. A los niños, los adultos muchos animales les gusta el sabor dulce de los azúcares. El sabor dulce de los alimentos puede influir de modo bastante notable en la selección de los mismos, aun cuando ese sabor no sea más que un atributo dentro de un complejo total (aroma, textura, sabores, etc.), incluso por encima de otros factores externos que normalmente canalizan la actitud del consumidor, como puede ser lo adecuado que le resulta un cierto alimento dentro de un contexto dietético determinado.

El sabor dulce constituye la respuesta a un estímulo de las papilas gustativas, localizadas fundamentalmente en la punta de la lengua y la parte anterior del paladar. Es un fenómeno subjetivo, sensitivo, que está influido por factores fisiológicos, psicológicos y ambientales. La intensidad del dulzor de los azúcares puede variar debido a muchas causas, como la temperatura, el pH, la concentración, el medio y la presencia de otros compuestos. Este sabor dulce proporcionado por una sustancia se evalúa sobre una base ponderal, tomando como referencia la respuesta provocada por una solución de sacarosa en concentración y condiciones normalizadas. En este sentido, se ha podido establecer el poder edulcorante relativo de muchas de estas sustancias, dándoles un valor que tiene como patrón de referencia al de la sacarosa, considerado como 1. Debido a que todas las determinaciones de dulzor son netamente subjetivas (procedentes de un cuadro de catadores), los resultados de todo análisis organoléptico están sujetos a errores propios de los individuos, lo que puede ser un factor que influya en las discrepancias sobre los valores del poder edulcorante de los diferentes azúcares. Para obtener resultados con cierto grado de importancia, se requieren equipos de catadores seleccionados y adiestrados que trabajen en condiciones ambientales bien definidas.

EDULCORANTES Y ASPECTOS SANITARIOS

Diabetes mellitus

La ingestión de azúcares y polialcoholes resulta de la máxima importancia para aquellas personas que padezcan **diabetes mellitus**. El efecto de los edulcorantes de la dieta con la diabetes mellitus ha sido estudiado desde dos puntos de vista: 1) desde el punto de vista de la etiología de la enfermedad, y en este sentido cabe decir que el consumo de azúcares sencillos no tiene significación; 2) desde el punto de vista de la terapia alimentaria, y en este sentido sí caben algunas observaciones.

Recordemos que la diabetes insulino dependiente se caracteriza por un completo fracaso de las células del páncreas para la producción de insulina endógena, que debe ser proporcionada a ese organismo para que pueda sobrevivir, pues en caso contrario no se metaboliza la glucosa, lo que da paso a una cetoacidosis. Suele ser más común la diabetes que no depende de la insulina, diabetes estrechamente asociada con la obesidad, y cuyo principal tratamiento es dietético. La persona obesa debe reducir su peso para restaurar su sensibilidad a la insulina y, por consiguiente, debe evitar el consumo de todos aquellos alimentos que proporcionen un suministro rápido de glucosa a la circulación sanguínea. Actualmente se cree que el azúcar no es la causa de esa diabetes, pero que sí puede contribuir a la obesidad que la acompaña. Asimismo, el control de la glucemia por parte de la persona diabética reduce el riesgo de posibles complicaciones de la enfermedad.

Hasta la década de los años 70, era habitual limitar la ingestión de hidratos de carbono y eliminar de la dieta el azúcar refinado con la convicción de que ello reducía al mínimo el riesgo de una hiperglucemia. Pero los resultados obtenidos con estas medidas terapéuticas han sido verdaderamente malos, con el inconveniente adicional de que exigen un mayor aporte de grasa en la dieta para alcanzar el nivel energético adecuado. Sin embargo, los supuestos efectos nocivos de estos niveles dietéticos de grasa sobre el desarrollo de enfermedades cardiovasculares hizo que se tuviera que reconsiderar aquellas medidas dietéticas. Actualmente se admite que en el tratamiento de la diabetes insulino dependiente no es conveniente una restricción indiscriminada de los hidratos de carbono en la dieta. Como la glucosa, la sacarosa y algunos almidones son rápidamente absorbidos, sí pueden dar lugar a cambios en la concentración de glucosa en sangre y, por tanto, alterar el control metabólico que suele llevar un diabético. Por el contrario, la fructosa, el sorbitol y el xilitol de la dieta apenas repercuten sobre el nivel plasmático de la glucosa, puesto que se absorben con más lentitud. Por consiguiente, éstos serán los edulcorantes más adecuados para los diabéticos. No obstante, en el caso de la fructosa, hay que tener en cuenta su gran poder energético, que no la hace aconsejable cuando la diabetes se acompaña de obesidad. El sorbitol tampoco presenta muchas ventajas frente a la fructosa, porque, al ser mucho menos dulce, se necesita más cantidad en la dieta y de este modo se incrementa su poder calórico. Últimamente, se considera más recomendable para la dieta de los diabéticos el uso de polisacáridos como fuente de hidratos de carbono, aunque también se sugiere que una pequeña ingestión de sacarosa (50 gramos al día) no entraña efectos negativos.

Obesidad

Se conoce bien la capacidad de los edulcorantes para convertirse en tejido adiposo, pero no parecen ser mucho más eficaces al respecto que las proteínas o las grasas. En efecto, en relación con las grasas, su eficacia es claramente inferior.

La obesidad suele estar vinculada a una ingestión excesiva de calorías, pero no existen pruebas concluyentes de que este trastorno patológico se encuentre vinculado a la ingestión de algún nutriente específico.

Caries dental

Un aspecto clínico importante, estrechamente relacionado con la presencia de edulcorantes en la dieta, es el problema de la **caries dental**. Se trata de una compleja enfermedad de origen bacteriano en la que cabe distinguir tres factores: un huésped con dientes susceptibles, un sustrato para metabolizar y unos microorganismos cariogénicos. Para que la caries se desarrolle en una pieza dental se precisa la interacción de estos tres factores, aunque puede haber otros factores, generales y locales, que predisponen a ella. En un principio, los microorganismos colonizan la superficie dental susceptible y forman lo que se denomina la **placa dental**. Estas bacterias fermentan los hidratos de carbono que le llegan con la dieta y los convierten en metabolitos ácidos, particularmente ácido láctico, que provocan una disminución del pH y con el tiempo desmineralizan la superficie dental. Se ha comprobado que en este proceso están implicados algunos microorganismos específicos, sobre todo *Lactobacillus* y *Streptococcus* mutantes, que desempeñan un papel clave. Cuando estas bacterias colonizan la superficie dental, son capaces de utilizar la sacarosa de la dieta para producir un polisacárido extracelular, de estructura de glucanos, que sirve de soporte para la fijación de colonias adherentes sobre la superficie dental. *Streptococcus* mutantes son capaces de tolerar elevadas concentraciones de sacarosa y de producir, a partir de ella, grandes cantidades de metabolitos ácidos a mayor velocidad que otras bacterias. Estas propiedades le dan ciertas ventajas ecológicas sobre cualquier otro tipo de placas bacterianas cuando la alimentación se basa en dietas ricas en sacarosa.

Se ha investigado el comportamiento de los diferentes edulcorantes nutritivos, de posible presencia en la dieta, en relación con su papel de sustrato para las bacterias cariogénicas. En los numerosos estudios clínicos y epidemiológicos en seres humanos, así como en los trabajos con animales, se ha destacado la relevancia de la sacarosa en el desarrollo de la caries dental.

La principal propiedad destacable de la sacarosa, que la hace más cariogénica que otros edulcorantes, radica en su capacidad para actuar como sustrato de fermentación para provocar la caída del pH dental y para sintetizar los polisacáridos glucanos insolubles, ricos en enlaces α -1-3. Estos polímeros son de tanta importancia para el desarrollo de la caries dental que todas las razas de *Streptococcus* mutantes que han perdido la capacidad de producir estos glucanos a partir de la sacarosa, también pierden la virulencia cariogénica. De todos los azúcares que pueden usar los microorganismos como sustratos, la sacarosa es el que proporciona mayor cantidad de energía, gracias a su enlace molecular entre glucosa y fructosa. Como *Streptococcus* mutantes dispo-

ne, al menos, de dos sistemas de transporte para el paso de la sacarosa al interior de las células, y además diversos sistemas enzimáticos para su metabolización, toda dieta rica en sacarosa proporciona grandes ventajas ecológicas a estas bacterias sobre otros tipos de microorganismos. Cuando coincide la presencia de *Streptococcus* mutantes con la ingestión de sacarosa, se favorece la adhesividad de la placa dental por la formación del polisacárido insoluble. Sólo si se interfiere en ese proceso de adherencia se puede prevenir el desarrollo de la caries.

La glucosa, la fructosa y el azúcar invertido dan lugar a la formación de sustancias ácidas en la misma magnitud que la sacarosa, pero parece que contribuyen con menos intensidad a la síntesis del polisacárido insoluble. En cambio, con la lactosa, la caída del pH en la placa es menor y, por ello, su potencial cariogénico es más reducido. Además, se ha comprobado que si la lactosa se ingiere como componente natural de la leche, sus efectos cariogénicos son mucho más escasos, tal vez por la acción reguladora del pH que tienen las proteínas lácteas.

En cuanto a los polialcoholes, el xilitol no es metabolizado por la mayoría de los microorganismos bucales, e incluso se ha observado que su presencia implica un cierto efecto anticariogénico, tal vez por inhibir el desarrollo de *Streptococcus* mutantes.

En cuanto al sorbitol, solamente lo fermentan un 10-20% de la microflora bucal, casi exclusivamente las especies de *Streptococcus* mutantes, *Lactobacillus* y *Actinomyces*, aunque esta fermentación tiene lugar a velocidad lenta y apenas afecta al pH de la placa dental. No obstante, se ha señalado que su frecuente ingestión causa adaptaciones, especialmente en personas de boca más bien seca, pero carece de importancia clínica cuando el flujo salival es normal.

El manitol puede ser fermentado ligeramente por estas bacterias, pero la caída del pH provocada es tan insignificante que su potencial cariogénico se considera muy reducido. Lo mismo cabe decir del lactitol y el maltitol.

Enfermedad coronaria

Diversos estudios e informes han fracasado en el intento de obtener pruebas que permitan sugerir una participación de los edulcorantes en general, y de la sacarosa en particular, en el desarrollo de la **enfermedad coronaria** en la población. No ha sido posible hasta ahora atribuirles un papel en la etiología de dicha enfermedad.

Conducta

A pesar de la gran publicidad que se ha dado a los efectos de la sacarosa en el comportamiento, como el de generar sobre todo hiperactividad en niños y conductas antisociales en las instituciones penitenciarias, los datos científicos con los que se cuenta por el momento no avalan tales afirmaciones. Los azúcares pueden, no obstante, afectar a la actividad cerebral, y se ha demostrado que liberan opiáceos endógenos o de producción encefálica. El efecto de estas sustancias es similar al de la morfina, especialmente en el hecho de que reducen el malestar físico y mental; a su vez, esos efectos del azúcar desaparecen al administrar un fármaco antagonista de los opiáceos. Ello significaría que el azúcar podría reducir el malestar y ayudar a combatir el abatimien-

to humano, y explicaría el intenso consumo por parte de aquellas personas que se encuentran socialmente aisladas y el probable desarrollo de obesidad consiguiente.

Otros aspectos

En el proceso de conversión de fructosa en glucosa se forman triosas-fosfatos, de los que un 30 % se pueden metabolizar a piruvato y lactato, por lo que, en hígados afectados o en condiciones anaerobias, puede acumularse lactato y originarse una acidosis. Además, como la fosforilación de la fructosa es un proceso que consume ATP, puede provocarse un agotamiento de este compuesto e interferir así en el catabolismo de los adenosín nucleótidos, con la consiguiente subida de los niveles de ácido úrico en sangre.

También se ha puesto de relieve que las dietas muy ricas en fructosa pueden incrementar los niveles séricos de triglicéridos en una cuantía superior al almidón, cuando se usa como fuente de hidratos de carbono, porque al parecer se favorece la síntesis de ellos en el hígado y su paso a la sangre, pero se reduce su captación por los adipocitos periféricos.

ALTERACIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Alteración microbiológica

Los azúcares actúan como conservantes en los alimentos, ya que aumentan la presión osmótica del sistema, de manera que los microorganismos no pueden crecer. Los azúcares, como agentes conservantes, se utilizan sobre todo en la elaboración de conservas de frutas, dulces, leche condensada y similares. La estabilidad comercial de ciertos pasteles, bollos y otros artículos similares se debe, en gran parte, al efecto conservador de las elevadas concentraciones de azúcar que, al igual que la sal, hacen que el agua no pueda ser utilizada por los microorganismos. Los microorganismos difieren en su respuesta a las concentraciones hipertónicas de azúcar, siendo las levaduras y mohos menos susceptibles que las bacterias. Algunas levaduras y los mohos pueden crecer en presencia de sacarosa al 60 %, mientras que la mayoría de las bacterias son inhibidas con niveles mucho más bajos. Los organismos que son capaces de crecer con altas concentraciones de azúcar se denominan osmófilos, mientras que los microorganismos osmodúricos son aquéllos incapaces de proliferar, pero que resisten elevados niveles de azúcar. Ciertas levaduras osmófilas, como *Sacharomyes rouxii*, pueden crecer en presencia de concentraciones de azúcar extremadamente elevadas.

Estos productos rara vez sufren el ataque microbiano, sobre todo si están adecuadamente preparados, elaborados y conservados, debido fundamentalmente a la falta de suficiente humedad para su crecimiento. Están poco sujetos a alteraciones microbianas cuando se preparan, condicionan y almacenan convenientemente; a causa de su contenido en azúcar, tienen actividades de agua muy bajas y, por otro lado, tienen frecuentemente un pH relativamente bajo. Es frecuente que el azúcar de caña y el de remolacha contengan microorganismos. Los contaminantes bacte-

rianos más importantes son miembros de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*, que a veces causan problemas en la industria conservera. Es posible el crecimiento de algunos de estos microorganismos, sobre todo en las superficies, si los azúcares se almacenan en condiciones extremadamente altas de humedad. El crecimiento de estos microorganismos dependerá de que consigan la necesaria humedad y elementos nutritivos esenciales no hidrocarbonados. Se ha señalado que *Torula* y cepas osmófilas de *Saccharomyces* causan problemas en los productos azucarados y dulces con un alto contenido en humedad. Estos microorganismos pueden producir la inversión del azúcar. Un microorganismo que causa problemas en las refinerías de azúcar es *Leuconostoc mesenteroides*, que hidroliza la sacarosa y sintetiza un polímero de la glucosa, denominado dextrano. Este polímero viscoso y de consistencia gomosa a veces llega a obstruir las tuberías a través de las que pasan las soluciones de sacarosa.

La crema de chocolate y los bombones pueden verse alterados por microorganismos, que pueden incluso causar abombamiento y explosiones. Los microorganismos causales parecen ser especies de *Clostridium*, sobre todo *C. sporogenes*, que llegan hasta estos productos a través de otros ingredientes.

Cristalización

Un problema que existe en la manufactura de alimentos es el control de la cristalización de azúcares, que en algunos casos se debe evitar y que en otros es un requerimiento para obtener las propiedades organolépticas adecuadas del producto. En confitería se reduce la cristalización manipulando las condiciones de procesamiento de tal manera que se obtenga una forma amorfa de la sacarosa y de la glucosa; en estos casos, la adición de glucosa líquida también inhibe la cristalización.

Humectancia

Otra propiedad muy importante de los azúcares es su capacidad de humectancia. Este fenómeno se presenta principalmente en hidratos de carbono de bajo peso molecular que tienden a absorber la humedad de la atmósfera, es decir, son higroscópicos, lo que se refleja en que los productos que los contienen se vuelven pegajosos y gomosos. Por esta razón, los azúcares como la glucosa, el sorbitol y otros, deben guardarse en recipientes cerrados para evitar su exposición al aire húmedo.

Reacción por calor

El efecto más importante que tiene el calor sobre los azúcares está directamente relacionado con varias reacciones que conducen a la producción de diferentes pigmentos en los alimentos. La temperatura acelera considerablemente todas las reacciones que les suceden a los azúcares. La presencia de compuestos nitrogenados, el pH y otros factores serán decisivos para que los azúcares se vean afectados por el calor y produzcan pigmentos.

Reacciones de oscurecimiento

Las reacciones de oscurecimiento son muy importantes en los alimentos, ya que su sabor, su olor y su textura pueden ser modificados de acuerdo con estos cambios.

La **caramelización** o **pirólisis** se presenta cuando los azúcares son calentados por encima de su temperatura de fusión, en la que los monosacáridos forman enoles como paso inicial de la reacción. Esta reacción es favorecida por la presencia de ácidos carboxílicos, por algunos metales y por pH alcalinos, aunque también puede efectuarse en condiciones ácidas.

Un aspecto de las reacciones de caramelización que recientemente ha recibido mucha atención es la formación de pirazinas en alimentos que contienen azúcares y que han sido tratados térmicamente. La presencia de sales de amonio en la manufactura de caramelos puede favorecer la producción de pirazinas, ya que se ha observado que se forman en sistemas modelo de azúcares y aminoácidos. Las pirazinas se producen durante el tostado del café o en productos fritos, como patatas y cacahuets, y contribuyen al aroma de estos productos.

La **reacción de Maillard** tiene lugar entre un grupo aldehído o cetona, procedente de los azúcares reductores, y grupos amino de aminoácidos o proteínas. Este tipo de reacción de oscurecimiento es el que sucede más frecuentemente cuando los alimentos se calientan a temperaturas altas, o cuando se almacenan durante períodos muy largos, y va acompañado además por una reducción de la solubilidad de las proteínas, un descenso del valor nutritivo y la producción de sabores amargos.

La temperatura, el pH y la actividad de agua desempeñan un papel muy importante en el control de las reacciones de oscurecimiento, de tal forma que se pueden inhibir a temperaturas bajas y pH ácidos. El uso de ácidos en ciertos alimentos, como en huevos deshidratados, ayuda a reducir su oscurecimiento. La actividad de agua del alimento es un factor decisivo para que se efectúen estas reacciones de deterioro. El control de la actividad de agua tiene mucha importancia para reducir el oscurecimiento no enzimático.

MIEL

Definición

Se conoce por miel el producto alimenticio que producen las abejas a partir del néctar de las flores, de las secreciones procedentes de partes vivas de las plantas o que se encuentran sobre ellas, que es pecoreado, transformado, mezclado con sustancias específicas propias, almacenado y dejado madurar en los panales de la colmena.

Obtención y clases

Por su **obtención** y **características** las mieles responden a las siguientes denominaciones:

- *Miel en panal o en secciones*: cuando se presenta en los panales naturales no desoperculados, y envueltos cada uno en hojas de papel o plástico transparentes.

- *Miel virgen o miel de gota*: el producto que fluye espontáneamente de los panales al romperlos.
- *Miel cruda*: el producto extraído del panal por medios mecánicos.
- *Miel cruda centrifugada*: el producto obtenido exclusivamente por presión en frío.
- *Miel gomosa*: el producto obtenido por presión en caliente.
- *Miel sobrecalentada o desenzimada*: la que se ha sometido a la acción de temperaturas superiores a 70 °C.
- *Miel batida*: la obtenida por golpeo de los panales.
- *Melaja*: el producto tipo jarabe obtenido por concentración de los líquidos acuosos procedentes del lavado de los panales.
- *Mieles aromáticas*: con las denominaciones que responden al aroma natural que posean.

De acuerdo con la **finalidad de empleo**, se distingue la miel comestible y la de pastelería:

- *Miel comestible*: es una miel de primera calidad, limpia y destinada al consumo inmediato.
- *Miel de pastelería*: no es una miel de primera calidad; sólo se utiliza como aditivo en productos de pastelería. Se somete a intensa fermentación, con lo que adquiere un olor y un sabor extraños, o bien se calienta intensamente. También se incluye aquí la miel tostada (caramelizada).

Según la **época de la producción**, se diferencia entre miel de primavera, principal y tardía:

- *Miel de primavera*: producida hasta finales de mayo.
- *Miel principal*: producida en junio y julio.
- *Miel tardía*: producida en agosto y septiembre.

De acuerdo con el **origen vegetal**, se diferencia entre miel de flores y miel de rocío:

- *Miel de flores* (miel de brezo, tilo, acacia, trébol, romero, esparceta, colza, alforfón, árboles frutales, etc.). En estado fresco, es un líquido transparente y espeso, que paulatinamente va concentrándose hasta cristalizar. La miel de esta clase tiene un color blanco, amarillo claro u oscuro, amarillo verdoso o castaño. La miel de arce es amarilla clara, la de brezo rojiza oscura, la de trébol entre amarilla clara y rojiza, y la miel de pradera entre amarilla y castaña. La miel de flores tiene un sabor típico, que depende de la época de producción, es dulce y aromática, y en ocasiones muy olorosa; con frecuencia (en especial alguna miel de brezo) tiene un sabor que recuerda al de la melaza (miel de esparceta y miel de alforfón).
- *Miel de rocío* (miel de abeto, abeto rojo o de hoja). Se solidifica con dificultad. Suele ser menos dulce, está coloreada de oscuro y no es raro que tenga olor y sabor especiados, resinosos y, en cierta medida, similares a los de los terpenos.

Elaboración

La miel es elaborada por las abejas, que toman el néctar u otros jugos dulces de las plantas vivas y les añaden sustancias propias de su organismo; esta mezcla es modificada en su cuerpo y secretada sobre panales, donde madura.

La elaboración de la miel se inicia una vez recolectado el polen de las flores, el néctar y el rocío dulce en la vesícula melífica de las abejas recolectoras; a esto sigue la elaboración por las abejas obreras que reciben la materia bruta, concluyendo el proceso con el relleno de las celdillas del panal con la miel. La transformación comprende esencialmente las siguientes etapas: espesamiento del néctar, aumento del azúcar invertido (por acidificación del material de partida y acción de las enzimas del organismo de las abejas, produciéndose también en el estómago melífico de éstas la isomerización de la glucosa en fructosa), incorporación de sustancias proteicas de las plantas y las abejas, de ácidos procedentes del insecto, agregación de minerales, vitaminas y sustancias aromáticas de los vegetales y enzimas de las glándulas salivales y la vesícula melífica de las abejas. Cuando la humedad de la masa de la miel ha disminuido hasta un 16-19 %, se cierran las celdillas con película de cera. En las celdillas, la miel experimenta ulteriores transformaciones, sobre todo la inversión del azúcar.

Composición

La miel es un producto biológico muy complejo que varía notablemente en su composición como consecuencia de la flora de origen, de la zona y de las condiciones climáticas; por ello es más apropiado hablar de «mieles» que de «miel». La diferencia entre una miel y otra depende sobre todo de la calidad y cantidad de las plantas que florecen y producen néctar en el mismo período. La composición final de la miel madura varía. En la Tabla 10-2 se

Tabla 10-2. Composición de la miel (%)

Componente	Valor medio	Rango
Agua	17.2	13.4-22.9
Fructosa	38.2	27.3-44.3
Glucosa	31.3	22.0-40.8
Sacarosa	1.3	0.3-7.6
Maltosa	7.3	2.7-16.0
Azúcares superiores	1.5	0.1-8.5
Otros	3.1	0-13.2
Nitrógeno	0.04	0-0.13
Minerales	0.17	0.02-1.03
Acidos libres ^a	22	6.8-47.2
Lactonas ^a	7.1	0-18.8
Acidos totales ^a	29.1	8.7-59.5
pH	3.9	3.4-6.1
Indice diastasas	20.8	2.1-61.2

^a mval/kg.

Fuente: Piana y cols. (1989).

expone esa composición. La miel, que es esencialmente una disolución acuosa concentrada de azúcar invertido, contiene, además de una mezcla muy compleja de otros hidratos de carbono, diversas enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, sustancias aromáticas, pigmentos, ceras, granos de polen, etc.

Agua

La humedad debe estar por debajo del 20 %, puesto que la miel excesivamente acuosa es muy propensa a sufrir fermentaciones por levaduras osmófilas. Cuando el contenido en agua supera el 18 %, la miel puede fermentar porque su concentración ya no es suficiente para impedir la multiplicación de las levaduras, siempre presentes en ella, que se desarrollan activamente a temperaturas comprendidas entre 15 y 25 °C.

Hidratos de carbono

Los principales azúcares son la fructosa (38 % por término medio) y glucosa (31 %). También se han identificado más de 20 oligosacáridos, ocupando el primer lugar la maltosa. El contenido de sacarosa oscila mucho de acuerdo con el grado de maduración de la miel, pero generalmente es inferior al 3 %. La composición de la fracción oligosacárida viene determinada preferentemente por las plantas a partir de las cuales se elaboró la miel; las influencias regionales y estacionales son menores. Cuando la miel acaba de ser extraída de los panales, las transformaciones aún están en acción y continúan manifestándose en tanto las enzimas permanecen activas. Por ello, la miel es un producto vivo; al envejecer se empobrece en monosacáridos y se enriquece en azúcares superiores.

Proteínas

Las proteínas de la miel proceden, en parte, del material vegetal y, en parte, de las abejas. Las mieles de prensado, actualmente poco comunes, son obviamente más ricas en sustancias nitrogenadas. El contenido de nitrógeno de las mieles centrifugadas es de casi el 0.04 %, que corresponde al 0.26 % de proteínas.

Enzimas

La miel contiene enzimas, tanto de origen vegetal como animal; las más importantes son las α -glucosidasas, invertasa o sacarasa (hidroliza la sacarosa en glucosa), α -amilasas y β -amilasas o diastasas (hidroliza el almidón en glucosa), glucosa oxidasa (que transforma la glucosa en ácido glucónico), catalasa y fosfatasa ácida.

Aminoácidos

La prolina, que procede de las abejas, predomina absolutamente; constituyen entre el 50 % y el 85 % de la fracción aminoacídica. Tomando como base el espectro de aminoácidos, puede efectuarse una clasificación regional de las mieles.

Ácidos

El ácido principal de la miel es el ácido glucónico, que se forma de la glucosa por acción enzimática. En pequeña cantidad están presentes otros ácidos, como por ejemplo el acético, láctico, cítrico, succínico, fórmico, málico, maleico y oxálico.

Sales minerales

Su contenido, siempre más bien modesto (0.1-0.2 %), varía notablemente con relación al origen botánico, a las condiciones edáfico-climáticas y a las técnicas de extracción. El elemento dominante es el potasio, seguido de cloro, azufre, sodio, calcio, fósforo, magnesio, manganeso, silicio, hierro y cobre.

Sustancias aromáticas

En la miel se han aislado ésteres de ácidos alifáticos y aromáticos, aldehídos, cetonas y alcoholes.

Pigmentos

El color de la miel se atribuye a compuestos fenólicos y a reacciones de pardeamiento que tienen lugar entre los aminoácidos y la fructosa en solución ácida.

Aspectos nutritivos

En contra de la creencia popular, no existe ninguna ventaja nutricional en la miel, que por su forma concentrada contiene en realidad más sacarosa que el azúcar de mesa. Una cucharada sopera de miel contiene 64 kcal, en comparación con las 46 kcal en una cantidad igual de azúcar. Aunque la miel contiene vitaminas y minerales, que no se encuentran en azúcares refinados, las cantidades son tan pequeñas que no tienen importancia en términos de las necesidades diarias. Debido a que la sacarosa se hidroliza con rapidez a glucosa y fructosa en el intestino delgado, hay poca diferencia en el tiempo de absorción entre el azúcar y la miel. La característica única de la miel es su alto contenido de fructosa. La fructosa de la sangre se convierte principalmente a glucógeno en el hígado, proceso que no requiere insulina. Sin embargo, por su contenido alto de glucosa, la miel debe considerarse aún como alimento que debe controlarse en los pacientes diabéticos.

Casi toda la miel que se encuentra en el mercado se ha calentado a una temperatura de 65.5 a 71.2 °C para evitar la cristalización y la fermentación por levaduras que puede producirse durante su almacenamiento. Las temperaturas bajas que se utilizan en el procesamiento de la miel no son suficientes para destruir las esporas de *Clostridium botulinum*. Estas esporas, que se distribuyen ampliamente en el suelo y en productos agrícolas, normalmente sólo implican peligro cuando germinan y forman la toxina letal botulínica, una circunstancia que no ocurre en la concentración alta de azúcar de la miel. Sin embargo, las condiciones en el tubo

gastrointestinal de los lactantes muy pequeños favorecen, en ocasiones, la germinación de esporas y la producción de esta toxina, con el consiguiente desarrollo del botulismo del lactante. En consecuencia, se recomienda no alimentar con miel (que suele utilizarse para endulzar los chupetes de lactantes) a niños menores de un año.

Prohibiciones

En la elaboración, conservación y envasado de la miel, queda prohibido alimentar a las abejas artificialmente, con azúcar o sustancias distintas a la propia miel, durante su período normal de producción, así como la adición de caramelo, agua, cualquier clase de azúcar, melaza, dextrina, fécula, agar, gelatina y tanino. También queda prohibida la adición de colorantes naturales o artificiales, edulcorantes artificiales, conservantes, sustancias aromáticas y cualquier otra sustancia extraña. Igualmente está prohibido que el contenido de impurezas constituidas por polen, cera, residuos de insectos y otras sustancias insolubles supere el 3 %.

Almacenamiento y utilización

La miel debe almacenarse al abrigo de la humedad atmosférica, a temperaturas inferiores a 10 °C en caso de no estar elaborada, y de 18-24 °C en caso de estarlo. A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, la miel se va oscureciendo a la vez que pierde aroma. El contenido de hidroximetilfurfural aumenta de acuerdo con el valor del pH, el tiempo y la temperatura.

PRODUCTOS DE CONFITERÍA

Generalidades

El Código Alimentario define los productos de confitería como «los que, utilizándose el azúcar como principal componente, llevan además huevos enteros y/o sus componentes aislados, pulpa de coco o almendras, pastas de frutas, con o sin harina, y otros productos alimenticios». Según este código, los productos de pastelería serían los integrados por harina, féculas, azúcares, grasas comestibles y otros productos complementarios. La característica común de ambos es su sabor dulce. Los productos de confitería se consideran un subgrupo de los alimentos llamados dulces. Se fabrican con azúcar de cualquier clase, solo o con otros ingredientes (productos lácteos, miel, grasas, cacao, chocolate, frutas, mermelada, gelatinas, zumos de frutas, especias, extracto de malta, semillas, gelificantes, ácidos comestibles, esencias y otros).

El componente esencial y característico de todos estos productos es el azúcar, utilizándose no sólo la sacarosa, sino también otras clases de azúcares (azúcar de almidón, jarabe de almidón, azúcar invertido, maltosa, lactosa, etc.).

Clasificaciones

No es fácil clasificar los dulces de azúcar en distintos grupos. El Código Alimentario Español clasifica los productos de confitería en: caramelos, confite, goma de mascar, peladillas, garrapiñado, productos de confitería, pastas de confitería, mazapán, mazapán con fécula, turrón y turrón con fécula.

Cakebread (1981) afirma que se pueden dividir los dulces en dos grupos: uno en el que los azúcares se encuentran en forma no cristalina, y otro en el que parte o todos los azúcares están cristalizados.

Dulces que contienen azúcares no cristalinos

Se pueden subdividir en tres subgrupos:

1. Los dulces duros, toffees, caramelos y guirlaches forman un subgrupo con algunas características en común. Todos contienen una elevada concentración de azúcares y una humedad relativamente baja. Esto les proporciona una viscosidad extremadamente alta y un elevado valor calórico. Todos estos dulces se elaboran por ebullición de soluciones de azúcares mezclados a temperaturas relativamente altas para eliminar la mayor parte del agua que fue necesaria para disolverlos al principio.

Caramelos duros

Generalmente, contienen azúcar invertido y jarabe de glucosa. Tienen el menor contenido de humedad de todos los dulces, entre 0.5% y 2.0%. Para fabricarlos, se mezcla una disolución de sacarosa con jarabe de almidón y se hierve de modo continuo o por cargas hasta conseguir el contenido acuoso deseado. Los componentes volátiles, lábiles (sustancias aromáticas) se añaden después de enfriar. Esto es válido también en el caso de los ácidos con el fin de evitar la inversión. Eventualmente se inyecta aire en la masa. A continuación, se da a ésta una forma de barra a partir de la cual se

Tabla 10-3. Clasificación de los dulces elaborados con azúcar

Azúcar no cristalino	Azúcar cristalino
Dulces duros	Fondants (reellenos semilíquidos)
Toffees	Fudges (dulces granulados)
Caramelos	Crema italianas
Guirlaches	Marshmallows granulados
Jaleas	Turrones cristalinos
Pastillas	Mazapán
Gomas	Pastas praliné
Marshmallows	Productos recubiertos
Turrones	Tabletas comprimidos
	Pastillas
	Dulces de regaliz

Fuente: Cakebread (1981).

obtendrán los caramelos con la ayuda de troqueladoras, que requieren una masa algo fluida. La Tabla 10-4 proporciona una orientación acerca de la composición de los caramelos duros.

Toffees

Son semejantes a los caramelos duros, pero contienen grasa y por lo tanto tienen más calorías. Se homogeneizan leche, jarabe de almidón y grasa con una disolución de sacarosa y se hierven. El contenido de grasa y el de agua, algo más elevado que en los caramelos duros, como ya se ha comentado, condicionan la consistencia plástica característica y en parte elástica. La composición media se describe en la Tabla 10-4.

Caramelos

Los caramelos son realmente toffees que contienen una mayor proporción de grasa y leche; a veces tienen incluso un mayor contenido en humedad.

Guirlaches

Son básicamente caramelos duros que contienen nueces finamente fragmentadas; su humedad es aproximadamente de un 2 %.

2. El segundo subgrupo de los dulces con azúcares no cristalinos contiene un agente gelificante que sirve para mantener el jarabe en su forma más sólida. Su humedad es superior a la del primer subgrupo.

Jaleas

Las jaleas suelen contener sacarosa y jarabe de glucosa como constituyentes principales. El azúcar invertido se añade a veces, y de todas formas está siempre presente como resultado de la inversión de la sacarosa.

Pastillas

Las pastillas son un caso especial dentro del grupo de las jaleas. En general, contienen menos humedad que las jaleas y van recubiertas con azúcar cristalino.

Gomas

Son jaleas que se han secado después de elaboradas hasta alcanzar un grado de humedad mucho más bajo. Su nombre se debe a que originalmente estos productos se hacían de goma arábiga, y aún hoy las mejores calidades se obtienen a partir de ella.

3. El tercer subgrupo lo constituyen los denominados dulces esponjosos. Tanto los marshmallows (especie de bombón de merengue blando y esponjoso) como los turrónes, aunque preparados en cierto modo de forma diferente, deben sus características al hecho de que contienen aire. Esto significa que, durante la elaboración, se incorpora a los dulces aire en forma de burbujas diminutas.

Marshmallows

Se preparan batiendo el agente espumante con los azúcares o sin ellos, hasta que se ha incorporado al dulce la cantidad de aire requerida. El agente espumante puede

ser albúmina de huevo, pero es más idónea la gelatina, la leche hidrolizada o las proteínas de soja.

Turrones

Se elaboran batiendo la solución del agente emulsionante hasta conseguir una espuma espesa y añadiendo a continuación un jarabe de elevada concentración. Los turrones son relativamente firmes, y algunos tipos se rompen y no es posible doblarlos. Estas diferencias se deben hasta cierto punto, a que el contenido en humedad es distinto, así como el tipo de agente emulsionante utilizado.

Dulces que contienen azúcares cristalinos

Este segundo grupo de dulces también se puede dividir en varios subgrupos.

1. En el primer subgrupo se incluyen los *fondants*, *fudges* y *cremas italianas*, que constan básicamente de una suspensión de cristales en un jarabe bastante concentrado.

Fondants

Son los de composición más simple y contienen solamente azúcares y agua. Se mezcla una disolución de sacarosa o glucosa con jarabe de almidón y se hierve hasta que el contenido acuoso sea del 10-15 % de acuerdo con la consistencia que se quiere obtener al final. La composición se describe en la Tabla 10-4.

Fudges y cremas italianas

Contienen grasa y leche además de azúcares.

2. Los *marshmallows granulados* y los *turrones cristalinos* constituyen el segundo subgrupo, y difieren de sus equivalentes no cristalinos en que las proporciones de azúcares se modifican de manera que la sacarosa puede cristalizar. Para la elaboración de estos dulces, se permite que el azúcar cristalice.
3. En el tercer subgrupo se incluyen el *mazapán*, *las pastas praliné*, *los productos recubiertos* y *las tabletas comprimidas*, aunque los métodos de elaboración usados varían ampliamente de un producto a otro.

Mazapán y pastas praliné

Están elaborados con nueces muy finamente fragmentadas y mezcladas con azúcares hasta formar una pasta. El mazapán se hace también con almendras trituradas y mezcladas con azúcares hasta conseguir una pasta bastante suave, procurando evitar que pueda quedar «aceite sobrenadante», si el aceite de las almendras o las nueces queda libre. La pasta debe guardarse fría y no manipularse demasiado. La composición se describe en la Tabla 10-4.

Productos recubiertos

Los productos garrapiñados se preparan revirtiendo productos adecuados en una cacerola rotatoria. Por ejemplo, las almendras se cubren con azúcar fina utilizando azúcar de alcorza, jarabes de azúcar y un ligante apropiado, como la goma arábica.

También pueden recubrirse con chocolate, tratándolos después con un barniz comestible. Los recubrimientos de azúcar pueden tener al final una capa de azúcar coloreada y generalmente se alisan con una cera adecuada.

Tabletas comprimidas

Las tabletas comprimidas incluyen en su formulación azúcar (granulado, como por ejemplo el azúcar de alcorza), condimentos, material lubricante, colorantes si lo requieren y ácido; si se desea se pueden formar gránulos y tabletas.

Pastillas

Las pastillas constituyen otro tipo de dulces que contienen azúcares cristalinos (a veces, se encuentran como medicinas dulces). Se preparan amasando azúcar, jarabe de glucosa y un ligante apropiado, y revolviendo la mezcla hasta alcanzar la densidad requerida. A continuación, se separan las piezas formadas y se secan cuidadosamente para que el gusto (condimento) no se evapore. Este método básico es el que se utiliza para elaborar la pasta de azúcar de los dulces de regaliz.

Regaliz y derivados

La raíz y el extracto de regaliz se obtiene de la planta *Glycyrrhiza glabra*. Las propiedades medicinales del regaliz las conocían ya los chinos hace 3000 años; los soldados romanos lo utilizaban en las marchas para saciar la sed. Se cultiva entre latitudes de 30° y 45°, en países como España, Persia, Siria, China, el Valle del Jordán y las orillas del Volga. A esta lista exótica se añade Pontefract en el condado de York. Para fabricar estos productos, se muele finamente una mezcla de azúcar, jarabe de almidón, jugo de regaliz concentrado y gelatina hasta formar una masa espesa. Después de darle forma de barras, tiras, figuras, etc., se efectúa su desecación. Los productos sencillos de regaliz contienen un 30-45 % de almidón, un 30-40 % de sacarosa y como mínimo un 5 % de extracto de regaliz. Los artículos de mejor calidad contienen el 30 % o más de extracto. Como aromatizantes se utilizan aceites etéreos, sobre todo esencia de anís y extractos vegetales, además de pequeñas cantidades de cloruro amónico. El regaliz se valora por sus cualidades emolientes y carminativas, y se utiliza como remedio para enfermedades del pecho y estómago. Las barras de regaliz que se venden en el comercio son sencillamente el jugo de las raíces evaporado.

El origen de los dulces de regaliz, en la forma en que se conocen, data de alrededor de 1760, cuando Dunhill, un químico que vivía en Pontefract, elaboró una forma más atractiva de regaliz mezclando el extracto de las raíces con azúcar y harina. También pueden añadirse glucosa, trica y gelatina. Estos dulces de regaliz pueden ser sencillos, tales como los pastelitos de Pontefract, también conocidos como «peniques del condado de York», y otros más sofisticados, como «lazos de bota», «pipas» y otros; todos ellos se recubren con azúcar como los confites, o se mezclan con pasta de azúcar. Otro dulce de regaliz es el tipo *sandwich*, que es una capa de regaliz entre dos capas de pasta de azúcar. Un producto revelación de esta idea es el regaliz Allsorts, que es una mezcla de regaliz, pasta de azúcar y jaleas. El regaliz es popular en toda Europa (excepto en Francia), sobre todo el regaliz sazonado con cloruro amónico, conocido como «pastillas de Zoute». Hay que destacar que el regaliz inglés es una fuente importante de hierro. La composición de alguno de los dulces descritos en este apartado se describe en la Tabla 10-4.

Tabla 10-4. Composición^a de productos de confitería

Componente	Caramelos duros	Caramelos blandos	Masa fondant	Masa bruta de mazapán	Mazapán
Sacarosa	40-70	30-60	65-80 ^d	A 35	A 67.5
Jarabe de glucosa ^b	30-60	20-50	10-20	0	3.5
Azúcar invertido	1-8	1-10		0-10	0-20
Lactosa		0-6			
Sorbitol				0	0-5
Grasa		2-15		28-33	14-16
Ácidos ^c	0.5-2				
Proteína láctea		0-5			
Gelatina		0-0.5			
Aromatizantes	0.1-0.3				
Agua	1-3	4-8	10-15	15-17	7-8.5
Minerales	0.1-0.2	0.5-1.5		1.4-1.6	0.7-0.8

^a Valores orientativos en %. ^b Peso seco. ^c Ácido cítrico o tartárico. ^d Eventualmente también se emplea glucosa.
Fuente: Belitz (1997).

Valor nutricional

El valor nutritivo de estos productos es muy bajo, al ser las materias primas utilizadas muy refinadas, y su riqueza vitamínica casi nula por los tratamientos térmicos a que son sometidos aquéllos. Todo lo contrario ocurre respecto a su valor calórico, ya que llegan a alcanzar 400-500 kcal por 100 gramos de producto; por ello, son alimentos que se deben controlar en la dieta habitual, ya que un abuso produciría una ganancia de peso con un aporte nulo de nutrientes, dando como resultado una incorrecta alimentación. Otro problema es que los dulces elaborados con azúcar, debido a su contenido de sacarosa, se consideran causantes de la caries dental. Existen algunos dulces, como muestran las Tablas 10-4 y 10-5, que contienen algunos nutrientes, pero teniendo en cuenta las necesidades diarias, la contribución de nutrientes que aportan los dulces a la dieta es pequeña en relación con la alta energía que aportan. Podemos afirmar que algunos de estos dulces, como los toffees y caramelos, proporcionan una

Tabla 10-5. Composición de una serie de dulces por cada 100 g de producto

Dulce	Proteína (g)	Grasa (g)	Hidratos de carbono (g)	Energía (kcal)	Calcio (mg)	Hierro (mg)
Tabletas	5.3	18.9	67	450	160	1.0
Pastillas	5.2	0	62.0	250	40	1.4
Regaliz	3.9	2.2	74	315	63	8.0
Toffees	2.1	17.2	70	435	95	1.5

Fuente: McCance y Widdowson (1960).

gran cantidad de energía en una forma que no necesita ninguna preparación especial y con una vida útil muy prolongada.

Por todas las razones expuestas, es conveniente aconsejar su consumo moderado y prestar una atención especial a la higiene oral y al cuidado dental.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, L., Dibble, M. V., Turkki, P.R., Mitchell, H. S. y Rynbergen, H. J. (1987). *Nutrición y dieta de Cooper*. Ed. Interamericana, Méjico.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (1997). «Azúcares, azúcares-alcohol y miel». En *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Billaux, M. S. (1997). «Los edulcorantes». Dupin, H.; Cuq, J. L.; Malewiak, M. I.; Leynaud-Rouaud, C. y Berthier, A. M. En *Alimentación humana*. Ed. Bellaterra, Barcelona.
- Birch, G. G. y Parker, K. J. (1982). *Nutritive sweeteners*. Ed. Applied Science Publishers, London and New Jersey.
- Cakebread, S. (1981). *Dulces elaborados con azúcar y chocolate*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Código Alimentario Español. (1980). Boletín Oficial del Estado. 3.^a Edición. Madrid.
- Grenby, T. H., Parker, K. J. y Lindley, M. G. (1983). *Developments in sweeteners-2*. Ed. Applied Science Publishers, London and New York.
- Hodge, J. E. y Osman, E. M. (1982). «Hidratos de carbono». Fennema, O. R. En *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Ed. Reverté, Barcelona.
- Igoe, R. S. (1989). *Dictionary of food ingredients*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Jackson, E. B. (1990). *Sugar confectionery manufacture*. Ed. Blackie, Glasgow and London.
- Jay, J. M. (1978). *Microbiología moderna de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Koivistoinen, P. y Hyvönen, L. (1980). *Carbohydrate sweeteners in foods and nutrition*. Ed. Academic Press, London.
- Lery, F. (1997). *El azúcar, los productos azucarados, el chocolate*. Dupin, H.; Cuq, J. L.; Malewiak, M. I.; Leynaud-Rouaud, C. y Berthier, A. M. En «Alimentación humana». Ed. Bellaterra, Barcelona.
- Linder, M. C. (1988). *Nutrición. Aspectos metabólicos y clínicos*. Ed. Eunsa, Pamplona.
- Lück, E. (1981). *Conservación química de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Macdonald, I. (1988). *Papel de los hidratos de carbono en la alimentación actual*. Saez de Buruaga, J., González de Galdeano, L. y Goirieta de Gandaug, J. J. Ed. Salvat, Barcelona.
- McCance, R. A. y Widdowson, E. M. (1960). *La composición de los alimentos*. Informe del Consejo de Investigación Médica. Núm. 297. H.M.S.O.
- Piana, G., Ricciardelli D'albore, G. e Isola, A. (1989). *La miel*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Ruth Winter, M. S. (1989). *A consumer's dictionary of food additives*. Ed. Crown Publishers, New York.

11

ESTIMULANTES, CONDIMENTOS Y ESPECIAS

(L. Pascual Ochagavía, C. Ibáñez Abad,
M.^a C. Cid Canda)

A. ESTIMULANTES

El grupo de alimentos estimulantes se incluye en el Capítulo 25 del Código Alimentario Español, e incluye los siguientes productos: café, sucedáneos de café y derivados, té, estimulantes varios, cacao, chocolate y derivados, derivados especiales del cacao, del chocolate y de la manteca de cacao.

A.1. CAFÉ Y DERIVADOS

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Son varias las leyendas que hablan de los orígenes del café y todas lo sitúan en Etiopía, donde fue descubierto por casualidad. Se comenzó a cultivar y consumir en torno al siglo x. En el siglo xvi llegó a Europa por medio de las tropas turcas y se popularizó su consumo, pero el cafeto no se aclimató al suelo europeo. El descubrimiento de América permitió un mayor desarrollo de su cultivo. Fue expandiéndose de un país a otro. En el siglo xviii llegó a Brasil desde la Guayana Francesa; Brasil es hoy el principal exportador de café mundial.

En el planeta existe una banda geográfica comprendida entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, donde las condiciones son las adecuadas para su cultivo. En la banda tropical la temperatura es prácticamente constante, entre 18 y 27 °C, y las lluvias son abundantes, entre 1700 y 2500 L/m²/año. Son zonas de gran vegetación, adecuada para el crecimiento del cafeto. El café puede cultivarse a distintas altitudes; en la franja tropical se cultiva entre 400 y 2000 metros sobre nivel del mar, siendo más apreciados los cafés cultivados a gran altura por la repercusión directa en su riqueza de sabores.

El 70 % de la producción mundial de café procede de América Central y Sudamérica; el resto, de África central y el sur de Asia.

La Directiva del Consejo 85/573/CEE, que incluye una reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del café, lo define en su artículo 2 como: «las semillas sanas y limpias procedentes de las diversas especies del género botánico *Coffea*».

El café pertenece a la familia de las rubiáceas, en la que se incluyen más de 500 géneros y alrededor de 800 especies, de las cuales 66 pertenecen al género *Coffea* L., descrito por Linneo en 1753. De todas las especies, solamente se cultivan 10, y dos de ellas han sido descritas como las más importantes por corresponder a más del 90 % de la producción mundial: *Coffea arábica* y *Coffea canephora* (*Robusta*). La denominación Robusta hace referencia a que esta especie es menos exigente en cuanto a condiciones de cultivo (altitud, temperatura, etc.).

El café Arábica se cultiva en América central, Sudamérica y en países africanos como Etiopía, Tanzania y Kenia; el resto de los países africanos y el Sureste asiático cultivan casi exclusivamente Robusta. Brasil es el mayor productor mundial de café Arábica e Indonesia el mayor productor de café Robusta. El fruto es una baya, que en lenguaje corriente se denomina cereza por su forma redondeada. Su piel (exocarpio), primero verde, se colorea rápidamente a rojo y posteriormente a granate. Entre el grano y la piel se encuentra el mesocarpio, que es una pulpa mucilaginosa que habrá que eliminar en el tratamiento posterior del fruto.

El fruto tiene en su interior dos granos de café enfrentados por su cara plana. Protegiendo los granos se encuentra el endocarpio, envoltura de celulosa de color amarillo pálido, que se denomina pergamino. Cada uno de los granos, a su vez, está recubierto por una débil membrana llamada película plateada, cuyos restos suelen permanecer pegados a lo largo del surco que atraviesa la cara plana del grano.

El café verde se obtiene a partir de las bayas maduras del árbol del café. Su procesamiento comprende una serie de operaciones relativamente complejas. Con el procesamiento o beneficio del café se consigue el aislamiento de la semilla, mediante la eliminación de las diversas capas que rodean la baya y su secado hasta que el contenido en humedad del haba verde de café sea inferior al 12 %. Existen dos métodos esenciales:

Procesamiento por vía seca: el procesamiento seco se aplica prácticamente a todo el café Arábica de Brasil y a la mayoría del café Robusta. Es un proceso más económico que el proceso por vía húmeda. En general, se considera que con esta técnica se obtiene un café de peor calidad y el producto final se cotiza a un precio inferior. Es el método más antiguo para el beneficio del café verde y consta de tres etapas básicas: clasificación, secado y descascarillado. Los cafés denominados naturales o no lavados, proceden del beneficiado por vía seca.

Procesamiento por vía húmeda: a excepción del café Arábica de Brasil, todos los demás Arábigos se procesan por esta vía. El café verde obtenido por el procesamiento húmedo se conoce como lavado o suave, y generalmente da como resultado un café más selecto y cotizado. Las etapas de este proceso son: clasificación, despulpado, fermentado, lavado y secado.

La composición química pone de manifiesto la diferencia que existe entre las dos especies de café. Ya desde su origen, en café verde, existen diferencias cuantitativas y cualitativas.

COMPOSICIÓN

Cafeína

La cafeína es el componente más importante, en cuanto a las propiedades fisiológicas del café. Es un estimulante del sistema nervioso central, y entre sus acciones cabe destacar la capacidad de incrementar el volumen de sangre bombeada en cada contracción cardíaca y el aumento de la frecuencia cardíaca. Favorece la contracción muscular, aumenta la capacidad respiratoria y retrasa la fatiga.

La cafeína (1,3,7-trimetilxantina), se presenta en el café verde en forma de complejo con el clorogenato potásico, en proporción 1:1. Este complejo es muy poco soluble y de este modo dificulta la libre movilidad de la cafeína por los distintos tejidos; de otro modo, la cafeína resultaría tóxica para las células del café verde.

El contenido de cafeína es claramente superior en los cafés Robusta; estos cafés contienen el doble de cafeína que los cafés Arábicas.

La cafeína confiere un 10 % del característico sabor amargo de la bebida de café.

Además de la cafeína, el café también contiene otras xantinas: 2,3-metilxantina, paraxantina, teobromina y teofilina, y otras purinas en trazas que aparecen sobre todo en cafés Robusta, particularmente en granos inmaduros.

Trigonelina

La trigonelina es una piridina, que aparece en mayor proporción en los cafés Arábica que en los Robusta y contribuye en gran medida, por su degradación durante el tueste, al aroma y al poder nutritivo del café, como se indicará más adelante. Contribuye del mismo modo que la cafeína, pero en menor proporción, al sabor amargo de la bebida de café.

Proteínas y aminoácidos

Los aminoácidos se encuentran en el café verde unidos en su mayor parte a proteínas, y libres en un 5 %. Los niveles de aminoácidos libres dependen de la maduración del grano. Se ha observado que la concentración de triptófano, treonina, glicina, tirosina, serina, alanina, lisina y arginina, decrece con la maduración; todos ellos son importantes precursores del aroma del café tostado.

El contenido en proteínas oscila entre el 8.7 y el 12.2 %; estas diferencias pueden deberse tanto a la variación entre especies como a los métodos analíticos empleados. Las proteínas constan de una parte soluble en agua (albúmina) y otra parte en igual proporción, que es la fracción insoluble. En el café verde se han hallado muchas enzi-

mas; cabe mencionar la polifenolidasa, responsable de la decoloración de los granos defectivos por catálisis de la oxidación de los ácidos clorogénicos.

Hidratos de carbono

En el café se pueden encontrar monosacáridos, como la manosa, la galactosa y la glucosa, en una proporción del 40-50 %; oligosacáridos en proporción del 5-10 %, principalmente la sacarosa, presente en mayor cantidad en el Arábica que en el Robusta, y trazas de azúcares reductores, en mayor proporción en el Robusta.

La estructura química de los polisacáridos del café verde ha sido muy estudiada, pero no del todo dilucidada. La pared celular es muy parecida en las dos especies de café, y está compuesta de celulosa, hemicelulosa y pectina.

Ácidos carboxílicos

Se han identificado en el café muchos ácidos alifáticos: fórmico, acético, oxálico, málico, succínico, cítrico y quínico. El contenido es similar en las dos especies o ligeramente más alto en el Robusta. El ácido quínico es el carboxiácido mayoritario en los ácidos clorogénicos, y también está presente en estado libre en mayor proporción en el Arábica que en el Robusta. El contenido de ácido quínico libre se acentúa un 1.5 % en los granos viejos. El resto de los ácidos alifáticos se encuentran en trazas; y en mayor proporción, el fórmico y el acético.

Los ácidos orgánicos son los responsables de la percepción organoléptica de la acidez. Este apreciado atributo está relacionado directamente con la altitud del cultivo del café, y está presente en los denominados «cafés de altura», sinónimo de calidad.

Ácidos clorogénicos

Según las recomendaciones de la IUPAC, la denominación de ácidos clorogénicos sólo es aplicable al ácido 5-cafeoilquínico, el más importante en la naturaleza en general y en el café en particular. También se han identificado en el café verde mono y diácidos clorogénicos.

Los ácidos clorogénicos se encuentran en las plantas como metabolitos secundarios y se asocian frecuentemente con protectores contra los ataques de insectos y microorganismos.

Están presentes en gran cantidad en el grano de café verde, en forma de sales de potasio, en igual porcentaje que la cafeína 1:1; su contenido varía entre el 6 y el 7 % en los cafés Arábica y es del 10 % en los Robusta, incrementándose en la maduración y decreciendo en la germinación. El contenido de estos ácidos es mucho mayor en el grano que en el resto de la planta.

La relación entre el contenido de los ácidos 3, 4 y 5 cafeoilquínicos (monoclorogénicos) (que aumenta con la maduración) y los ácidos 5-feruloilquínicos 3,4-, 3,5- y 4,5-dicafeoilquínicos (que permanece prácticamente constante), se ha propuesto como un indicador del estado de maduración del grano.

La cata de los ácidos clorogénicos se ha considerado amarga y astringente. Así pues, la mayor astringencia de los cafés Robusta se ha asociado a su elevado contenido en ácidos clorogénicos.

Lípidos

La parte lipídica del grano de café verde se presenta fundamentalmente en el endospermo (triacilglicérols y otros), y un 0.2-0.3 % en la capa cerosa que recubre el grano. El contenido lipídico total en los Arábica es de alrededor del 15 al 17 %, y en los Robusta se puede situar según diferentes autores, entre 7 y 11.5 %.

La composición de los ácidos grasos es diferente dependiendo de si se trata de la capa externa o no. La cera contiene compuestos fenólicos que derivan de la combinación del grupo amino primario de la 5-hidroxitriptamida con ácidos palmítico, araquidónico y behénico. La composición de ácidos grasos en el aceite de café es cualitativamente la misma en las dos especies; en la composición de los triacilglicéridos predomina el ácido linoleico (40-50 %), seguido del palmítico (30-35 %). De entre los ésteres diterpénicos, el más abundante es el palmítico (40-45 %), seguido del linoleico (26 %).

En cuanto a los ácidos grasos libres, se han encontrado diferencias entre especies; su contenido es mayor en los cafés Robusta, hecho que puede ser debido a hidrólisis de los ésteres por un peor almacenamiento, con el consiguiente deterioro del aroma.

La relación de diterpenos establece una diferencia entre las dos especies: el cafestol está presente en mayor proporción en el Arábica; el 16-O-metilcafestol está ausente; el kahweol está presente en los Arábica, pero no en los Robusta.

La diferencia entre el contenido de O^5 -avenasterol ha sido propuesta para cuantificar el contenido de Robusta en mezclas de café Arábica, por estar en muy poca proporción en el Arábica y en grandes cantidades en el café Robusta.

Minerales

El nivel de minerales es más alto en los cafés Robusta, y también más alto en los cafés procesados por vía seca. Los minerales se encuentran en trazas: el manganeso es el más abundante, seguido del rubidio y el cobre.

Tabla 11-1. Composición lipídica del café verde

Constituyente	% Total
Triglicéridos	70-80
Ácidos grasos libres	0.5-2.7
Ésteres diterpénicos	15-18.5
Diterpenos libres	0.1-1.2
Triterpenos, esteroides y ésteres de esteroides	1.4-3.2
5-hidroxitriptamida y derivados	0.3-1.0
Tocoferoles	0.3-0.7
Fosfátidos	0.3

Fuente: Illy y Viani (1995).

Compuestos volátiles

Los compuestos volátiles del café son, en su mayoría, los responsables del aroma. A menudo se piensa que los granos verdes no tienen aroma ni sabor agradable, pero contienen una gran cantidad de compuestos volátiles; la concentración de muchos de estos compuestos aumentan con el tueste, mientras que otros desaparecen por su degradación. El aroma principal de los granos verdes se debe a la metoxipirazina, pero también aparecen piridinas, pirroles y poliaminas. La presencia de algunos compuestos volátiles como alcoholes, carbonilos, ésteres, furanos, fenoles y tioles, depende de la especie y variedad del café.

TECNOLOGÍA DEL TUESTE

Una vez desprovisto de todas sus envolturas, el café verde está listo para ser tostado. Es el proceso más importante que sufrirá el café y de él dependerán muchas de las cualidades que se desarrollarán en la taza. Durante el tueste, el café sufre una serie de reacciones pirolíticas responsables de la formación de las sustancias que aportan las características sensoriales del café, acompañadas por cambios físicos importantes.

Es un proceso que depende básicamente de la naturaleza del café, de la temperatura, del tiempo y de la cinética de transferencia de calor.

Se pueden definir cuatro grados de tueste: ligero, medio, oscuro y muy oscuro. Dependiendo del país consumidor, se tendrá en cuenta un tipo de tueste u otro. Así, se busca el grado de tueste de acuerdo con el color del grano. En términos generales, cuanto más claro sea el color, menor será el grado de tueste, y el sabor resultará más suave, más ácido, con menos cuerpo y menos amargo. Por el contrario, cuanto más oscuro sea, estará más tostado, tendrá más cuerpo y el sabor será más fuerte, más amargo y menos ácido.

Durante el tueste, el café pierde del 14 al 22 % de su peso y duplica su volumen; cuanto mejor se realice, mayor aumento de volumen se conseguirá para un mismo grado de tueste.

Tueste torrefacto

La Directiva del Consejo 85/573/CEE, que incluye una reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del café, en su Artículo 3 sobre *Denominaciones*, define el café torrefacto como «café tostado en grano con adición de sacarosa o glucosa anhidra, antes de finalizar el proceso de tueste, en una proporción máxima de 15 kg de dichos azúcares por cada 100 kg de café verde».

Por la acción del calor, el azúcar se carameliza y recubre el grano, proporcionándole un color negro y brillante. El café se hace más amargo y pierde en finura y aroma. El tueste torrefacto surgió como una técnica de conservación del grano de café, que se preserva con esa capa de azúcar del contacto con el aire. El tueste torrefacto permite igualar los cafés y, en consecuencia, los cafés de gran calidad pierden cualidades y los de peor calidad mejoran, tanto desde el punto de vista físico como organoléptico.

Tabla 11-2. Composición media de café verde frente a tostado (% materia seca)

Constituyentes	Arábica		Robusta	
	Verde	Tostado	Verde	Tostado
Cafeína	1.2	1.3	2.2	2.4
Trigonelina	1.0	1.0	0.7	0.7
Proteínas	9.8	7.5	9.5	7.5
Aminoácidos libres	0.5	0	0.8	0
Azúcares				
• Sacarosa	8.0	0	4.0	0
• Azúcares reductores	0.1	0.3	0.4	0.3
• Otros azúcares	1.0	–	2.0	–
• Polisacáridos	49.8	38.0	54.4	42.0
Ácidos				
• Alifáticos	1.1	1.6	1.2	1.6
• Químicos	0.4	0.8	0.4	1.0
• Clorogénicos	6.5	2.5	10.0	3.8
Lípidos	16.2	17.0	10.0	11.0
Minerales	4.2	4.5	4.4	4.7
Componentes aromáticos	trazas	0.1	trazas	0.1
Productos de caramelización y condensación		25.4		25.9
Agua	8-12	0-5	8-12	0-5

Adaptada de Illy y Viani (1995).

Hoy en día, es un tueste que se practica únicamente en España, Portugal, Argentina y Costa Rica. Su consumo va decreciendo, pero todavía es solicitado por una parte de los consumidores.

Mucho se ha hablado sobre la composición química del café tostado y los cambios inducidos por el tueste. Las transformaciones son importantes en la mayoría de los componentes del café verde pero otros compuestos permanecen sin cambios, como se refleja en la Tabla 11-2.

Pérdida orgánica

La cantidad de materia orgánica perdida en este proceso es proporcional al grado de tueste. En un tueste ligero, la pérdida es del 1 al 5 % y en un tueste muy oscuro es mayor del 12 %. Los productos de degradación del tueste son, principalmente, el agua (70 %) y el CO₂ (30 %), un poco de CO y otros productos volátiles.

Compuestos nitrogenados

Cafeína

La cafeína es una sustancia química termoestable, y sólo sufre una pequeña pérdida por sublimación (179 °C). Desde el punto de vista analítico, sin embargo, se observa que el porcentaje de cafeína se incrementa ligeramente durante el tueste, pero esta

circunstancia se explica por la disminución de peso en el grano del café debido a las pérdidas orgánicas.

La cafeína aporta sabor amargo a la taza de café (más en los cafés Robusta), y contribuye ligeramente a la sensación de cuerpo y de fuerza. Dependiendo de la especie de café, podemos encontrarnos con un contenido en cafeína de 58 mg por 100 g de café.

Trigonelina

La trigonelina se degrada parcialmente durante el tueste, y su presencia en el producto final es proporcional a la temperatura alcanzada en el mismo. La modificación de la trigonelina durante el tueste está relacionada con la pérdida de materia orgánica.

Se han identificado productos volátiles resultantes de la degradación de la trigonelina que contribuyen al aroma del café tostado. El producto más importante, no volátil, de degradación es el ácido nicotínico (niacina); su presencia tiene un importante valor nutricional. El café tostado contiene entre 10 y 40 mg de ácido nicotínico por cada 100 g; su requerimiento diario es de 18 mg/día; un café expreso contiene de 2 a 3 mg/taza.

El contenido residual de trigonelina proporciona un ligero sabor amargo, y se puede utilizar para indicar el grado de tueste. Es posible establecer el grado de tueste por la relación trigonelina/ácido nicotínico.

Proteínas y aminoácidos

El tueste produce una desnaturalización y degradación proteica que se puede evaluar por los cambios producidos en el contenido de aminoácidos. La degradación de las proteínas es proporcional al grado de tueste. Oscila desde el 20 al 40 % en grados medios de tueste, hasta el 50 % en tuestes más oscuros. Algunos aminoácidos libres son muy reactivos y su degradación es fundamental para la formación de las sustancias volátiles responsables del aroma.

Ácidos clorogénicos

Los ácidos clorogénicos se degradan mucho durante el tueste. En un café con tueste oscuro la pérdida será del 80 %. La degradación de los ácidos clorogénicos contribuye a la formación de productos complejos y es indicativa del grado de tueste.

Tanto los ácidos clorogénicos como la trigonelina, se han asociado con la formación del «flavor» y la producción de aroma en el proceso de tueste del café.

Los ácidos clorogénicos tienen un sabor astringente, y su degradación en los cafés muy tostados proporciona tazas más suaves. Contribuyen también a la sensación de cuerpo de la taza, y proporcionan un sabor residual persistente y metálico.

Ácidos carboxílicos

La acidez percibida en el café es un atributo importante de los buenos cafés, definida como fina acidez, y se debe principalmente a la presencia en la taza de los ácidos carboxílicos.

En el café pueden encontrarse numerosos ácidos; algunos de ellos son volátiles y contribuyen también al aroma, pero siempre están presentes en pequeñas cantidades; sólo el ácido acético se encuentra en concentración superior al umbral detectable (4-8 mg/kg) y se produce por hidrólisis de los carbohidratos. La concentración de ácidos volátiles alcanza un máximo en el tueste intermedio, decreciendo al aumentar el grado de tueste, debido a un aumento de la volatilización. El ácido quínico se forma por degradación de los ácidos clorogénicos, señalada anteriormente. El ácido fosfórico no es un ácido carboxílico, pero está presente en un 0.54% en la materia seca y es el principal responsable de la sensación de acidez.

Lípidos

Uno de los principales componentes lipídicos del café son los triglicéridos, que se ven poco afectados por el proceso de tueste; únicamente sufren una ligera hidrólisis con descomposición y liberación de ácidos grasos libres, que darán lugar a compuestos volátiles, posiblemente a través de la oxidación.

La mayoría de los lípidos están retenidos en la estructura celular del grano, donde el CO₂ se forma por la descomposición de hidratos de carbono. Durante el tueste, son muchas las células que se destruyen; por este motivo, los ácidos grasos migran hacia la superficie del grano, donde existe un mayor riesgo de que sufran oxidaciones.

Formando parte de la fase oleosa existen lípidos polares, que son buenos agentes tensoactivos (reducen la tensión superficial) y desempeñan un papel importante en la dispersión de los lípidos durante la preparación de la taza de café.

Asimismo, los lípidos participan activamente en la percepción organoléptica del cuerpo de la taza y contribuyen a proporcionar la crema de un buen café expreso.

Reacciones de condensación

Algunos aminoácidos libres reaccionan con los azúcares reductores en determinadas condiciones, de acuerdo con lo que se denomina «reacciones de Maillard». En estas reacciones, aparecen productos de condensación que contribuyen al aroma, y se forman los pigmentos coloreados, denominados melanoidinas, responsables del color típico del café tostado.

Igualmente, mediante la «degradación de Strecker», algunos aminoácidos reaccionan con otras estructuras orgánicas, aportando productos de condensación igualmente responsables del aroma del café.

Hidratos de carbono

La sacarosa es termolábil y comienza a descomponerse a 130 °C, contribuyendo a la formación de aroma, pigmentos coloreados y CO₂.

Los azúcares reaccionan, como ya se ha comentado, con otros componentes del café, como aminoácidos y proteínas, formando los productos de condensación de color marrón que le dan el color característico al café, y contribuyen directamente a la vis-

cosidad y al cuerpo de la taza. Estas sustancias tienen también gran importancia porque retienen los componentes volátiles, haciendo que el aroma perdure en el tiempo.

Compuestos volátiles

Las sustancias volátiles del café tostado constituyen su característica fragancia; es el resultado de reacciones químicas de compuestos presentes en el café verde que sufren modificaciones al someterse al calentamiento del proceso de tueste.

Los mecanismos de formación de los compuestos volátiles son complejos; la mayoría de ellos se deben a condensaciones y degradaciones que han sido señaladas anteriormente. Se han identificado 700 de estos componentes, pero se sabe que pueden llegar a ser unos 1000. Son principalmente compuestos sulfurados, pirazinas, piridinas, pirroles, oxazoles, furanos, aldehídos, cetonas y fenoles. Todos ellos contribuyen a los aromas característicos del café tostado y proporcionan «flavores» afrutados, a caramelo, almendras, cereales, especias, mantequilla y otros.

Repercusión de los componentes en la bebida de café

Todos los componentes del café tostado tienen una repercusión directa en el sabor y en el aroma en la bebida de café. En la Tabla 11-3 se recogen algunos de los compuestos que forman parte de la composición química del café, y las características que proporcionan a la taza.

ENVASADO, ALMACENAMIENTO Y PREPARACIÓN

El café debe envasarse perfectamente protegido de cualquier agente exterior. No podrá ser almacenado ni transportado junto a sustancias tóxicas parasiticidas, rodenticidas y otros agentes de prevención o exterminación, ni junto a ningún otro producto que pueda perjudicar su calidad o transmitirle sabores u olores extraños. En el almacenamiento, se mantendrán la humedad, las temperaturas relativas y la circulación de aire adecuadas que eviten condiciones ambientales perjudiciales.

Tabla 11-3. Repercusión organoléptica de los componentes del café

Compuesto químico	Propiedades que confiere a la taza de café
Cafeína	Amargor, cuerpo y fuerza.
Trigonelina	Amargor, aroma por sus productos de degradación.
Proteínas y aminoácidos	Aroma por sus productos de degradación.
Productos de condensación	Aroma y pigmentos coloreados.
Hidratos de carbono	Cuerpo, viscosidad y aroma por los productos de condensación.
Ácidos clorogénicos	Astringencia y cuerpo.
Ácidos carboxílicos	Acidez y aroma.
Lípidos	Cuerpo, aroma y crema.
Compuestos volátiles	Aroma.

Para obtener la bebida de café pueden utilizarse varios procedimientos. Todos se realizan con agua a temperatura elevada, cercana al punto de ebullición. En el procedimiento de infusión, se hierve el café molido en agua durante unos 10 minutos, se deja reposar y se filtra. La percolación es el método en el que se basa la mayoría de las cafeteras, y consiste en hacer pasar el agua hirviendo a través del material filtrante donde se coloca el café molido. En el caso del café expreso, este paso se ve facilitado por la existencia de presión.

SUCEDÁNEOS Y DERIVADOS DEL CAFÉ

Los sucedáneos del café son los productos de origen vegetal, tostados, destinados a efectuar preparaciones que reemplacen a la infusión de café como bebida frutiva. Dichos productos, que pueden comercializarse en grano o molidos con textura de sémola, polvo, granulados o prensados, son los siguientes:

- Achicoria tostada: es el producto elaborado con la raíz de la planta «*Cichorium intybus L.*», convenientemente lavada, limpia, troceada, desecada, tostada y molida. Se excluyen aquellas plantas que se utilicen para la producción de endibias (achicoria witloof).
- Malta de cebada tostada: es el producto de color uniforme obtenido por tostado de la malta verde procedente de cebada en grado de germinación apropiado.
- Cebada tostada: es el producto obtenido por el tueste de los frutos sanos y secos procedentes de la especie botánica *Hordeum vulgare, L.*
- Extractos solubles de sucedáneos de café: son los productos solubles en agua obtenidos por la deshidratación parcial o total de la infusión acuosa de los sucedáneos de café tostado (achicoria, malta y cebada), solos o mezclados entre sí.

También pueden incluirse como materia prima de la infusión acuosa los frutos maduros, sanos, secos, tostados y molidos de trigo (*Triticum aestivum L.*), centeno (*Secale cereale L.*) y avena (*Avena sativa L.*). Se utilizará únicamente el agua como medio de extracción, con exclusión de todo proceso de hidrólisis por adición de un ácido o una base.

Todos los productos se deben presentar debidamente envasados. El envase no deberá modificar sus características, ni transmitir sabores u olores extraños ni ocasionar alteraciones al producto.

A.2. TÉ

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

La legislación española define el té como «las hojas jóvenes y las yemas, sanas y limpias, de las distintas especies del género botánico *Thea*, en buen estado de conservación, convenientemente preparadas para el consumo humano, y que poseen el aroma y gusto característico de su variedad y zona de producción».

El té, en el contexto utilizado por la mayoría de los consumidores, es una bebida que consiste en la infusión de las hojas tratadas y desecadas de la planta del té, *Camellia sinensis* o *Thea sinensis*. El té se ha consumido desde antaño y, aunque el origen de la bebida es incierto, se admite que los chinos ya eran consumidores habituales en el siglo v. El té comenzó a beberse por sus supuestas propiedades medicinales, pero posteriormente se aceptó simplemente como una bebida estimulante. El hábito de tomar té se extendió en Europa en el siglo xvii.

El cultivo del té se realiza en los climas tropicales y subtropicales, suficientemente húmedos (China, Japón, India, Sri Lanka, Indonesia, Africa Oriental, etc.). La calidad del té es tanto mejor cuanto más jóvenes son las hojas. Se recolectan las yemas blanquecinas pilosas y las dos o tres hojas más jóvenes. El posterior tratamiento del material cosechado proporciona té negro o té verde.

Té negro

La mayor parte de la cosecha de té se elabora en forma de té negro (fermentado); es el té más complejo desde el punto de vista técnico. Sus etapas de elaboración son: recolección, transporte, marchitamiento, triturado de las hojas, fermentación, deshidratación y envasado.

Té verde

Difiere del té negro tanto desde el punto de vista químico como tecnológico. En su procesado se omite por completo la etapa de fermentación y la actividad enzimática de las hojas se inhibe mediante un tratamiento térmico, con vapor o con calor seco, lo antes posible tras su recolección. De este modo, las características del té verde vienen determinadas, principalmente, por la composición intrínseca de las hojas en el momento de la recolección, más que por los compuestos que se forman en las reacciones posteriores

COMPOSICIÓN

La composición química de la hoja de té oscila dentro de límites muy amplios, de acuerdo con su edad y tratamiento. La Tabla 11-4 incluye información sobre los componentes de las hojas de té frescas y fermentadas.

Compuestos fenólicos

Del 25 al 35 % del extracto seco de las hojas de té jóvenes y frescas son compuestos fenólicos, correspondiendo el 80 % de ellos a flavonoles. El resto se reparte entre proantocianinas, ácidos fenólicos, flavonoles y flavonas. Durante la fermentación, se oxidan enzimáticamente los flavonoles. Los productos resultantes tienen gran importancia para el color y sabor del té negro. La intensidad del sabor de la infusión de té

Tabla 11-4. Composición media del té fresco frente al té fermentado (% materia seca)

Constituyente	Producto fresco	Té negro
Compuestos fenólicos	30	5
Compuestos fenólicos oxidados	0	25
Proteínas	15	15
Aminoácidos	4	4
Cafeína	4	4
Fibra bruta	26	26
Otros hidratos de carbono	7	7
Lípidos	7	7
Pigmentos	2	2
Compuestos volátiles	0.1	0.1
Minerales	5	5

Fuente: Belitz y Grosh (1995).

está en relación con el contenido total de fenoles y con la actividad de las polifenolidasas.

A medida que se desarrollan las hojas de té en el arbusto, disminuye el contenido total de fenoles, a la vez que se producen variaciones cuantitativas entre los componentes esenciales. Por esta razón, el té de buena calidad sólo se obtiene de hojas.

Enzimas

Una fracción importante de las proteínas son enzimas. Particularmente relevantes para la fermentación son las polifenoloxidasas, localizadas en la epidermis de las hojas. La fenil-amoníaco- liasa es también importante para la síntesis fenólica. La oxidación del ácido linoleico se realiza de modo enzimático mediante la lipoxigenasa y mediante autooxidación. Los productos de la oxidación son de gran importancia para el aroma del té, así como los alcoholes formados a partir de ellos mediante reducción enzimática (alcohol deshidrogenasa).

Aminoácidos

Los aminoácidos libres constituyen alrededor del 1 % del extracto seco de las hojas de té. El 50 % de esta cifra corresponde a teanina (5-*N*-etilglutamina), y tiene gran importancia en el sabor del té verde; el otro 50 % corresponde a los demás aminoácidos y a la ϵ alanina.

Cafeína

La cafeína constituye entre el 2.5 y el 5.5 % del extracto seco, y tiene gran repercusión en el sabor del té. En cuantías muy inferiores hay teobromina (0.07-0.17 %) y teofilina (0.002-0.013 %). La acción estimulante del té se debe a la presencia de la cafeína.

Hidratos de carbono

Entre los azúcares se ha encontrado glucosa (0.72 %) y también fructosa, sacarosa, arabinosa y ribosa. La ramnosa y la galactosa proceden de glucósidos. Contiene además algunos polisacáridos; existen celulosa, hemicelulosas y sustancias pectínicas.

Lípidos

Los lípidos sólo están presentes en cantidades muy pequeñas. En la fracción polar de las hojas jóvenes prevalecen los glicerofosfolípidos, y en las viejas los glicolípidos. En la fracción insaponificable predominan los alcoholes triterpénicos, con ϵ amirina butirospermol y lupeol como principales componentes. La fracción esteroidea sólo contiene D⁷-esteroles, en especial γ -espinaesterol y D⁷-estigmaesterol.

Pigmentos (clorofila y carotenoides)

La clorofila se degrada durante la elaboración. En las hojas fermentadas hay clorofilidos y feoforbidos (pardos), que al calentar se transforman en feofitinas (negras).

En las hojas de té se han identificado 14 carotenoides; sus componentes principales son: xantofila, neoxantina, violaxantina y ϵ caroteno. La tasa de carotenos disminuye durante la elaboración del té negro. Los productos de degradación, como por ejemplo la ϵ ionona generada a partir del ϵ caroteno, participan en el aroma del té.

Compuestos aromáticos

Los compuestos volátiles constituyen alrededor del 0.01-0.02 % del extracto seco del té. El té negro proporciona 4 a 5 veces más concentrado aromático que el té verde. Hasta ahora se han identificado unos 300 compuestos, pero no todos tienen la misma importancia. De los compuestos volátiles, el 1 % son teaspirano y teaspirona.

Minerales

El té contiene un 5 % aproximadamente de minerales. El elemento principal es el potasio, que constituye casi el 50 % del total. Muchas clases de té contienen gran cantidad de flúor (0.015 a 0.03 %).

ENVASADO, ALMACENAMIENTO Y PREPARACIÓN

En los países originarios, el té se limpia de impurezas, se clasifica de acuerdo con el tamaño de las hojas y se envasa en cajas estándar de madera (de 20 ó 50 kg) cerradas herméticamente y envueltas en plástico, aluminio o estaño. En el almacenamiento se debe preservar el té de altas temperaturas y de olores extraños.

La preparación de la bebida de té se suele efectuar vertiendo agua caliente sobre las hojas de té y dejando infundir durante cinco minutos. Las infusiones necesitan 4 a 8 gramos de té por litro de agua.

A.3. ESTIMULANTES VARIOS

Según la legislación española bajo la denominación de «estimulantes varios» se incluyen los siguientes productos:

- Hierba mate: son las hojas de ciertas especies del género *Illex*, en buen estado de conservación y convenientemente preparadas para el consumo; posee las propiedades estimulantes, el aroma y los gustos característicos de la especie a la que pertenecen.
- Cola (nuez de cola): es la semilla de la *Cola vera*, *K. Sch.*
- Otras especies: las semillas y plantas de diferentes especies aromáticas, utilizadas en la elaboración de otras infusiones estimulantes, tales como el anís, la manzanilla, la menta y el poleo.

Todos los productos se deben presentar debidamente envasados. El envase no deberá modificar sus características, ni transmitir sabores u olores extraños ni ocasionar alteraciones al producto.

A.4. CACAO

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

A diferencia del café y del té, el cacao constituye un caso particular, ya que no se consume en forma de infusión acuosa, sino como producto sólido. Además de alcaloides estimulantes, en especial teobromina, sus preparados contienen cantidades considerables de nutrientes (grasa, hidratos de carbono y proteínas). Al contrario de lo que sucede con el café y el té, hace falta consumir grandes cantidades de preparados de cacao para lograr una acción estimulante.

La semilla de cacao era ya conocida en Méjico y América Central más de mil años antes del descubrimiento de América. Los granos de cacao llegaron a Alemania en la primera mitad del siglo XVII. Sólo la preparación del chocolate añadiendo azúcar respondió al gusto del viejo continente. En el siglo XIX, la fabricación industrial de chocolate y de polvo de cacao desengrasado contribuyó a la amplia difusión de estos alimentos. Los granos de cacao son las semillas crudas fermentadas o sin fermentar del árbol de cacao (*Theobroma cacao*). Este árbol, procedente de la zona septentrional de América del Sur y actualmente difundido por todo el cinturón tropical, requiere un clima húmedo y cálido, con temperaturas anuales medias de 24-28 °C, prospera en alturas hasta de 600 m y se cultiva frecuentemente junto a plantas umbrosas. El fruto se considera botánicamente como una baya, tiene forma de pepino y mide de 15 a 25 cm

de largo por 7-10 cm de grosor. En su interior contiene, insertos en una pulpa viscosa, entre 25 y 50 granos ovales aplanados, de unos 2 cm de longitud y 1 cm de anchura. Un árbol de cacao en la cumbre de su productividad proporciona entre 0.5 y 2 kg de granos por año. Para el aroma del cacao y para los productos fabricados con él, es importante que los frutos se recolecten bien maduros, sin llegar a la maduración excesiva.

Los granos de cacao se distinguen generalmente atendiendo a su procedencia geográfica, grado de pureza y estadio de preparación. Entre las clases nobles, se cuentan las procedentes de Ecuador, Venezuela, Trinidad, Ceilán e Indonesia; como «clases de consumo» cabe mencionar las procedentes de Ghana, Nigeria, Costa de Marfil, Africa Occidental, Camerún, Brasil y Santo Domingo.

En la recolección, se cortan cuidadosamente del árbol los frutos bien maduros y se separa la carne de la envoltura. Sólo en unos pocos casos se secan las semillas directamente al sol, sin que se produzca apenas fermentación. Antes de la desecación, el grueso de la cosecha se somete a fermentación. Se disponen los granos con la pulpa adherida formando capas en pozos, en pisos de fermentación, donde se dejan de 2 a 8 días; se aumenta la temperatura a 40-50 °C, con lo que la capacidad de germinación se pierde. En esta etapa se forman productos sápidos, aromáticos y coloreados, y se transforma una parte de los taninos de sabor astringente. Al mismo tiempo, fluye como un jugo la pulpa degradada. Los granos se lavan y se desecan hasta alcanzar un contenido de humedad del 6-8 %. Los granos crudos pelados se someten a tratamiento ulterior, primeramente en rodillos de cepillos, aspiradores, aparatos magnéticos y cintas de selección, donde se liberan de sustancias extrañas; es frecuente clasificar por tamaño los granos para conseguir posteriormente un tostado uniforme. Para la fabricación de cacao para chocolate se tuesta con más intensidad que para la obtención de cacao en polvo.

COMPOSICIÓN

La composición de los granos de cacao viene reflejada en la Tabla 11-5.

Tabla 11-5. Composición media del cacao fermentado (% materia seca)

Constituyente	%
Agua	5.0
Grasa	54.0
Cafeína	0.2
Teobromina	1.2
Polihidroxifenoles	6.0
Proteína bruta	11.5
Mono- y oligosacáridos	1.0
Almidón	6.0
Pentosanos	1.5
Celulosa	9.0
Ácidos carboxílicos	1.5
Otras sustancias	0.5
Cenizas	2.6

Fuente: Belitz y Grosh (1995).

Proteínas y aminoácidos

Aproximadamente el 60 % del nitrógeno total de los granos fermentados se encuentran en forma de proteína pura. En la fracción no proteica se hallan aminoácidos, escasas cantidades de nitrógeno amídico (0.3 %) y amoníaco (0.02 %), que se forman en el transcurso de la fermentación.

Teobromina y cafeína

Desde el punto de vista fisiológico, tiene gran importancia el contenido de teobromina, a la que el cacao debe su intensa acción estimulante, muy inferior, sin embargo, a la del café. Además de la teobromina, el cacao también contiene cafeína, aunque en cantidad muy escasa (0.2 %). Una taza normal de bebida de cacao contiene 0.1 g de teobromina y 0.01 g de cafeína.

Lípidos

La grasa del cacao (manteca de cacao) es, desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, el componente más importante de las semillas de cacao. La manteca de cacao tiene poca influencia en el aroma y el sabor, pero contribuye al cuerpo y a las características globales de las bebidas elaboradas. Es una grasa relativamente sencilla. Los principales ácidos grasos son el palmítico, el esteárico y el oleico, junto con pequeñas cantidades de los ácidos mirístico, linolénico y araquidónico. Los triglicéridos suponen el 98 % de la manteca de cacao.

Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono están constituidos en su mayor parte por almidón. Además, se encuentran otros compuestos de elevado peso molecular, pentosanos, mucílagos con ácido galacturónico, celulosa y otras sustancias que constituyen la fibra bruta. Como hidratos de carbono solubles se encuentran la estaquiosa, la rafinosa, la sacarosa (0.08-1.5 %) la glucosa y la fructosa. Los azúcares reductores, formados en la hidrólisis de la sacarosa durante el proceso de fermentación, desempeñan un papel importante en la producción del aroma durante el tueste.

Compuestos fenólicos

Los cotiledones están formados por dos tipos de células parenquimatosas. Más del 90 % de las células son pequeñas y contienen protoplasma, gránulos de almidón, granos de aleurona y glóbulos grasos. Entremezcladas con ellas se hallan las células mayores, que contienen los fenoles y las purinas, y constituyen entre el 11 y el 13 % del tejido.

Hay tres grupos de fenoles: catecoles (37 %), antocianos (4 %) y leucoantocianos (58 %).

Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos (1.2-1.6 %) son, sobre todo, el ácido acético, pero también el cítrico y el oxálico; se forman durante la fermentación y participan en el sabor del cacao.

Compuestos volátiles y sustancias sápidas

En el aroma del cacao influye la correcta realización del cosechado, la fermentación, la desecación y el tueste. Los granos frescos tienen olor y sabor acético; el peculiar sabor amargo astringente de los granos, que se torna claramente dulce con la fermentación, puede verse influido por diversos factores, como el tratamiento de los frutos inmaduros o hipermadurados, la ventilación y otros.

Actualmente, se conocen más de 400 compuestos volátiles en el cacao tostado. Los precursores del aroma hay que buscarlos en las etapas de la fermentación anaerobia, especialmente entre los aminoácidos y los azúcares, que reaccionan entre sí (reacciones de Maillard o Strecker).

Las sustancias que más contribuyen al aroma son los aldehídos, los compuestos heterocíclicos, los ácidos y los terpenos.

El sabor amargo del cacao obedece a la presencia de las purinas teobromina y cafeína.

ALMACENAMIENTO

El cacao debe almacenarse en lugares frescos, ventilados y protegidos de la luz. Es fácilmente atacable por parásitos, en particular por la polilla del cacao, de la harina y de las frutas pasas.

A.5. CHOCOLATE Y DERIVADOS

El Código Alimentario Español define el chocolate como «el producto obtenido por la mezcla íntima y homogénea de cantidades variables de cacao en polvo o pasta de cacao y azúcar finamente pulverizada, con o sin adición de manteca de cacao». Contendrá, como mínimo, el 35 % de componentes del cacao.

Este mismo código define los diferentes tipos de chocolate. El contenido de cacao seco desengrasado no será nunca inferior al 14 %, ni el de manteca de cacao inferior al 18 %, todo ello expresado en materia seca.

- Chocolate con leche: es el producto homogéneo obtenido de cantidades variables de los componentes del chocolate, a los que se ha añadido leche, descremada o no.
- Chocolate con frutos secos o con cereales: es el chocolate o chocolate con leche al que se han añadido, enteros o troceados, almendras, avellanas, nueces y piñones, o granos de cereales tostados insuflados. El contenido mínimo de tales frutos o granos será del 8 %, sin sobrepasar el 40 %.

- Chocolate con frutas: es el chocolate o chocolate con leche al que se ha añadido frutas, enteras o troceadas, desecadas o confitadas. El contenido mínimo de frutas será del 5 %, sin sobrepasar el 40 %.
- Cobertura dulce: es la mezcla de pasta de cacao y azúcar con o sin adición de manteca de cacao para fines industriales. Contendrá como mínimo un 31 % de manteca de cacao y un 35 % de componentes del cacao, expresados en materia seca.
- Cobertura con leche: es la que, ajustándose a las características propias del chocolate con leche, contiene un 31 % como mínimo de grasa total, expresado sobre materia seca.

Para los chocolates y coberturas se establecen los mismos criterios de almacenamiento y transporte que para el cacao.

A.6. DERIVADOS ESPECIALES DEL CACAO, DEL CHOCOLATE Y DE LA MANTECA DE CACAO

Los derivados especiales son los productos preparados con determinada proporción de cacao, manteca de cacao, chocolate o coberturas.

- Cacao azucarado en polvo y con harina: es el cacao azucarado en polvo, al que se añaden harinas de trigo o arroz, sus féculas o harina de maíz, para consumirlo cocido.
- Chocolate con harina: es el chocolate o chocolate con leche elaborado con harinas de trigo o arroz, sus féculas o la de maíz, para consumirlo cocido.
- Chocolates especiales: son el chocolate o chocolate con leche, al que se añade miel, extracto de malta, huevos, café, concentrados y zumos de frutas, que forman un todo homogéneo con la masa de chocolate.
- Chocolates de régimen: son aquellos productos derivados del cacao o chocolate que, cumpliendo los mínimos establecidos para las proporciones de manteca de cacao y cacao seco desengrasado, se ajusten a la legislación vigente. En la envoltura, además de la fórmula cualitativa, se consignará de manera destacada la expresión «chocolate dietético» o «chocolate de régimen».
- Chocolates rellenos: son preparados de composición variada que se presentan en forma de barras o tabletas, recubiertas de chocolates o coberturas, con o sin leche, cuyo interior o relleno está constituido por diversos productos de confitería o licores.
- Bombones de chocolate y artículos de confitería de cacao y chocolate: son preparados de forma y composición variada, con un contenido mínimo del 10 % de chocolate, designados con la denominación que caracteriza a cada uno de ellos.
- Derivados de manteca de cacao: son mezclas en distintas proporciones de manteca de cacao con azúcar y componentes naturales de la leche.

En lo que respecta al almacenamiento y transporte, para los derivados especiales del cacao y del chocolate se aplicarán las mismas normas de almacenamiento y transporte que se establecen para el cacao.

B. CONDIMENTOS Y ESPECIAS

DEFINICIÓN

Se definen como sustancias que se añaden a los alimentos con el fin de modificar sus características organolépticas y, en ciertos casos, de conservarlos.

No tienen una función nutritiva directa, pero actúan como estimuladores de los sentidos y de las glándulas digestivas, contribuyendo así a una buena asimilación de los alimentos.

CLASIFICACIÓN

La reglamentación tecnicosanitaria correspondiente los clasifica del siguiente modo:

Condimentos naturales

Sal

Vinagre

Especias o condimentos aromáticos

Condimentos preparados o sazonadores

Mezclas entre distintas especias

Mezclas de especias y condimentos naturales

Mezclas de especias y otras sustancias alimenticias autorizadas o condimentos naturales

Sucedáneos de especias

Otros condimentos: salsas de mesa

B.1. CONDIMENTOS NATURALES

SAL Y VINAGRE

Sal

Definición

Entre las especias, la sal común ocupa un lugar destacado, superando como condimento a todas las sustancias que se utilizan para intensificar el sabor de los alimentos.

Se conoce como sal comestible, o simplemente sal, al cloruro sódico obtenido y conservado en condiciones tales que le hacen apto para ser utilizado en la alimentación humana. Además de ser un condimento, tiene una acción conservante cuando se utiliza en grandes cantidades (salazón).

La sal se encuentra en el agua de mar (2.7-3.7%) y en diversos mares interiores (7.9% en el mar Muerto, 15.1% en los grandes lagos salados de Utah); en salinas (Lüneburg, Reichenhall) y sobre todo en depósitos que se han formado en distintas épocas geológicas, como por ejemplo en los depósitos salinos europeos de Zechstein.

Clasificación

La sal tiene diferentes denominaciones según su procedencia o su composición:

Sal piedra o gema: procedente de yacimientos naturales.

Sal marina: procedente de la evaporación del agua de mar.

Sal de fuente o mineral: procedente de la evaporación de aguas minerales.

Sal común: cualquiera de las anteriores purificada por lavado o por disolución, seguida de una cristalización.

En función de la granulometría, la sal puede ser: gruesa, fina o extragruesa.

La sal común está compuesta principalmente por cloruro sódico, y además puede contener hasta un 3 % de agua y 2.5 % de otras sales ($MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, Na_2SO_4).

Sales especiales:

Sal de mesa: se le añade fosfato sódico, cálcico, silicatos o carbonatos magnésico y cálcico.

Sal yodada: se le añade yoduro sódico o potásico para la prevención del bocio.

Sal fluorada: contiene flúor para la prevención de la caries.

Sal yodo-fluorada: se le añade yodo y flúor.

Otras sales: entre ellas se encuentran las sales dietéticas, compuestas por cloruros de otros metales (K, Mg, Ca). El KCl es el más utilizado, pero en determinadas concentraciones puede producir amargor.

Salmuera: disolución en agua potable de sal comestible a la que se le ha añadido o no azúcar, vinagre, ácido láctico u otras sustancias autorizadas; con diversas especias y plantas.

Sustitutivos de la sal común

Para evitar el efecto perjudicial de los iones de sodio en muchas enfermedades, se ha investigado el modo de sustituir la sal común como condimento, sin tener que llegar a una alimentación carente de sal. La acción de los alimentos con poca sal sólo depende de una reducción del sodio, por lo que deben designarse como alimentos pobres en sodio. Como sustitutos de la sal se emplean otros compuestos, como por ejemplo: sales de cocina de distintos ácidos (acético, carbónico, láctico, etc.), fosfato monopotásico, ácido adípico, compuestos de potasio, calcio y magnesio con distintos ácidos (adípico, succínico, láctico, tartárico, cítrico) y otros.

Vinagre

Definición

El vinagre es el condimento más importante para proporcionar o reforzar el sabor ácido de las comidas.

Con la denominación genérica de vinagre se designa el líquido obtenido de la fermentación acética del vino natural y de sus subproductos. También se designa con el término vinagre, seguido del apelativo de la fruta de procedencia, los líquidos obtenidos por fermentación de los zumos de frutas.

Vinagre o vinagre de vino: del vino natural

Vinagre de orujo: de orujos del vino

Vinagre de frutas

El producto se debe presentar limpio y sin sedimentos. Su pH oscila entre 3.3 y 2.8 y la acidez se debe en su mayor parte al ácido acético. Un pH inferior a 2.8 indica la presencia de ácidos minerales extraños.

Procedimiento de elaboración

Los vinagres son producto de dos fermentaciones sucesivas (sin destilación intermedia, salvo en el caso de los vinagres de alcohol): una primera fermentación por levaduras, que convierte el azúcar en alcohol, y una segunda fermentación, que convierte el alcohol en ácido acético, debida a microorganismos del grupo *Acetobacter*. Existe, además, una producción residual de muchos compuestos intermedios que son responsables de las características del producto final.

Prácticamente puede convertirse en vinagre cualquier materia prima que contenga azúcar (o almidones que se puedan degradar enzimáticamente hasta azúcares simples) y pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas.

Entre los productos amiláceos que se han empleado en la fabricación de vinagres en Europa, cabe señalar las manzanas, las naranjas, los plátanos, los dátiles, las ciruelas y la miel. Los vinos (que son producto de una fermentación por levaduras) se emplean con gran profusión en la obtención de vinagres, pero en Inglaterra el vinagre que más abunda es el preparado con cebada malteada, seguido del vinagre de alcohol (preparado principalmente a partir de las melazas).

En cuanto a su composición, 100 g de vinagre contienen: de 5 a 15.5 g de ácido acético, agua, que es el compuesto mayoritario, y otros productos (aminoácidos, 2.3 butilenglicol, acetilmetilcarbinol y otras sustancias procedentes de las materias primas: ácidos, azúcares, colorantes naturales).

Varietades

- *Vinagre destilado*. Se prepara por destilación del ácido acético y otros componentes volátiles, quedando las sustancias colorantes y otros sólidos solubles como residuo en los matraces de destilación. El vinagre destilado es incoloro, aunque retiene gran parte de los aromas y sabores característicos del vinagre original. Se utiliza en productos en los que no se desean colores y aromas muy refinados, como es el caso de los aderezos para ensaladas y el *ketchup*. También se embotella para su venta, siendo muy popular en Escocia.
- *Vinagre de alcohol*. Es un vinagre preparado que contiene entre el 4 y el 15 % de ácido acético. Se prepara a partir de la fermentación de melazas por levaduras, seguida de destilación y posterior acetificación del líquido alcohólico destilado. En la práctica, el alcohol destilado se puede adquirir en el comercio y sólo es necesaria la acetificación.

El vinagre de alcohol contiene usualmente entre el 10 y el 12 % de ácido acético, es incoloro y tiene un sabor muy ácido, careciendo del aroma de la malta.

Es muy útil en la preparación de salsas y encurtidos, cuando se desea un producto sin color con elevada acidez.

- *Vinagre concentrado.* Se suele preparar mediante concentración por congelación, para evitar la pérdida de compuestos volátiles que se produciría si se preparase por concentración mediante calor. Se puede conseguir vinagre concentrado de hasta el 40% de ácido acético.
- *Vinagre especiado.* Los vinagres especiados son infusiones de hierbas o especias en vinagre. El método de preparación más sencillo consiste en mantener las especias en vinagre en frío durante varios días, agitando de vez en cuando. El proceso se puede acortar sensiblemente calentando el vinagre, con lo que su duración total es de tan sólo unas horas. El vinagre especiado se comercializa embotellado, especialmente para la preparación de encurtidos caseros.

B.2. ESPECIAS O CONDIMENTOS AROMÁTICOS

Concepto

Se denomina así a las plantas, frescas o desecadas, enteras o molidas, que por tener sabores u olores intensos se destinan a la condimentación o a la preparación de ciertas bebidas.

Clasificación

Se establece desde un punto de vista botánico. La Tabla 11-6 recoge el nombre de la especie según la parte de la planta que se emplea como tal.

Las especias se utilizan para reforzar aromas, sabores picantes, color, etcétera. Algunas tienen además actividad antioxidante, como los extractos de salvia y de romero.

Composición química

Se encuentran presentes:

Aceites etéreos. En la mayoría de las especias, las sustancias aromáticas se encuentran como aceites etéreos. Sus componentes principales son monoterpenos y sesquiterpenos, fenoles o éteres fenólicos, entre otros el eugenol, cavacrol, timol, estragol, anetol, safrol y miristicina.

Ciertos hidrocarburos aromáticos se forman en las especias probablemente por oxidación de terpenos. El *p*-cimeno es otro de los hidrocarburos aromáticos que se encuentra en grandes cantidades en el aceite etéreo de algunas especias.

Entre los compuestos aromáticos del azafrán domina el terpenaldehído safranal y el 2, 6, 6-trimetil-4-hidroxi-1-ciclohexén-1-formaldehído, que probablemente se forman por hidrólisis y eliminación de agua del compuesto amargo picrocrocina.

En algunas especias, se han identificado aromas típicos. Por lo general, se trata de compuestos que predominan de modo proporcional en los aceites etéreos. En muchos

Tabla 11-6. Especies

Nombre	Nombre científico	Clase/Orden/Familia	Lugar donde se cultiva
FRUTO			
Pimienta	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	Zonas tropicales y subtropicales
Vainilla	<i>Vanilla planifolia</i> o <i>Vanilla tahitensis</i> <i>Vanilla pompona</i>	Orchidaceae	Madagascar, Islas Comore, México, Uganda
Pimienta de Jamaica	<i>Pimienta dioica</i>	Myrtaceae	Islas de las Indias Occidentales, América Central
Especies de <i>Capsicum</i> , paprika, pimiento, chiles, tabasco	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>	Solanaceae	Hungría, España, Méjico, Japón, África
Chiles, guindillas	<i>Capsicum frutescens</i>		África, México, EE.UU
AjÍ	<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>		Centro y Sudamérica
Laurel ^a	<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	Mediterráneo
Enebro	<i>Juniperus communis</i>	Cupressaceae	Zonas templadas
Anís	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae	Zonas templadas
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae	Zonas templadas
Eneldo ^a	<i>Anethum graveolens</i>	Apiaceae	Zonas templadas
SEMILLAS			
Mostaza	<i>Sinapsis alba</i> ^b <i>Brassica nigra</i> ^c	Brassicaceae Brassicaceae	Mediterráneo Zonas templadas
Nuez moscada	<i>Myristica fragrans</i>	Myristicaceae	Indonesia, Sri Lanka, India
Cardamomo	<i>Elettaria cardamomum</i>	Zingiberaceae	India, Sri Lanka
INFLORESCENCIAS			
Árbol del clavo	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae	Indonesia, Sri Lanka, Madagascar
Azafrán	<i>Crocus sativus</i>	Iridaceae	Mediterráneo, India, Australia
Alcaparra	<i>Capparis spinosa</i>	Capparidaceae	Mediterráneo
RIZOMAS			
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Sur de China, India, Japón, Indias Occidentales, África
Cúrcuma	<i>Curcum longa</i>	Zingiberaceae	India, China, Indonesia
CORTEZAS			
Canela	<i>Cinnamomun zeylanicum</i> , <i>C. aromaticum</i> , <i>C. burmanii</i>	Lauraceae	China, Sri Lanka, Indonesia, Indias Occidentales, Brasil
RAÍCES			
Rábano picante	<i>Armoracia rusticana</i>	Brassicaceae	Zonas templadas
HOJAS			
Perejil	<i>Petroselinum cripum</i>	Apiaceae	Zonas templadas
Ajedrea	<i>Satureja hortensis</i>	Labiatae	Zonas templadas
Estragón	<i>Artemisia dracunculus</i>	Compositae	Zonas templadas, Mediterráneo
Mejorana	<i>Origanum majorana</i>	Labiatae	Zonas templadas

continúa

Tabla 11-6. Especias (continuación)

Nombre	Nombre científico	Clase/Orden/Familia	Lugar donde se cultiva
Orégano	<i>Origanum heracleoticum</i> , <i>O onites</i>	Labiatae	Zonas templadas
Romero	<i>Rosmarinum officinalis</i>	Labiatae	Mediterráneo
Salvia	<i>Salvia officinalis</i>	Labiatae	Mediterráneo
Cebollino	<i>Allium schoenoprasum</i>	Liliaceae	Zonas templadas
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Labiatae	Zonas templadas

^a Frutos y hojas. ^b Mostaza blanca. ^c Mostaza negra.

Fuente: Belitz y Grosch (1997).

casos, no está clara todavía la importancia de compuestos con un aroma muy fuerte que se encuentran en concentraciones muy bajas. En el perejil, por ejemplo, se han hallado dos metoxipirazinas, que son esenciales para su aroma.

La mostaza y el rábano picante contienen glucosinalatos que, por rotura de las células, entran en contacto con la tioglucosidasa y se transforman en isotiocianato (aceites de mostaza).

El aroma del rábano se debe a los compuestos metil-etil-isopropil y 4-penteniliso-tiocianato, que están presentes en cantidades muy inferiores en comparación con el isotiocianato de aliolo.

En el aroma de diversos tipos de pimiento participan pirazinas, especialmente la 2-isobutil-3-metoxipirazina.

En los frutos en cápsula de la vainilla se han identificado 170 compuestos volátiles.

Sustancias con sabor picante

El sabor picante de las pimientas, pimentones y jengibres se debe a compuestos no volátiles.

La pimienta negra contiene como principal compuesto picante un 3-8 % de piperina, compuesto que es sensible a la luz, volviéndose insípido.

Durante el procesamiento y almacenamiento del jengibre, el gingerol se deshidrata fácilmente y se transforma en otro compuesto con mayor intensidad de sabor picante.

Pigmentos

Algunas especias se utilizan también como colorantes de los alimentos; así, por ejemplo, el pimentón y la cúrcuma. Los pigmentos del pimentón son carotenoides, siendo el principal la capsantina. La curcumina es el principal pigmento de la cúrcuma.

Antioxidantes

Los extractos de algunas especias, principalmente de la salvia y el romero, protegen de la autooxidación a los triglicéridos insaturados. Como componentes responsables de esta actividad antioxidante se han identificado los diterpendifenoles cíclicos ácido carnosólico y carnosol.

B.3. CONDIMENTOS PREPARADOS O SAZONADORES

Concepto

Reciben este nombre las mezclas de especias entre sí o con otras sustancias alimenticias, dispuestas para empleo inmediato o utilización culinaria.

Clasificación

Azúcar vainillado: mezcla de azúcar con vainilla sintética o etil-vanillina.

Extracto de estragón: macerado preparado a partir de estragón con vinagre al que se añade sal comestible.

Pimienta de apio: mezcla de grano de apio molido o apio deshidratado molido con pimienta negra molida (mínimo 70 % de pimienta).

Vinagre aromático: líquido resultante de la maceración en vinagre de especias y plantas aromáticas o de la mezcla con zumos cítricos.

B.4. SUCEDÁNEOS DE ESPECIAS

Son productos elaborados con ingredientes distintos de la especia que le da nombre, pero con propiedades parecidas, que adoptan la misma presentación, aspecto físico y usos de la especia genuina y que están destinados a reemplazarla. En su denominación llevan siempre el término «sucedáneo de», indicándose además la materia originaria de la misma. Solamente se permiten los sucedáneos de canela, pimienta blanca y negra y clavo.

Almacenamiento y conservación de especias

Las especias se comercializan enteras, algo trituradas o en polvo.

La vida útil de las especias molidas, que es limitada, se prolonga en ausencia de aire, a una humedad relativa del 60 % como máximo y a una temperatura de 20 °C, pues las especias pierden rápidamente su aroma y absorben fácilmente aromas extraños.

Las especias constituidas por hojas y hierbas se desecan antes de ser molidas. La pérdida de sustancias aromáticas depende de la especia y de las condiciones de secado, siendo en algunos casos, como por ejemplo en el eneldo, muy grandes.

Las mejores condiciones para la conservación del aroma se consiguen mediante la liofilización, si se reduce la humedad al 16%. Sin embargo, el secado moderado conduce a una hidrólisis más intensa de las clorofilas y a la deshidratación del fitol liberado a los fitodienos correspondientes.

La carga microbiana de las especias en polvo es muy alta, de modo que su utilización para la preparación de alimentos puede acelerar la alteración de los mismos.

B.5. OTROS CONDIMENTOS

SALSAS DE MESA

Concepto

Son aquellos preparados alimenticios que resultan de la mezcla de distintos ingredientes comestibles y que, sometidos al tratamiento culinario conveniente, se utilizan para acompañar a la comida o en preparados alimenticios.

Clasificación

- *Salsa mayonesa*: emulsión espesa formada básicamente por aceite vegetal alimenticio, huevos o yemas de huevo, y vinagre o zumo de limón. Podrá contener agua, sal, azúcar o glucosa, féculas alimenticias, ácido cítrico, tartárico o láctico y especias, con excepción del azafrán.
- *Salsa de tomate*: mezcla cocinada de pulpa de tomate, aceite vegetal comestible y sal.
- *Tomate frito*: producto preparado a partir de tomate natural, zumo de tomate, puré, pasta o concentrado de tomate, y sometido a un proceso de cocción con aceite vegetal comestible.
- *Salsa picante curry*: es la mezcla de varias especias, de gusto muy picante, constituida principalmente con diversas pimientas, jengibre, con o sin condimentos, o sustancias alimenticias, siempre que el nombre figure en el rótulo.
- *Ketchup*: producto preparado a partir de tomate en cualquiera de sus formas de utilización (tomate natural, zumo, puré, pasta o concentrado), sazonado con sal, vinagre, azúcar y especias.
- *Mostaza*: producto preparado a partir de semilla de mostaza en cualquiera de sus formas (grano entero, machacado o harina), sazonado con vinagre y al que se puede añadir también sal, aceite y otras especias.
- *Otros tipos de salsas*: bearnesa, bolognesa, holandesa, tártara, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Belitz, G. D. y Grosh, W. (1995). *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, S. A.; Zaragoza.
- Bell, L. N., Wetzel, C. R. y Grand, A. N. (1996). «Caffeine content in coffee as influenced by grinding and brewing techniques». *Food Research International*, 29 (8), 785-789.

- Citroreksoko, P. S., Peterman, J., Wanner, H. y Baumann, T. W. (1977). «Detection of trace amounts of methylated uric acids in crude caffeine from different sources». *Proc 8th ASIC Coll*, 143-145.
- Clarke, R. J. y Macrae, R. (1985). *Coffee: Volume 1: Chemistry*. Clarke, R.J. and Macrae, R. (Eds). Elsevier Science Publishers Ltd. Crown House, Linton Road, Barking, Essex IG11 8JU, England.
- Clarke, R. J. y Macrae, R. (1987). *Coffee: Volume 2: Technology*. Clarke, R.J. and Macrae, R. (Eds.). Elsevier Science Publishers Ltd. Crown House, Linton Road, Barking, Essex IG11 8JU, England.
- Clarke, R. J. y Macrae, R. (1988). *Coffee: Volume 3: Physiology*. Clarke, R.J. and Macrae, R. (Eds.). Elsevier Science Publishers Ltd. Crown House, Linton Road, Barking, Essex IG11 8J5, England.
- Clifford, M. N., Kazi, T. y Crawford, S: (1987). «The content and washout kinetics of chlorogenic acids in normal and abnormal green coffee beans»; *Proc 12th ASIC*, 221-228.
- De Maria, C. A. B., Trugo, L. C. y Moreira, R. F. A. (1995). «Simultaneous determination of total chlorogenic acid, trigonelline and caffeine in green coffee samples by high performance gel filtration chromatography». *Food chemistry*, 52, 447-449.
- Dentan, E. y Illy, A. (1985) «Etude microscopique de grains de cafés matures, immatures et immatures fermentés arabica Santos». *Proc 11th ASIC Col.* 341-368.
- Gross, G., Jaccaud, E. y Huggett, A. C. (1997). «Analysis of the content of the diterpenes cafestol and kahweol in coffee brews». *Food and Chemical Toxicology*. 35 (6), 547-554.
- Illy, A. y Viani, R. (1995). *Espresso Coffee: The Chemistry of Quality*. Illy, A. and Viani, R. (Eds). Academic Press Limited 24-28 Oval Road, London NW1 7DX.
- Sakano, T., Yamamura, K., Tamon, H., Miyahara, M. y Okazaki, M. (1996). «Improvement of coffee aroma by removal of pungent volatiles using A-type zeolite». *Journal of food science*, 61, (2) 473-476.
- Trugo, L. C. y Macrae, R. (1984b). «A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC». *Food Chem.*, 15, 219-227.
- Varnam, A. H. y Sutherland, J. P. (1997). «Bebidas. Tecnología, química y microbiología». *Serie Alimentos básicos*. Acribia, S.A.

12

PRODUCTOS PARA ALIMENTACIÓN ESPECIAL

(Marta Cuervo Zapatel,
Susana Santiago Neri)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un enorme interés social por los temas relacionados con la alimentación y su repercusión sobre la salud. Tanto es así que cada vez aparecen en el mercado nuevos productos y tecnologías destinados a personas con unas necesidades nutricionales específicas. La legislación ha englobado dentro de este grupo heterogéneo productos tan distintos entre sí como las leches infantiles, los alimentos ricos en fibra, la jalea real o los preparados para nutrición enteral. Sin embargo, no todos tienen establecidas sus características específicas de composición, elaboración, etiquetado, etc.

En este capítulo se describen las características de cada grupo de productos para alimentación especial, basadas en una revisión de la normativa vigente y de la oferta actual en el mercado.

CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN

En la Reglamentación Técnico-Sanitaria sobre preparados alimenticios para regímenes dietéticos especiales se definen los *productos alimenticios destinados a una alimentación especial*, como «aquéllos que, por su composición peculiar o por el particular proceso de su fabricación, se distinguen claramente de los productos alimenticios de consumo corriente, son apropiados para el objetivo nutritivo señalado y se comercializan indicando que responden a dicho objetivo».

Se considera que una *alimentación especial* debe satisfacer las necesidades nutritivas de:

- Los lactantes o niños de corta edad (1-3 años) con buena salud.
- Determinadas personas que se encuentran en condiciones fisiológicas particulares y que, por ello, obtienen beneficios especiales de una ingestión controlada de determinadas sustancias de los alimentos.

Tabla 12-1. Tipos de preparados para regímenes dietéticos o especiales

<p>1. ALIMENTOS QUE SATISFACEN LAS NECESIDADES FISIOLÓGICAS ESPECIALES DE NUTRICIÓN DE LAS PERSONAS SANAS</p> <p>1.1. Alimentos para niños lactantes, postlactantes y de corta edad.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Alimentos a base de leche, productos lácteos y componentes de la leche. — Alimentos a base de cereales o hidratos de carbono. — Alimentos a base de hortalizas, frutas, carnes, pescados o mezcla de los mismos cuya finalidad sea exclusivamente establecer un régimen alimenticio infantil — Alimentos compuestos de mezclas de los anteriores y otras fórmulas específicas, cuya finalidad sea exclusivamente establecer un régimen alimenticio infantil. <p>1.2. Alimentos complementarios o para situaciones de esfuerzo y desgaste.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Alimentos para mujeres embarazadas y en período de lactación. — Alimentos que proporcionan nutrientes complementarios destinados a aquellas personas que realizan esfuerzos físicos extraordinarios o que viven en condiciones especiales de medio ambiente. — Alimentos para personas de edad avanzada. <p>2. ALIMENTOS PARA REGÍMENES NUTRICIONALES ESPECÍFICOS</p> <p>2.1. Alimentos sin gluten.</p> <p>2.2. Alimentos con reducido contenido en ciertos aminoácidos o sin ellos.</p> <p>2.3. Alimentos con reducido contenido en calorías.</p> <p>2.4. Alimentos ricos en calorías.</p> <p>2.5. Alimentos con variaciones cuali-cuantitativas en grasas, hidratos de carbono, proteínas, sales e iones.</p> <p>2.6. Alimentos hipoalergénicos.</p> <p>2.7. Alimentos para diabéticos.</p> <p>3. ALIMENTOS CONSIDERADOS TRADICIONALMENTE COMO ESPECÍFICOS PARA REGÍMENES DIETÉTICOS</p> <p>3.1. Levaduras.</p> <p>3.2. Germen de trigo.</p> <p>3.3. Polen y jalea real.</p> <p>3.4. Alimentos no refinados.</p> <p>3.5. Aceites y grasas con alto contenido en ácidos grasos esenciales.</p> <p>4. ALIMENTOS ESPECIALES ADMINISTRADOS POR SONDA</p>
--

Fuente: Reglamentación Técnico-Sanitaria sobre preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales. (VI © RD 1408/1992, de 20 de noviembre. BOE núm. 11, de 13 de enero de 1993).

- Determinadas personas cuyos procesos de asimilación o de metabolismo se encuentran alterados.

La clasificación de estos productos que realiza la legislación se muestra en la Tabla 12-1.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los preparados alimenticios para regímenes específicos o especiales deben estar elaborados con ingredientes sanos, adecuados y apropiados para el uso a que se desti-

nen. Las materias primas utilizadas tienen que cumplir las especificaciones de composición, calidad e higiene que establecen las reglamentaciones correspondientes.

La denominación de venta de estos productos debe ir acompañada de la mención de sus características nutricionales especiales, salvo en el caso de los productos destinados a niños de corta edad. Es importante señalar que sólo aquellos productos que estén destinados a personas con condiciones fisiológicas particulares o cuyos procesos de asimilación y metabolismo estén alterados, podrán caracterizarse por las indicaciones de «dietéticos» o «de régimen».

Con relación a su etiquetado y publicidad, cabe señalar que, salvo que tengan reglamentaciones específicas, estos productos deben reflejar la composición nutricional o el proceso que da al producto la condición de especial, así como el valor energético (en kcal y kj) y el contenido de hidratos de carbono, proteínas y lípidos por 100 g ó 100 mL de producto. En caso de que el valor energético sea inferior a 12 kcal/100 g ó 100 mL (50 kj), puede sustituirse la mención del mismo por la leyenda «valor energético inferior a 12 kcal (50 kj) por 100 g ó 100 mL», según sea el caso.

No deben atribuirse a los mismos propiedades de prevención, tratamiento o curación de enfermedades, quedando prohibidas las leyendas «recomendado por la clase médica», «saludable», «rejuvenecedor», «adelgazante», «sustitutivo de la lactancia materna» u otras que puedan inducir a error. No obstante, está autorizada la difusión de información destinada exclusivamente a profesionales del ámbito de la nutrición, de la farmacia o de la medicina.

Dadas las características especiales de estos productos y sus destinatarios, no puede fomentarse su comercialización y publicidad mediante procedimientos que no tengan relación con su composición y utilidad dietética, ni mediante concesiones o bonificaciones que produzcan confusión.

PRODUCTOS QUE PUEDEN ENCONTRARSE EN EL MERCADO

La legislación no especifica ni enumera los productos que se incluyen dentro de todos los grupos. Aunque existen unas normas generales de etiquetado y comercialización, no están recogidas a efectos legales las características específicas de composición, etiquetado y publicidad que debe cumplir cada grupo. Como resultado, se encuentran en el mercado multitud de productos de este tipo, que no están sujetos a una normativa que regule su elaboración y comercialización.

ALIMENTOS PARA NIÑOS LACTANTES, POSTLACTANTES Y DE CORTA EDAD

Estos alimentos están muy regulados por la legislación que concreta las características relativas a su composición, etiquetado y publicidad. Los productos de este grupo pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Alimentos destinados a niños sanos:
 - Fórmulas a base de leche, productos lácteos y componentes de la leche
 - Alimentos a base de cereales o hidratos de carbono
 - Alimentos infantiles homogeneizados
- Productos destinados a niños con algún tipo de patología:
 - Fórmulas sin lactosa
 - Fórmulas a base de soja
 - Fórmulas con hidrolizados de proteínas
 - Fórmulas para fenilcetonuria
 - Fórmulas antirreflujo

Alimentos destinados a niños sanos

Alimentos a base de leche, productos lácteos y componentes de la leche

Este apartado recoge los preparados para lactantes y los preparados de continuación.

Según la Directiva 91/321/CEE, en la preparación de estos productos alimenticios sólo puede añadirse agua y en su elaboración únicamente pueden utilizarse las siguientes sustancias nutritivas:

- **Vitaminas:**
 - Liposolubles:* A, D, E y K.
 - Hidrosolubles:* tiamina, riboflavina, niacina, biotina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido fólico, B₁₂ y C.
- **Aminoácidos:** los diez aminoácidos esenciales en los niños sanos (arginina, leucina, isoleucina, valina, triptófano, fenilalanina, metionina, treonina, lisina e histidina), más cistina, cisteína y tirosina (Mahan y Escott-Stump, 1998).
- **Sales minerales:** calcio, magnesio, hierro, cobre, yodo, cinc, manganeso, sodio y potasio.
- **Nucleótidos:** citidina, uridina, adenosina, guanosina e inosina (todos ellos 5'-monofosfato).
- **Otros:** colina, inositol, taurina y L-carnitina.

La composición básica, de acuerdo con las recomendaciones dadas por la ESPGAN para las leches para lactantes, así como con las dadas por la reglamentación española sobre preparados para lactantes y preparados de continuación, se recogen en la Tabla 12-2.

En los alimentos a base de leche, productos lácteos y componentes de la leche, se permite la adición de aminoácidos sólo para mejorar el valor nutritivo de las proteínas y únicamente en la proporción necesaria para tal fin.

Por otro lado, está prohibida la utilización de los aceites de sésamo y de algodón, y está limitada la cantidad de ácidos erúcido, láurico, mirístico y ácidos grasos *trans*.

Tabla 12-2. Composición de los preparados para lactantes y preparados de continuación

Contenido por 100 kcal	Preparados para lactantes	Preparados de continuación
ENERGÍA ^(a)	60-75	60-80
PROTEÍNAS (g)	1.8 -3	2.25-4.5
Índice químico ^(b)	B 80 % proteína de referencia	
LÍPIDOS (g)	4.4-6.5	3.3-6.5
HIDRATOS DE CARBONO (g)	7-14	
SALES MINERALES		
Sodio (mg)	20-60	—
Potasio (mg)	60-145	—
Cloro (mg)	50-125	—
Calcio (mg)	> 50	—
Fósforo (mg)	25-90	—
Calcio/Fósforo	—	A2
Magnesio (mg)	5-15	—
Hierro (mg)	0.5-1.5 / 1-2 ^(c) (d)	1-2
Cinc (mg)	0.5-1.5 / 0.75-2.4 ^(d)	> 0.5
Cobre (µg)	20-80	—
Yodo (µg)	> 5	> 5
Selenio (µg)	< 3 ^(c)	—
VITAMINAS		
A (µg RE <i>trans</i>)	60-180	60-180
D (µg colecalciferol)	1-2.5	1-3
E (µg / -TE/g ácido linoleico nunca inferior a 0.5 mg)	> 0.5	> 0.5
C (mg)	> 8	> 8
K (µg)	> 4	—
Tiamina (µg)	> 40	—
Riboflavina (µg)	> 60	—
Niacina (mg NE)	> 0.8	—
Biotina (µg)	> 1.5	—
Ácido Pantoténico (µg)	> 300	—
Piridoxina (µg)	> 35	—
Ácido Fólico (µg)	> 4	—
B ₁₂ (µg)	> 0. 1	—

(a) Expresada en kcal/100 mL.

(b) Es la proporción más baja entre la cantidad de cada uno de los aminoácidos esenciales de la proteína de prueba y la cantidad de cada uno de los correspondientes aminoácidos de la proteína de referencia.

(c) Datos correspondientes a preparados para lactantes enriquecidos en hierro y selenio.

(d) Este segundo rango se aplicará a los preparados elaborados a partir de proteínas de soja únicamente, o de una mezcla con proteínas de leche de vaca.

Fuente: Directiva 91/321/CEE de la Comisión de 14 de mayo de 1991 relativa a los preparados para lactantes y preparados de continuación (DOCE núm. L 175 de 4 de julio, pág. 35).

La cantidad de ácido linoleico en los preparados de continuación que contengan aceites vegetales, debe ser como mínimo de 300 mg/100 kcal.

En el etiquetado de estos productos deben figurar, además de los datos generales obligatorios, la cantidad mínima de cada vitamina y mineral que debe estar presente en su composición, las instrucciones de preparación del producto y una advertencia sobre los riesgos para la salud que resultan de una preparación inadecuada.

Preparados para lactantes o leches de inicio

Durante los primeros meses de vida las funciones de algunos órganos no están plenamente desarrolladas o se encuentran disminuidas, por lo que la tolerancia a ciertos nutrientes es menor y un aporte excesivo puede causar alteraciones homeostáticas (ESPGAN, 1977).

Los preparados para lactantes se definen como aquellos productos alimenticios, destinados a la alimentación especial de los lactantes durante los primeros cuatro a seis meses de vida, que satisfagan por sí mismos las necesidades nutritivas de esta categoría de personas (Directiva 91/321/CEE).

Las recomendaciones de composición, dadas para la alimentación de los lactantes nacidos a término y prematuros con peso al nacer superior a 2500 gramos, implican que los requerimientos mínimos de los nutrientes esenciales quedan cubiertos. Además, la composición incluye un margen de seguridad razonable, teniendo en cuenta la baja tolerancia a estos nutrientes durante este período de la vida, así como los pequeños errores que puedan cometer los padres en la preparación de la fórmula.

Dentro de la fracción lipídica de los preparados para lactantes, la cantidad de ácido linoleico debe oscilar entre 300 y 1200 mg/100 kcal y la de ácido linolénico debe ser como mínimo de 50 mg/100 kcal. Además, pueden añadirse ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga en cantidad limitada.

En los preparados para lactantes sólo pueden estar presentes los siguientes hidratos de carbono: lactosa, maltosa, sacarosa, dextrinomaltosa, jarabe de glucosa, almidón pretostado y almidón pregelatinizado, ambos sin gluten. La sacarosa no puede superar el 20% del total de hidratos de carbono.

Preparados o leches de continuación

Hacia los cuatro meses de edad, los mecanismos homeostáticos corporales están suficientemente desarrollados para hacer frente a una gama más amplia de concentraciones de nutrientes. Sin embargo, no se recomienda que a esta edad se pase directamente a la leche de vaca, sino que se sustituye la fórmula de inicio por una fórmula de continuación, asegurando de este modo que se cubran todos los requerimientos mínimos de nutrientes esenciales (ESPGAN, 1981).

Los preparados de continuación se definen como aquellos productos alimenticios destinados a la alimentación especial de los lactantes de más de cuatro meses de edad que constituyen el principal elemento líquido de una dieta progresivamente diversificada de estas personas (Directiva 91/321/CEE).

Estos productos alimenticios pueden llevar aminoácidos añadidos, con el fin de aumentar el valor nutritivo de las proteínas y siempre en la proporción necesaria para tal fin. Los ingredientes de estos preparados deben estar exentos de gluten.

En los preparados de continuación que contengan menos del 50 % de proteínas de soja, el contenido mínimo de lactosa debe ser de 1.8 g/100 kcal. Por otro lado, la suma de sacarosa, fructosa y miel no debe superar el 20 % del contenido total de hidratos de carbono.

Las concentraciones de algunas sales minerales que no se especifican en la Tabla 12-2 para los preparados de continuación deben ser, por lo menos, equivalentes a las concentraciones de sales minerales en la leche de vaca.

Alimentos a base de cereales o hidratos de carbono

Estos alimentos vienen recogidos en la Directiva 96/5/CEE, en la que se hace referencia a ellos, junto con los alimentos infantiles, como «los productos alimenticios destinados a una alimentación especial que satisfagan las necesidades específicas de los lactantes y los niños de corta edad en buen estado de salud en la Comunidad y que tengan por destinatarios a los lactantes durante el período de destete y a los niños de corta edad, como complemento de su dieta o para una progresiva adaptación a los alimentos normales».

Los alimentos elaborados con cereales se preparan básicamente a partir de uno o más cereales o raíces feculentas previamente trituradas. La cantidad de cereal o raíz feculenta debe superar el 25 % del peso de la materia final seca (Directiva 96/5/CE).

Los alimentos a base de cereales se dividen en las cuatro categorías siguientes:

- Cereales simples reconstituidos o que deben reconstituirse con leche u otro líquido alimenticio adecuado.
- Cereales con adición de otro alimento rico en proteínas, reconstituidos o que deben reconstituirse con agua u otro líquido que no contenga proteínas.
- Pastas que deben cocer en agua hirviendo o en otros líquidos apropiados antes de su consumo.
- Bizcochos y galletas que pueden consumirse directamente o, una vez pulverizados, con adición de agua, leche u otro líquido adecuado.

Los cereales de diversas procedencias presentan un porcentaje de cenizas y grasas notablemente parecido. La suma de proteínas e hidratos de carbono asciende al 90 % del peso seco en las harinas comercializadas con bajo grado de extracción. Sin embargo, la cantidad de energía realmente consumida está sujeta a variaciones que dependen del porcentaje de almidón contenido en el polvo, así como de la naturaleza del líquido empleado para la dilución.

La consistencia de una papilla viene determinada fundamentalmente por el contenido de almidón; por tanto, cuanto mayor sea el contenido en azúcar de una harina, más polvo se necesitará para conseguir una consistencia espesa y mayor será su densidad energética. Por ello, aunque no existen unas recomendaciones exactas de energía para los alimentos a base de cereales, sí existen recomendaciones en cuanto al contenido de sacarosa y al modo de preparación.

En los alimentos a base de cereales, está permitida la adición de aminoácidos para aumentar el valor nutritivo de las proteínas, pero únicamente en la proporción necesari-

ria para tal fin. También se pueden añadir sales de sodio con fines tecnológicos sin que superen los 100 mg/100 kcal de producto. La cantidad de tiamina (vitamina B₁) en ningún caso puede ser inferior a 100 µg/100 kcal de producto.

Sin embargo, existen algunas características de composición que varían en tres de los cuatro grupos. Son las siguientes:

Cereales simples reconstituidos o que deben reconstituirse con agua u otro líquido alimenticio adecuado.

- Los alimentos de este grupo pueden llevar azúcares añadidos, pero en ningún caso superarán los 7.5 g/100 kcal. En el caso de haberse añadido fructosa, no debe superar los 3.75 g/100 kcal.
- La cantidad máxima de grasa permitida en estos productos es de 3.3 g/100 kcal.

Cereales con adición de otro alimento rico en proteínas reconstituidos o que deben reconstituirse con agua u otro líquido que no contenga proteínas.

- La cantidad máxima de proteínas que se puede encontrar en este grupo es de 5.5 g/100 kcal, con una adición mínima de 2 g/100 kcal.
- La cantidad máxima de grasa permitida en esos productos es de 4.5 g/100 kcal, pero a partir de 3.3 g/100 kcal se controla la cantidad de los ácidos láurico, mirístico y linoleico.
- Los alimentos de este grupo pueden llevar azúcares añadidos, pero en ningún caso superarán los 5 g/100 kcal. En el caso de haberse añadido fructosa, no debe superar los 2.5 g/100 kcal.
- De entre todas las sales minerales, la más importante es el calcio, que debe estar por encima de los 80 mg/100 kcal.
- De las vitaminas, las A y D son las más importantes, y deben estar dentro de unos límites de 60-180 µg/100 kcal y 1-3 µg/100 kcal, respectivamente.

Bizcochos o galletas que pueden consumirse directamente o, una vez pulverizados, con adición de agua, leche u otro líquido autorizado.

- La cantidad máxima de proteínas que se puede encontrar en este grupo es de 5.5 g/100 kcal, con una adición mínima de 1.5 g/100 kcal en las galletas con adición de alimentos ricos en proteínas.
- Los alimentos de este grupo pueden llevar azúcares añadidos, pero en ningún caso superarán los 7.5 g/100 kcal. Si se añade fructosa, no debe superar 3.75 g/100 kcal.
- La cantidad máxima de grasa permitida en estos productos es de 3.3 g/100 kcal.
- De entre todas las sales minerales, la más importante es el calcio, que debe estar por encima de los 50 mg/100 kcal.

Alimentos infantiles homogeneizados

Los alimentos infantiles homogeneizados, recogidos en la Directiva 96/5/CEE junto con los alimentos a base de cereales o hidratos de carbono, son preparados industriales que contienen frutas, verduras, cereales, pescados, carnes, etc., que se deben elaborar siguiendo unas normas estrictas de control de calidad y con un adecuado valor

nutritivo, y cuyos ingredientes, composición (proteínas, sodio y densidad energética) y manipulación deben figurar en la etiqueta.

Este apartado engloba dos grandes grupos:

- Alimentos a base de hortalizas, frutas, carnes, pescados o mezcla de los mismos, cuya finalidad sea exclusivamente establecer un régimen alimenticio infantil.
- Alimentos compuestos de mezclas de los anteriores y otras fórmulas específicas, cuya finalidad sea exclusivamente establecer un régimen alimenticio infantil.

Los alimentos infantiles homogeneizados, al igual que los alimentos elaborados a base de cereales, están fabricados con ingredientes cuya adecuación ha sido determinada mediante datos científicos generalmente aceptados.

En su fabricación solamente pueden añadirse las siguientes sustancias alimenticias:

— **Vitaminas:**

Liposolubles: A, D, E y K.

Hidrosolubles: tiamina, riboflavina, niacina, biotina, piridoxina, ácido pantotémico, ácido fólico, B₁₂ y C.

— **Aminoácidos:** Los diez aminoácidos esenciales en los niños sanos: arginina, leucina, isoleucina, valina, triptófano, fenilalanina, metionina, treonina, lisina e histidina (Mahan y Escott-Stump, 1998), más cistina, cisteína y tirosina.

— **Sales minerales:** calcio, magnesio, fósforo, hierro, cobre, cinc, manganeso y yodo.

— **Otros:** colina, inositol y L-carnitina.

La composición de los alimentos infantiles homogeneizados, de acuerdo con la Directiva 96/5/CE, se refiere a los productos listos para el consumo, comercializados como tales o reconstituídos de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Algunas características relativas a la composición de este grupo de alimentos, recogidas en dicha directiva, son:

- El contenido de proteínas varía en función de los ingredientes que tenga el producto. En cualquier caso, no deberá ser nunca inferior a 3 g/100 kcal.
- Si la carne o el queso son los únicos ingredientes mencionados o aparecen en primer lugar en el etiquetado, la cantidad total de grasa en el producto será como máximo 6 g/100 kcal. En el resto de los productos, la cantidad total de grasa será como máximo de 4.5 g/100 kcal.
- El contenido final de sodio en el producto no debe superar los 200 mg/100 kcal. Sin embargo, cuando el único ingrediente mencionado en el etiquetado es el queso, el contenido final de sodio en el producto no será superior a 300 mg/100 kcal.
- Los preparados para lactantes a base de frutas, los postres o las cremas, no pueden llevar sal añadida excepto por necesidades técnicas.
- En los zumos de frutas, los néctares o los zumos de verdura, el contenido de vitamina C debe superar los 25 mg/100 kcal.

- No se puede añadir vitamina A a los alimentos infantiles, excepto a los zumos de verduras, ni se puede añadir vitamina D a ningún alimento infantil.

Los tipos de alimentos infantiles homogeneizados que podemos encontrar en el mercado son: zumos y tarritos de frutas, cereales, verduras, carnes, pescados, legumbres y mezclas de los anteriores.

Productos destinados a niños con algún tipo de patología

Los más importantes son los destinados a niños con alteraciones en el metabolismo de los hidratos de carbono, alergias alimentarias y trastornos gastrointestinales.

Fórmulas sin lactosa: Elaboradas a base de leche de vaca, en las que tan sólo se ha modificado la fracción glucídica, sustituyendo la lactosa por dextrinomaltoza o polímeros de glucosa (Chevallier, 1997). Generalmente, el resto de los macronutrientes y micronutrientes se adaptan a la normativa de composición para las fórmulas de inicio. Estos alimentos van destinados a niños que presentan intolerancia a la lactosa o con trastornos en el metabolismo de la fructosa, y se indican durante un período limitado de tiempo.

Fórmulas a base de soja: Elaboradas a partir de aislados de proteína de soja, que debido a su origen vegetal no contienen lactosa, y suelen estar indicadas en situaciones de intolerancia a la lactosa, galactosemia y regímenes vegetarianos. Suelen utilizarse también en el caso de alergia a la proteína de la leche de vaca, únicamente en niños potencialmente alérgicos que no hayan presentado manifestaciones clínicas de alergia, aunque esta última indicación es más controvertida (ESPGAN, 1990).

La proteína de soja es deficitaria en el aminoácido esencial metionina; deberá, por tanto, añadirse a dichas fórmulas hasta llegar a un contenido mínimo de 30 mg/100 kcal (ESPGAN, 1990).

Fórmulas con hidrolizados de proteínas: Este grupo de preparados se elabora a partir de proteínas, en la mayoría de los casos de origen lácteo, hidrolizadas por procedimientos térmicos o enzimáticos (Hernández, 1993). Según el grado de hidrólisis se comercializan dos tipos:

- *Fórmulas hipoantigénicas*

Contienen proteínas con un bajo grado de hidrólisis; el contenido de proteínas lácteas intactas debe ser inferior al 1% de las sustancias nitrogenadas de la preparación. El resto de su composición es similar a la de las fórmulas infantiles convencionales. Se indican en la alimentación de lactantes de alto riesgo atópico.

- *Fórmulas semielementales*

Se elaboran a partir de macronutrientes modificados para facilitar su digestión y absorción. Contienen proteínas con un alto grado de hidrólisis y se eliminan por ultrafiltración los péptidos de mayor peso molecular; los hidratos de carbono se aportan en forma de dextrinomaltoza o polímeros de glucosa, y las grasas en forma de triglicéridos de cadena media y aceites ricos en ácidos grasos esenciales. Las desventajas que presentan estas fórmulas son su elevado coste, su alta osmolaridad y su mal sabor. Se indican en situaciones de malabsorción y en alergia a las proteínas de la leche de vaca.

Fórmulas para fenilcetonuria: En la fenilcetonuria, no se metaboliza la fenilalanina a tirosina debido a una carencia o inactividad enzimática, por lo que debe restringirse el sustrato (fenilalanina y otros aminoácidos) hasta cantidades mínimas, siendo necesario además complementar la tirosina así como el contenido nutricional, para asegurar un correcto crecimiento. Las fórmulas infantiles para fenilcetonúricos tienen menor cantidad de fenilalanina; en general, la fuente de proteínas utilizada es hidrolizado de caseína o L-aminoácidos, y suelen complementarse con leche evaporada.

Es necesario señalar que aquellos alimentos o productos que incorporen en su composición el edulcorante artificial aspartame, deberán estar claramente etiquetados e incluir la cantidad de aminoácido (en mg), así como la siguiente leyenda: «*Edulcorante artificial aspartame, no apto para fenilcetonúricos*».

Fórmulas antirreflujo: Destinadas a niños que presentan reflujo gastroesofágico y que llevan en su composición alguna sustancia espesante (semilla de algarroba o harina de arroz), con el fin de evitar o disminuir la frecuencia del vómito o la regurgitación.

ALIMENTOS PARA SITUACIONES EN LAS QUE AUMENTAN LAS NECESIDADES DE ENERGÍA O NUTRIENTES

La legislación define *los alimentos para regímenes dietéticos o especiales enriquecidos* como aquellos en los que la proporción de vitaminas, minerales, aminoácidos o ácidos grasos esenciales es superior a la del contenido natural medio de sus ingredientes, por haber sido suplementados significativamente con la intención de elevar su valor nutritivo y sin finalidad terapéutica.

Dada la importancia de una correcta alimentación para las distintas situaciones fisiológicas, se comercializan diversos preparados nutricionales orientados hacia las situaciones en las que aumentan las necesidades de energía o nutrientes. Entre los productos que se elaboran con este fin se encuentran los preparados para embarazo, lactancia, crecimiento, tercera edad, menopausia, condiciones especiales de medio ambiente, deporte y otras situaciones de esfuerzos físicos extraordinarios.

- **Alimentos enriquecidos en vitaminas, minerales o ambos.** Cada vez aparecen con más frecuencia en el mercado productos alimenticios enriquecidos con determinados micronutrientes. Estos alimentos deben tener un etiquetado nutricional en el que aparezca la cantidad de nutriente correspondiente y el porcentaje que esta cantidad cubre respecto de la *cantidad diaria recomendada*.

En el mercado podemos encontrar una amplia gama de productos enriquecidos: cornflakes y galletas enriquecidos en vitaminas, lácteos enriquecidos en vitaminas, calcio y ácido fólico, bombones y margarina vitaminados, sal yodada, etc. La finalidad de enriquecer dichos alimentos puede ser:

- Compensar las pérdidas que se producen durante los procesos de elaboración.
- Cubrir el aumento de los requerimientos de micronutrientes que se producen en determinadas situaciones como crecimiento, embarazo, tercera edad, menopausia y otras.
- Prevenir carencias en zonas endémicas, como es el caso de la sal yodada.

- **Suplementos de vitaminas o minerales.** Son preparados multivitamínicos y/o multiminerales, que aportan estos nutrientes en cantidades suficientes para complementar la dieta de aquellas personas con necesidades aumentadas, y que suelen presentarse en forma de cápsulas, comprimidos, jarabes, etc. Entre los indicados especialmente para el embarazo y la lactancia destacan los suplementos de ácido fólico, vitamina B₁₂, calcio, hierro y cinc. Entre los indicados para situaciones de grandes esfuerzos físicos destacan los comprimidos de vitamina A, C, E y selenio. Entre los indicados para personas de avanzada edad destacan los de vitamina E, hierro y selenio.
- **Productos hiperproteicos.** Contienen proteínas en proporción elevada, junto con suplementos de vitaminas, minerales o aminoácidos esenciales. Generalmente, están elaborados a base de proteínas de soja y se presentan en forma de polvo o batidos. Se usan como complemento en dietas para deportistas, anorexia, nutrición enteral, etc.
- **Preparados energéticos:** Productos elaborados mezclando diferentes hidratos de carbono complejos asociados a triglicéridos de cadena media, con el fin de aportar una fuente energética complementaria. Estos preparados están orientados fundamentalmente a personas que requieran dietas hipercalóricas. En el mercado los podemos encontrar en forma de batidos o en polvo para diluir.
- **Ginseng.** El ginseng fue reconocido por el Ministerio de Sanidad y Consumo como alimento en 1975. Proviene de una planta herbácea de la familia de las araliáceas, originaria de Asia. De sus numerosos principios activos destacan los ginsenósidos, a los que se atribuyen propiedades muy diversas de utilidad no probada, como estimulante y tonificante del organismo, protector del daño tisular en deportistas, etc. (William, 1995). También contiene vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina), A y C, y minerales (calcio, hierro, fósforo, yodo, magnesio, cinc y cobre), así como aminoácidos esenciales y enzimas como la amilasa o la fenolasa.
Se suele comercializar en una amplia gama de presentaciones: cápsulas, jarabes, polvos, extractos, perlas, té, etc.
En contra de la creencia popular, no existen grandes diferencias entre el ginseng rojo y el blanco, valorándose en cambio su antigüedad y su contenido en ginsenósidos.
- **Ostraína.** Preparado natural rico en sales de calcio, que ha sido particularmente concebido como vigorizante y calcificante de los huesos. Se suelen comercializar en forma de polvo muy fino.
- **Alimentos destinados principalmente a deportistas.** Algunos alimentos que se pueden encontrar en el mercado, pensados específicamente para deportistas son:
 - **Cápsulas de aminoácidos esenciales.** Suplemento proteico a base de diez aminoácidos que se consideran especialmente necesarios tanto en fases de crecimiento rápido y desarrollo muscular, como en etapas de entrenamiento intenso y prolongado de todo tipo de deporte.
 - **Bebidas isotónicas.** Mezclas cuyo contenido de hidratos de carbono en el producto listo para el consumo se encuentra entre el 6 y el 8%. Las bebidas a base de glucosa, fructosa, sacarosa y maltodextrinas quizás sean de las mejores para deportistas (Mahan y Escott-Stump, 1998). También apor-

tan minerales en forma de sales solubles y vitaminas antioxidantes (A, C y E) para evitar el efecto nocivo de los radicales libres que se producen durante el ejercicio. La presencia de glucosa y de sodio mejora enormemente la absorción de la disolución (Murray, 1987). Pueden llevar también aminoácidos ramificados, L-carnitina, arginina y ornitina. Suelen comercializarse en forma de líquidos listos para el consumo o en polvo para diluir (también conocidos como preparados de electrólitos).

- **Octacosanol.** Hidrocarburo natural que se encuentra concentrado en el aceite de germen de trigo, al que se le atribuye un posible aumento del rendimiento aerobio en deportistas. Pueden encontrarse en forma de perlas.

ALIMENTOS SIN GLUTEN

El gluten es la fracción proteica que proporciona las características panificables a las harinas en la elaboración del pan y los diferentes productos de bollería y pastelería. La intolerancia a esta proteína, concretamente a la fracción gliadina de la misma, provoca un trastorno crónico de malabsorción intestinal, lo que se conoce como enfermedad celíaca. El gluten se encuentra en cuatro cereales: trigo, cebada, centeno y avena. Los alimentos destinados a una dieta sin gluten se elaboran con cereales que no lo contienen (maíz, arroz, mijo, sorgo), de tapioca pura y de soja. Las harinas procedentes de estos cereales no son panificables precisamente por su carencia de gluten.

Las personas celíacas pueden encontrar en el mercado algunos alimentos totalmente desprovistos de gluten, entre los que se encuentran los siguientes:

- **Harina de arroz.** Se obtiene de la molienda del arroz glaseado o perlado hasta conseguir la consistencia de la harina. El almidón del arroz, debido a su peculiar estructura, es el más digerible de todos los cereales y, al no contener gluten, es apto para la alimentación de los enfermos celíacos.
- **Harina de maíz.** Producto de la molienda del grano de maíz, tiene un proceso de molturación diferente, por el mayor tamaño de sus granos. Debido a la ausencia de gluten no es panificable, pero viene utilizándose tradicionalmente en la elaboración de sopas y salsas como espesante, así como en la elaboración de postres y repostería.
- **Sémola de maíz.** Producto resultante de dejar el grano de maíz a medio moler, después de pasar por los disgregantes y trituradores desprovisto de su cubierta. Su estructura granulosa depende del tipo de cernedor final por el que se ha pasado. Se utiliza principalmente para sopas.
- **Galletas.** Elaboradas con una mezcla de harinas de arroz, maíz y soja, constituyen un adecuado alimento para las personas celíacas.
- **Pasta.** Elaborada con almidón de maíz, tapioca y puré de patatas en polvo, está desprovista de cualquier riesgo y resulta idónea para las personas celíacas.
- **Tostadas de pan.** Elaboradas con una mezcla de harinas de arroz, maíz y soja por el procedimiento de extrusionado, son de fácil digestión ya que sus ingredientes son predigeridos y su contenido calórico es bajo.

- **Tapioca y derivados.** La tapioca es el almidón obtenido de la raíz de mandioca. Con la molturación de las raíces, se obtienen las harinas de mandioca que después, por purificación, dan el almidón. Éste, después de ser sometido a humectación y secado, se convierte en tapioca. La tapioca puede reemplazar a las pastas alimenticias empleadas en las sopas habituales. Con ella pueden elaborarse también panes y pasteles caseros para celíacos, en los que se reemplaza la harina corriente por tapioca molida, sola o mezclada con harina de maíz y un poco de clara batida a fin de que reemplace la acción del gluten para retener los gases de la fermentación y ayudar al esponjamiento de la masa.

En el etiquetado de estos productos alimenticios puede aparecer la expresión «*alimentos sin gluten*» como información complementaria, dirigida a las personas celíacas y consumidores en general.

ALIMENTOS CON REDUCIDO CONTENIDO EN CALORÍAS

Estos productos están sujetos a la Directiva 96/8/CEE, relativa a los alimentos destinados a ser utilizados en dietas de escaso valor energético para reducción de peso.

Se incluyen en este grupo los productos alimenticios empleados en dietas de escaso valor energético, diferenciándose en dos categorías:

- Sustitutivos de la dieta diaria completa, comercializados bajo el nombre de *sustitutivos de la dieta completa para control de peso*.
- Sustitutivos de una o varias comidas de la dieta diaria, comercializados bajo el nombre de *sustitutivos de una comida para control de peso*.

Las especificaciones en la composición de los alimentos para dietas de bajo valor energético quedan recogidas en las Tablas 12-3 y 12-4.

Este tipo de productos alimenticios debe estar acompañado de un etiquetado específico que debe reflejar las siguientes características:

- Valor energético (en kcal y kJ) y contenido en proteínas, hidratos de carbono y lípidos, por una determinada cantidad de producto, tal y como esté previsto para su consumo.
- Instrucciones para la correcta utilización del producto y la importancia de su seguimiento.
- Polioles: si proporciona una ingesta diaria superior a 20 g, se indicará que el producto puede tener un efecto laxante.
- Se recordará la importancia de mantener una adecuada ingestión diaria de líquidos.
- En los alimentos sustitutivos de la dieta completa, se debe indicar que proporciona cantidades adecuadas de todos los nutrientes esenciales para un día, además de la advertencia de que no debe consumirse durante más de tres semanas sin consejo médico.

Tabla 12-3. Composición básica de los alimentos para dietas de escaso valor energético

	Sustitutivos de una dieta completa	Sustitutivos de una comida
Energía	800-1200 kcal (3360-5040 kJ)	20-400 kcal (840-1680 kJ)
Proteínas ^(a)	25-50 % VET ^(b) < 125 g	25-50 % VET < 125 g
Grasas Ácido linoleico	< 30 % VET > 4,5 g	< 30 % VET > 1 g
Fibra	10-30 g/día	—
Vitaminas y minerales	Como mínimo el 100 % de las especificaciones de la Tabla 4	Como mínimo el 30 % de las especificaciones de la Tabla 4
Potasio		> 500 mg/comida

Fuente: Directiva 96/8/CEE de 26 de febrero de 1996 sobre los elementos destinados a ser utilizados en dietas de escaso valor energético para reducción de peso. (DOCE núm. L 55 de 6 de marzo, pág. 22).

^(a) Los datos que aparecen corresponden a proteínas cuyo índice químico es igual al de la proteína de referencia de la FAO/OMS (1985). Si el índice químico es menor al 100 % del de la proteína de referencia, los niveles mínimos de proteínas deberán aumentarse. En cualquier caso, el índice químico de la proteína será, por lo menos, igual al 80 % de la proteína de referencia.

^(b) VET: valor energético total.

- En los alimentos sustitutivos de una comida, se debe señalar que van destinados únicamente a formar parte de una dieta de escaso valor energético, y que esta dieta exige el consumo de otros alimentos.

En cuanto a su publicidad y presentación, no se hará ninguna referencia al ritmo y a la magnitud de la pérdida de peso que puede conllevar su consumo, ni a la disminución de la sensación de hambre, ni al aumento de la saciedad.

Entre los alimentos de este tipo que pueden encontrarse en el mercado destacan los alimentos en polvo (para preparar cremas, mousses), batidos, consomés, barritas de chocolate, sandwiches y galletas.

Estos alimentos están compuestos básicamente por proteínas y generalmente se enriquecen con vitaminas, minerales o ambos.

En este apartado, hay que hacer mención especial a los llamados «**productos light**». En la actualidad están apareciendo en el mercado numerosos alimentos con el calificativo de *light*, «ligeros» o «aligerados». Este tipo de productos **no se incluyen** dentro de los productos destinados a una alimentación especial recogidos en la legislación. No existen especificaciones legales respecto a ellos, aunque según el Acuerdo elaborado por expertos de la Comisión Interministerial de Ordenación Alimentaria (CIOA), los requisitos que deberían cumplirse para calificar un alimento como *light* son los siguientes:

- que existan productos de referencia en el mercado
- que la reducción del valor energético sea como mínimo del 30 % respecto al producto de referencia

Tabla 12-4. Composición de vitaminas y minerales de los alimentos para dietas de bajo valor energético

Vitaminas	Cantidad	Minerales	Cantidad
Vitamina A	700 μg RE	Calcio	700 mg
Vitamina D	5 μg	Fósforo	550 mg
Vitamina E	10 mg TE	Potasio	3100 mg
Vitamina C	45 mg	Hierro	16 mg
Tiamina	1.1 mg	Cinc	9.5 mg
Riboflavina	1.6 mg	Cobre	1.1 mg
Niacina	18 mg NE	Yodo	130 μg
Vitamina B ₆	1.5 mg	Selenio	55 μg
Folato	200 μg	Sodio	575 mg
Vitamina B ₁₂	1.4 μg	Magnesio	150 mg
Biotina	15 μg	Manganeso	1 mg
Ácido pantoténico	3 mg		

Fuente: Directiva 96/8/CEE de 26 de febrero de 1996 sobre los elementos destinados a ser utilizados en dietas de escaso valor energético para reducción de peso. (DOCE núm. L 55 de 6 de marzo. pág. 22).

- que en el etiquetado, además de mencionar el porcentaje de reducción, aparezca su valor energético y el del producto de referencia (por 100 g ó 100 mL), incluyendo, si se desea, el valor energético por porción. No deberían someterse a publicidad engañosa ni emplear el calificativo de «*adelgazante*» o «*de régimen*».

Entre los numerosos productos *light* que pueden encontrarse hoy en día en el mercado destacan los siguientes: leche y derivados lácteos, jamón york, paté, mahonesas, cacao en polvo, refrescos, mermeladas, néctares, etc. No obstante, hay que señalar que no todos los productos que se encuentran disponibles en el mercado, cumplen las especificaciones arriba señaladas.

Una gran parte de estos productos se elaboran utilizando como ingredientes grasas hidrogenadas o sustitutivos de materia grasa que, aunque se explican detalladamente en el capítulo dedicado a las grasas, conviene mencionar.

La reducción en el aporte de calorías de estos productos se realiza disminuyendo la cantidad de hidratos de carbono o de grasas, o empleando sustitutivos de la grasa.

También durante los últimos años han cobrado protagonismo diversas cápsulas denominadas «**cápsulas adelgazantes**» a las que se atribuyen propiedades adelgazantes. Dichas cápsulas **no están autorizadas** por el Ministerio de Sanidad y no suelen llevar etiquetado ni prospecto, por lo que **no cumplen con la legislación vigente**, y obviamente no se consideran productos dietéticos. Los análisis realizados revelan que están compuestas principalmente por anorexígenos, tranquilizantes, laxantes, diuréticos, digestivos, extractos tiroideos, etc. (Rivero, 1994).

ALIMENTOS CON REDUCIDO CONTENIDO EN SODIO

La legislación señala que para que un alimento sea considerado de «*reducido contenido en sodio*» debe contener como máximo 120 mg de sodio/ 100 g de producto

terminado, y para que sea considerado «*muy pobre en sodio*», debe tener un máximo de 40 mg de sodio/100 g de producto terminado.

Existen productos en el mercado, como pan y biscotes, jamón de york, caldos vegetales deshidratados, mantequilla, etc., en cuyo proceso tradicional de elaboración se utiliza como ingrediente la sal. En la actualidad, se puede prescindir de su adición o se utiliza en menor cantidad para conseguir alimentos con bajo contenido en sodio, lo que puede resultar ventajoso para algunas personas.

Existen también en el mercado distintos tipos de **sal** para su uso como condimento:

- Sal común (cloruro sódico) con un 50 % menos de sodio (la cantidad normal es 390 mg de sodio/g de sal).
- Sal a base de cloruro potásico (exenta de sodio) sustituto de la sal de mesa corriente que se asemeja bastante a la sal común por su aspecto y sabor. Debe incorporarse al plato en el momento de comer, porque si se cocina con ella se vuelve amarga.

ALIMENTOS DESTINADOS A PERSONAS DIABÉTICAS

La composición de los alimentos destinados a diabéticos deben cumplir las siguientes especificaciones legales:

Limitación del contenido de glúcidos

- Pan, pastas, bollería y otros productos farináceos: deben tener una reducción del 23 % como mínimo, expresado en sustancia seca, en comparación con los alimentos de referencia.
- Mermeladas, dulces, compotas, jaleas, zumos, néctares y otras conservas de frutas: deben contener menos de un 8 % de azúcares naturales y de los artificiales permitidos.
- Otros alimentos: deben tener, como mínimo, un 50 % menos de glúcidos, expresado en materia seca, en comparación con los alimentos de referencia.

Adición de azúcares y edulcorantes

- No se permite la adición de glucosa, azúcar invertido, sacarosa ni otros disacáridos, ni de hidrolizados de almidón («jarabes de glucosa»).
- Se permite la adición de los siguientes edulcorantes **naturales**: fructosa, sorbitol, manitol y xilitol. La fructosa, también conocida como azúcar de las frutas, tiene un valor de dulzor casi el doble de la sacarosa. La respuesta glucémica que provoca es menor que la de la sacarosa, ya que no requiere insulina en los primeros pasos de su metabolismo; sin embargo, el hígado es capaz de convertir la fructosa en glucosa. El sorbitol, manitol y xilitol son azúcares alcoholes de la sacarosa, manosa y xilosa, respectivamente, que se absorben más lenta-

mente en el tubo digestivo, por lo que no producen elevaciones bruscas de la glucemia. En grandes cantidades pueden producir efecto laxante. Su valor calórico es significativamente inferior al de los azúcares.

- Se permite la adición de los siguientes edulcorantes *artificiales*: sacarina, ciclamato (y sus sales sódicas, potásicas y cálcicas) y aspartame. En todos aquellos productos que contengan aspartame se debe indicar que constituyen una fuente de fenilalanina.

Contenido en grasas

La energía procedente de las grasas no debe sobrepasar al valor del alimento de referencia. En aquellos alimentos en los que sólo se haya establecido el límite de grasa mínimo, el producto correspondiente para diabéticos debe contener como máximo un 10 % más que dicho límite.

Entre los alimentos que podemos encontrar en el mercado destinados a personas diabéticas, se encuentran: chocolates, cacao en polvo, crema de cacao, bombones, mazapanes, dulce de membrillo, flanes, melocotón en almíbar, turrone, galletas, néctares, caramelos, chicles y otros.

La mayor parte de los productos para diabéticos no presentan una disminución importante del valor calórico respecto a los alimentos de referencia. La principal diferencia de composición suele ser el contenido en hidratos de carbono, sobre todo los porcentajes de fructosa y sorbitol. Su coste puede llegar a ser hasta cuatro veces más que sus equivalentes (Thomas, 1992).

Es preciso señalar también que el consumo de fructosa debe ser moderado, ya que se trata de un edulcorante nutritivo. No está aconsejado en diabéticos mal controlados, ni en aquellos que presenten sobrepeso.

COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS

Este grupo engloba aquellos productos alimenticios que han sido tradicionalmente considerados como específicos para regímenes dietéticos.

- **Levadura de cerveza.** Está constituida por células autolisadas. La autólisis consiste en situar la levadura en condiciones tales que realice, por ella misma y con ayuda de sus propias enzimas, la digestión de sus componentes celulares. De este modo se consigue un fraccionamiento de sus proteínas que da lugar a elementos más simples: aminoácidos y péptidos. El producto final es una sustancia predigerida y de fácil asimilación, rica en aminoácidos esenciales (triptófano, metionina e histidina), vitaminas (complejo B) y minerales (fósforo y azufre). Se puede encontrar en forma de polvo, copos o comprimidos, entre otras posibles presentaciones. Se destina a personas que llevan a cabo una actividad física o intelectual muy intensa.
- **Germen y aceite de germen trigo.** *El germen* es la parte del grano de trigo con mayor proporción de proteínas, grasas, vitaminas y sales minerales. No se toma

- con la harina porque se desecha en su elaboración, perdiéndose así parte de las propiedades nutritivas del grano de trigo. Uno de sus componentes principales es *el aceite*, cuyo proceso de obtención permite conservar una alta concentración de las sustancias liposolubles del germen de trigo. Destaca fundamentalmente la vitamina E de entre otras sustancias como carotenoides y fosfolípidos, aporta ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico que se encuentra en una alta proporción. Se comercializa en forma de perlas o como aceite fluido. Se le han atribuido posibles efectos antioxidantes, que pueden prevenir la aparición de trastornos cardiovasculares, musculares o nerviosos.
- **Polen.** Es el producto secretado por los órganos masculinos de las plantas. Su valor calórico aproximado es de 377 kcal/100 g y contiene un 61 % de hidratos de carbono, 16 % de proteínas y 6 % de lípidos. El polen es rico en aminoácidos esenciales, ácidos grasos, vitaminas, sales minerales y componentes todavía no identificados. En el mercado se presenta en cápsulas, en polvo o granulado. Tradicionalmente, se ha considerado que el polen tiende a tonificar y mejorar el funcionamiento de los diversos órganos del cuerpo humano, así como a vigorizar la capacidad intelectual, pero no se ha demostrado ninguna de las variadas propiedades terapéuticas que se le atribuyen.
 - **Jalea real.** Es una sustancia biológica secretada por las glándulas faríngeas de las abejas obreras jóvenes, destinada a la alimentación de todas las larvas de la colonia. Su consistencia es lechosa, con un olor picante y un sabor amargo. Su composición es muy variable, pero como promedio suele tener: 60-70 % de agua, 14-20 % de proteínas (ricas en aminoácidos esenciales), 10-14 % de hidratos de carbono y 2-6 % de lípidos. Entre los micronutrientes destaca calcio, potasio, hierro, silicio, cobre, vitaminas del complejo B (riboflavina, ácido pantoténico, niacina) y vitamina C. También se ha detectado la presencia de otras sustancias, como el ácido graso 10- hidroxidecenoico, con propiedades antibacterianas y antifúngicas que favorecen su conservación, así como la acetilcolina y una sustancia hormonal gonadotrópica. Contiene un pequeño porcentaje de sustancias que todavía no han sido identificadas, a las que se suelen atribuir los supuestos efectos beneficiosos de este producto en afecciones como la anemia, la depresión, la diabetes, úlceras, etc., aunque únicamente se ha demostrado su efecto estimulante (Bender, 1987). Tradicionalmente, se ha venido recomendando para épocas de crecimiento durante la infancia, para personas de edad avanzada, como reconstituyente en casos de inapetencia, en situaciones de sobreesfuerzos físicos e intelectuales, etc. En el mercado se puede encontrar liofilizada o en ampollas, y suele unirse con otros productos como el ginseng y suplementos vitamínico-minerales.
 - **Preparaciones enzimáticas.** Son productos elaborados con fermentos digestivos y ciertos lactobacilos, para corregir determinadas insuficiencias enzimáticas. En algunas situaciones temporales, por ejemplo durante el embarazo, algunas mujeres son incapaces de digerir la lactosa de la leche, salvo que la tomen en pequeñas cantidades. Para ello existen unas preparaciones enzimáticas comerciales que pueden añadirse a la leche líquida a fin de realizar esa digestión *in situ* y poder tolerar la ingesta de esa leche. Otras veces basta con ingerirlas con agua después de las comidas. En el mercado se pueden encontrar en forma de polvo, entre otras.

- **Autolisado de pescado.** Producto resultante de la digestión de tejidos de pescado por sus propias enzimas, de manera que se obtiene una predegradación de las proteínas en polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos. La fracción proteica constituye alrededor de un 80 % del peso total. Por otra parte, es un producto rico en ácidos grasos poliinsaturados, muchos de ellos esenciales para el organismo. Es también una buena fuente de vitamina E y aporta cantidades apreciables de selenio (potente antioxidante). Por último, también aporta vitaminas (A, E y del complejo B) y sales minerales.
- **Lecitina de soja.** La lecitina es un lípido que forma parte de todas las células y se encuentra de forma natural en los huevos, aceites, frutos secos y semillas de soja. Por sus propiedades emulgentes se utiliza en la elaboración industrial de mahonesas, chocolate y helados. La lecitina procedente de las semillas de soja (planta leguminosa de la familia de las papilionáceas), es un complejo de fosfolípidos naturales que tiene en su composición ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. Se le han atribuido efectos beneficiosos en el metabolismo lipídico, por su supuesta capacidad de quemar grasas, aunque no ha podido demostrarse científicamente (Bender, 1987).
- **Aceites y grasas con alto contenido en ácidos grasos esenciales.** Productos a base de aceites de semillas de diversas plantas, obtenidos mediante un proceso de extracción en frío, para que no se altere la calidad de su contenido. En general, vienen siendo indicados en situaciones de estrés, actividades físicas intensas y disfunciones hepáticas, entre otras. De entre los aceites destacan los siguientes:
 - *Aceite de borraja.* Aceite vegetal líquido que se extrae de la semilla de la planta de las borragináceas. Contiene un ácido graso poliinsaturado denominado «*γ*-linolénico», que es muy escaso en el reino vegetal. En cambio, el organismo es capaz de sintetizarlo a partir de un ácido graso esencial (ácido linoleico).
 - *Concentrado de aceites de pescado y gelatina:* Es un concentrado de lípidos marinos, en el que un 30 % está formado por los ácidos grasos de la serie omega-3 eicosapentanoico (18 %) y docosahexanoico (12 %), los cuales son precursores inmediatos de las prostaglandinas de la serie omega 3.
 - *Aceite de pepita de uva.* Se obtiene de las semillas de la uva. Esta semilla contiene entre el 6 % y el 20 % de aceite, frecuentemente un 14 %. Tiene un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linoleico. Es un aceite con gran facilidad de alteración, y por eso se recomienda consumirlo en crudo.

ALIMENTOS NO REFINADOS Y PRODUCTOS A BASE DE FIBRA

Los alimentos no refinados se diferencian de los alimentos de referencia por su especial proceso de elaboración, en el que no se eliminan las capas exteriores del grano, que son las que contienen la fibra y los micronutrientes.

Debido a los efectos beneficiosos de la fibra, estos alimentos pueden ser útiles para personas que padezcan estreñimiento, obesidad, diabetes, hipercolesterolemias, etc.

Harina integral de trigo y derivados

La *harina integral* de trigo se obtiene de la molienda del grano completo, de modo que, por no haber sido eliminadas las partes externas del grano como ocurre con las harinas refinadas, tiene mayor contenido de sales minerales, vitaminas y fibra alimentaria.

Las *pastas integrales* (fideos, macarrones, espaguetis, etc.) se elaboran con harina de trigo integral; por ello, su color es parduzco y su tiempo de cocción ligeramente superior al de las pastas refinadas.

Las *galletas integrales* están elaboradas principalmente con harina de trigo integral, y pueden llevar como ingredientes adicionales salvado y germen de trigo, copos de trigo, avena y cebada, además de otros no farináceos.

También se pueden encontrar en el mercado *panes y biscotes integrales* elaborados bien a base de harina integral de trigo, o bien a base de harina integral de soja, como es el caso del pan de centeno.

Salvado de trigo. Es el producto de la cáscara del grano de trigo, separado del grano durante la elaboración de la harina. Está compuesto fundamentalmente por hidratos de carbono (hemicelulosa, celulosa, almidón, azúcares y lignina), proteínas y grasa. Contiene tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico, colina, inositol y vitamina E. Los minerales más abundantes son el hierro y el cinc. Se puede comercializar en forma de comprimidos, polvo, envasado en bolsas, estuches o jarabe; también se emplea mucho como ingrediente en la elaboración de otros alimentos integrales.

Mueslis. Son preparados a base de cereales integrales (avena, centeno, trigo), frutas (pasas, manzana, albaricoque, plátano), frutos secos y azúcar moreno. Estos productos contienen cantidades significativas de fibra, procedente de los granos de cereales, vitaminas (especialmente del complejo B) y minerales, procedentes del salvado y de los frutos secos.

Arroz integral. Producto natural, obtenido por descascarillado mecánico del arroz de cáscara corriente, planta de la familia de las gramíneas, pero sin ser sometido al pulido necesario para eliminar la cutícula oscura que existe bajo la cascarilla de paja que la envuelve. Es en esta cutícula donde se encuentran todas las vitaminas (especialmente las del grupo B) y minerales, pero, para alcanzar mayor aceptación comercial, se elimina completamente por pulido y así se obtiene el arroz blanco tradicional.

Azúcar moreno. Se obtiene por cristalización del jarabe de caña. Contiene minerales y principios activos procedentes de la caña de azúcar, que no se alteran en el proceso de concentración y que suelen ser eliminados durante la clarificación y blanqueo de azúcar.

Complejos de fibra. Existen también en el mercado productos que suelen contener mezclas de diferentes fibras solubles e insolubles (goma guar, celulosa, pectina,

glucomanano, goma arábica, agar-agar, mucílagos y otras) y que se presentan en forma de cápsulas, comprimidos o en polvo. Se aconseja tomar estos preparados con abundante agua.

PRODUCTOS PARA NUTRICIÓN ARTIFICIAL

Estos productos tienen implicaciones clínicas y farmacéuticas, más que bromatológicas, por lo que sólo se hará un resumen de sus características. Según criterios de la Sección Española de la AEDA, esta denominación engloba los productos para alimentación enteral y parenteral, que componen la denominada nutrición artificial. Este tipo de alimentación se utiliza en aquellas personas que presentan situaciones de incapacidad para:

- ingerir alimentos por vía oral
- digerir alimentos
- absorber nutrientes
- cubrir la totalidad de las necesidades nutricionales mediante alimentos.

Los productos para nutrición artificial se complementan con vitaminas y minerales.

Productos de nutrición enteral

Los productos de nutrición enteral se administran por vía digestiva mediante sondas que pueden dirigirse a distintos puntos del tubo digestivo.

Existen distintos tipos de fórmulas enterales:

- **Poliméricas:** compuestas por proteína intacta, oligosacáridos, dextrinomaltoza o polisacáridos y triglicéridos de cadena larga. Se presentan en forma de líquido y son las de uso más frecuente. Pueden ser hiperproteicas, hipercalóricas y enriquecidas con fibra.
- **Peptídicas:** compuestas por oligopéptidos, hidrolizados de almidón u oligosacáridos, y triglicéridos de cadena media. Pueden ser hiperproteicas o elementales (con aminoácidos libres).
- **Especiales:** adaptadas a afecciones concretas, como traumatismos, alteraciones hepáticas, renales, pulmonares, etc.; también existen fórmulas modulares que pueden prepararse con la proporción de proteínas, hidratos de carbono y lípidos que se desee.

Productos de nutrición parenteral

Dichos productos se destinan a personas cuyo tracto gastrointestinal no es funcional, y se administran por vía venosa. Están compuestos por glucosa, emulsiones de aceite de soja con fosfolípidos de yema de huevo y glicerol y L-aminoácidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, R., Gallego, M. C., Bentabol, A. y Jodral, M. (1995). «Present regulation on infant and follow-on formula». *Revista de Sanidad e Higiene Pública*. 61 (1), 39-48.
- Astiasarán, I. (1997). «Normas legislativas y recomendadas sobre Productos Alimenticios Infantiles». Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra. En: *Nutrición en la Infancia y la Adolescencia*. Eurograf, Navarra.
- Bender, A. (1987). *Salud y Fraude*. Labor, Barcelona.
- Catálogo de productos de Soria Natural, S. A. (1998). Soria.
- Cervera, P., Clapés, J. y Rigolfas, R. (1993). *Alimentación y Dietoterapia*. Interamericana/McGraw-Hill. 2.ª edición, Madrid.
- Chevallier, B. (1997). *Nutrición Infantil*. Ed. Masson, Barcelona.
- Comité de Nutrición de la ESPGAN. (1977). «I Pautas sobre Nutrición infantil: Recomendaciones para la composición de una fórmula adaptada». *Acta Pediátrica Scandinavica*. Suplemento 262. Estocolmo.
- Comité de Nutrición de la ESPGAN. (1981). «II Pautas sobre Nutrición infantil: Recomendaciones para la composición de leche de continuación y Beikost». Suplemento 287. Estocolmo.
- Comité de Nutrición de la ESPGAN. (1990). «IV Pautas sobre Nutrición infantil: Comentarios sobre la composición de fórmulas infantiles de iniciación de continuación a base de proteínas de soja». Vol. 79 (1001-1005).
- Cursos a Distancia de Nutrición. Universidad de Navarra. (1998). *Manual práctico de dietética en la Diabetes*. Eurograf, Navarra.
- Departamento Técnico Casa Santiveri. (1996). *El libro verde de Dietética y Salud*. Casa Santiveri, Barcelona.
- Dirección General de Prevención y Promoción de la Salud. Consejería de Sanidad y Servicios Sociales. Comunidad de Madrid.
- Directiva 89/398/CEE, de 30 de junio de 1989 sobre productos alimenticios destinados a una alimentación especial. (DOCE núm. L186, de 30 de junio de 1989, pág. 27).
- Directiva 91/321/CEE DE LA COMISIÓN, de 14 de mayo de 1991 relativa a los preparados para lactantes y preparados de continuación. (DOCE núm. L 175 de 4 de julio, pág. 35).
- Directiva 96/5/CEE DE LA COMISIÓN, de 16 de febrero de 1996 relativa a los alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad. (DOCE núm. L 49 de 28 de febrero, pág. 17).
- Directiva 96/8/CEE DE LA COMISION, de 26 de febrero de 1996 relativa a los alimentos destinados a ser utilizados en dietas de bajo valor energético para reducción de peso. (DOCE núm. L 55 de 6 de marzo, pág. 22)
- Hernández, M. (1993). *Alimentación Infantil*. Ed. Díaz de Santos. Madrid.
- Kanter, M. M. y William M. H. (1995). «Antioxidants, carnitine, and choline as putative ergogenic aids». Gatorade Sports Science Institute. *Int-J-Sport-Nutr*. 5 Suppl: S120-31.
- Lawson, K. D., Middleton, S. J. y Hassall C. D. (1992). «Olestra, a nonabsorbed, noncaloric replacement for dietary fat: a review». *Drug Metabolism Reviews*. 29 (3), 651-703.
- López Alegret P. (1997). «Sustitutos de materia grasa». *Revista alimentaria*. 281, 119-121.
- Manual de productos dietéticos y terapias naturales. Novartis Nutrition S.A. Barcelona.
- Nestlé España S. A. (1998). *Vademecum de Alimentos infantiles*. Barcelona.
- Olivera, J. E. (1997). «Fórmulas infantiles». Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra. En: *Nutrición en la Infancia y Adolescencia*. Eurograf, Navarra.
- Reglamentación Técnico-Sanitaria sobre preparados alimenticios para regímenes dietéticos y/o especiales. (VI © RD 1408/ 1992, de 20 de noviembre. BOE núm. 11, de 13 de enero de 1993).
- Reglamentación Técnico-Sanitaria específica de los preparados para lactantes y preparados de continuación. (© RD 1768/ 1993, de 8 de octubre. BOE núm. 266, de 6 de noviembre de 1993).
- Rivero, M. (1994). «Productos dietéticos de venta en oficinas de farmacia». Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra. En: *Medicamentos y Nutrición en Terapéutica*. Eurograf, Navarra.
- Thomas B. J. (1992). «British Diabetic Association's discussion paper on the role of "diabetic" foods». Nutrition Subcommittee of the British Diabetic Association's Professional Advisory Committee. *Diabetic Medicine*. 9 (3), 300-6.

Vademecum de alimentos naturales. Productos dietéticos S. A. Barcelona.

Varela G., Núñez C., Moreiras O. y Grande Covián F. «Dietas mágicas». *Documentos Técnicos de Salud Pública*. N° 42.

William, M.H. (1995). «Nutritional ergogenics in athletics». Human Performance Laboratory, Old Dominion University. *J-Sports-Sci*. 13, S63-74.

13

BEBIDAS: AGUA, BEBIDAS ALCOHÓLICAS Y BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

(M.^a José Zapelena Iñiguez)

INTRODUCCIÓN

Las bebidas son un grupo diverso de productos, en gran parte preparados artificialmente, donde predomina total o fundamentalmente el agua. Pueden consumirse frías o calientes, y pueden estar carbonatadas o no. Abarcan desde la bebida más inocua y esencial, el agua, hasta el más fuerte de los aguardientes. Su necesidad corresponde a un factor fisiológico: compensar las pérdidas de líquidos de nuestro organismo.

La cantidad de agua que hay en el cuerpo en un momento determinado depende del equilibrio entre su ingestión y su excreción. El regulador primario de la ingestión de agua es la sed, que se define como el deseo consciente de agua. Esta sensación es la principal causa de la ingestión de líquidos en forma de bebidas. A este respecto, conviene recordar que las necesidades hídricas no son cubiertas únicamente por las bebidas, sino también por el agua presente en los alimentos y por la producida durante las reacciones químicas de transformación de los mismos.

El consumo de bebidas puede estar muy alejado de la función biológica básica de saciar la sed. Al igual que otros alimentos, las bebidas tienen un valor hedónico (procurar placer), y se pueden consumir cantidades que exceden con mucho las que serían necesarias para mantener la hidratación corporal. Su consumo tiene también un aspecto social. En los países de tradición cristiana, así como en otros países, compartir el vino es un ritual que se lleva a cabo en todas las fiestas. Además, ciertas bebidas se utilizan para favorecer el rendimiento atlético (bebidas deportivas).

Una forma sencilla de clasificar la multitud de bebidas que existen actualmente en el mercado se basa en la presencia o no de alcohol en su composición. El Código Alimentario Español (CAE) recoge en tres capítulos todos estos productos:

- a) El agua, junto con el hielo, queda recogida en dos apartados del capítulo XXVII:
 - a.1) Aguas de consumo.
 - a.2) Aguas minerales y de mesa.

- b) El capítulo XXIX está dedicado a las bebidas no alcohólicas, dentro de las cuales se incluyen:
 - b.1) Aguas gaseadas.
 - b.2) Gaseosas.
 - b.3) Bebidas de zumos de frutas.
 - b.4) Bebidas de extractos.
 - b.5) Bebidas de frutas, de tubérculos y de semillas disgregados.
 - b.6) Bebidas aromatizadas.
- c) Por último, las bebidas alcohólicas quedan incluidas en el capítulo XXX:
 - c.1) Productos de la vinificación: mosto, mistelas, vinos, vinos aromatizados, productos derivados.
 - c.2) Alcoholes: aguardientes simples, alcoholes destilados, alcoholes rectificados.
 - c.3) Bebidas espirituosas: aguardientes compuestos, licores, anís.
 - c.4) Sidras.
 - c.5) Cervezas.
 - c.6) Bebidas derivadas del vino.

AGUA

El agua es un elemento vital que se usa como parte integrante de la dieta. Contiene, en cantidades variables, sustancias minerales (Ca, Mg, Na, Fe, F, I); así pues, el agua de bebida contribuye al aporte de elementos minerales útiles. Desde el punto de vista bromatológico, tiene un doble aspecto: se utiliza abundantemente en la industria alimentaria y es consumida como bebida.

El agua destinada al consumo humano ha de reunir ciertos requisitos, tanto en su composición química como en su estado higiénico, tal y como ocurre con otros alimentos. El agua pura es únicamente una especie química. Podemos encontrar dos tipos principales de aguas: agua no envasada (agua natural o agua del grifo) y aguas envasadas.

Agua potable no envasada

Las aguas naturales son soluciones acuosas, más o menos concentradas, de sustancias minerales y orgánicas, obtenidas del contacto con la atmósfera y con el hielo. Su composición química, así como su contaminación microbiana, es muy variable. Según su origen se pueden diferenciar tres tipos:

- a) *Aguas meteóricas*: lluvia, rocío, nieve fundida.
- b) *Aguas superficiales*: ríos, lagos.
- c) *Aguas profundas*: de manantiales, pozos.

Composición química y aspectos nutritivos

El agua no constituye una fuente de energía, por lo que no engorda. Su importancia nutricional radica en su contenido en elementos minerales, además de reponer las pér-

didadas de líquidos del organismo. Durante el ejercicio físico, en ambientes con temperaturas elevadas, en estados febriles y estados diarreicos, su ingestión debe incrementarse.

En situaciones normales, la ingestión excesiva de agua no se acumula, sino que se elimina por el sudor o por la orina. Sin embargo, cuando la ingestión de sal es excesiva, aumenta la retención de agua, con lo que se incrementa el volumen sanguíneo y, por tanto, la presión arterial.

En cuanto al contenido en elementos minerales, el origen del agua nos puede dar una idea acerca de su composición química: las *aguas meteóricas* sólo llevan disueltas las sustancias químicas que están en el aire; por lo que suelen ser de baja salinidad y, sin embargo, ricas en gases (oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, óxido de nitrógeno). Pueden llevar carga microbiana si arrastran microorganismos presentes en la atmósfera, pero su contenido en materia orgánica, amoníaco, ácido nítrico y nitroso es bajo.

Su composición varía según el lugar de recogida: es más pura cuanto más elevada sea la capa de la atmósfera en la que se obtiene; la que se recoge en zonas industriales será rica en residuos contaminantes (vapores nitrosos, sulfurosos). No son seguras para el consumo humano.

Las *aguas superficiales* abastecen a la población. Su calidad bromatológica depende de su composición química, que está en función de la composición del suelo de la cuenca fluvial. La salinidad depende del terreno con el que el agua toma contacto, y puede variar según la estación del año. Muchas de las aguas de los ríos son aguas blandas (bajo contenido en calcio y magnesio) ya que los bicarbonatos alcalinotérreos (de Ca y Mg) se suelen descomponer y precipitar. Por otra parte, también pueden presentar un alto contenido en materia orgánica y residuos contaminantes debidos a vertidos industriales y aguas de riego.

Las *aguas profundas* son las más empleadas, ya que son las que mejor responden a las exigencias del mercado. Son aguas de fuentes que proceden de un manto acuífero que aflora a la superficie por una fisura del terreno. Tienen alta salinidad y escaso contenido de materia orgánica y microorganismos, ya que el terreno filtra el agua. Son numerosos los elementos minerales que llevan disueltos:

a) Elementos muy abundantes y siempre presentes:

Na, K, Ca, Mg, Al, Fe (metales)
C, N, O, Si, Cl, S (no metales)

b) Elementos escasos o posibles: todos los demás.

El contenido mineral varía en función de la profundidad del pozo: capa freática (superficial) o capa más profunda (pozos artesianos). Su potabilidad depende del terreno circundante y de las paredes del pozo. Por ello, es importante conocer la inclinación de los estratos para prever posibles contaminaciones de aguas superficiales, sobre todo en terrenos en los que se da explotación agrícola.

Aspectos sanitarios y toxicológicos

Muchas veces, el agua de que disponemos en la naturaleza no es directamente utilizable para el consumo humano, ya que no tiene la pureza suficiente. En su circulación por el subsuelo o por la superficie terrestre, el agua se contamina y se carga de materias en suspensión o en solución: partículas de arcilla, residuos de vegetación, organismos vivos

(plancton, bacterias, virus), sales y minerales diversos (nitratos, cloruros, sulfatos, carbonato de sodio, de calcio, hierro, manganeso, plomo, cinc, aluminio), materias orgánicas (ácidos húmicos, disolventes clorados, residuos de fabricación, plaguicidas) y gases.

La presencia de estas impurezas impone el tratamiento de las aguas antes de su utilización, con el fin de hacerlas aptas para la aplicación a la que se destinan, o después de su uso, para evitar daños a nuestro medio ambiente. Todo esto requiere, naturalmente, una gestión perfecta. El agua, considerada a menudo como un símbolo de pureza, se ha convertido progresivamente en el producto alimentario más controlado, lo que hace que se encuentre sometida a las más estrictas normas de calidad y, en consecuencia, que se amplíe considerablemente el nivel técnico necesario para la producción de agua potable.

Aspectos legislativos

El agua potable debe ser fresca, incolora, inodora e insípida, libre de gérmenes patógenos, no debe provocar corrosión y debe tener un contenido de compuestos solubles comprendido entre ciertos límites (en el caso de sales minerales, menor de 1 g/L). En cada país la legislación establece los criterios que definen la calidad del agua potable, especialmente los valores límite para la carga microbiana y de contaminantes.

La legislación establece las características que debe cumplir el agua para ser destinada a la bebida y a la preparación o manipulación de alimentos. No sólo atiende al origen, sino que también observa cualidades físicas, químicas y microbiológicas. Existe una reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público (Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre). Esta reglamentación tiene por objeto definir a efectos legales lo que se entiende por aguas potables de consumo público y fijar, con carácter obligatorio, las normas técnico-sanitarias para la captación, tratamiento, distribución y control de calidad de estas aguas. Para poder ser bebidas o usadas en la elaboración de alimentos, el CAE establece unos requisitos para que puedan ser consideradas como tolerables. Atendiendo a estos valores el agua se clasifica como potable, sanitariamente tolerable y no potable, conceptos que el CAE define del siguiente modo:

- a) *Agua potable*: el agua cuyas condiciones físicas y químicas y cuyos caracteres microbiológicos no sobrepasan ninguno de los límites establecidos como máximos o «tolerables».
- b) *Sanitariamente tolerable*: el agua que cumple los niveles guía y que analíticamente pueda ser incluida en uno de los dos grupos siguientes:
 - b.1) Aquella en la que algunos de sus caracteres físicos y químicos sobrepasen los límites máximos o tolerables, «siempre que no sean productos tóxicos o radiactivos ni los que den agresividad al agua, ni tampoco los que indiquen una contaminación fecal posible».
 - b.2) Aquella que, siendo físicamente y químicamente tolerable, «contiene coliformes o estreptococos fecales o clostridios sulfitorreductores en las siembras efectuadas con un volumen de 10 mL del agua problema», pero en ausencia de *E. coli*, debidamente comprobado.
- c) *No potable*: el agua cuyas condiciones físicas y químicas y/o cuyos caracteres microbiológicos o de radiactividad impiden su inclusión en alguna de las clases anteriores.

En regiones poco pobladas el agua de las fuentes y arroyos puede consumirse sin ningún tratamiento. Pero habitualmente, el agua no se ajusta a los requerimientos legales y debe depurarse a fondo. Las aguas de río experimentan tratamientos muy determinados para destruir los microorganismos perjudiciales y eliminar los contaminantes. Estos provienen, según los casos, de las actividades agrícolas (abonos, pesticidas) o de las actividades industriales y urbanas.

Generalmente, para depurar el agua hay que combinar varios tratamientos elementales cuyas bases pueden ser físicas (técnicas separadoras), químicas (oxidación, desinfección) o biológicas. Su efecto es eliminar las materias en suspensión, luego las sustancias coloidales y, por fin, ciertas materias (minerales u orgánicas) disueltas. La utilización de nitratos y plaguicidas en las tierras de cultivo ha provocado un aumento significativo de los mismos en nuestras aguas, por lo que ha habido que desarrollar métodos más específicos para su eliminación.

Aguas potables envasadas

Las aguas envasadas proceden de fuentes protegidas frente a la contaminación, higiénicamente irreprochables. Debido a su contenido en sales minerales, tienen acciones fisiológico-nutritivas. En muchos países, su obtención y composición está controlada por el Estado y se autorizan sólo algunos procesos para mejorar su calidad: la separación de compuestos de hierro y azufre, la eliminación total o parcial del ácido carbónico libre o la mezcla con dióxido de carbono.

El agua mineral se embotella directamente en la fuente, pero existen valores límite en lo que a posibles contaminantes y contenido en metales pesados se refiere. Se pueden distinguir tres principales grupos de aguas minerales:

- a) *Agua mineral natural*. Agua bacteriológicamente sana, pura y de origen subterráneo que brota de un manantial en uno o varios puntos, naturales o perforados. Es la más interesante, porque pueden atribuírsele ciertos efectos beneficiosos para la salud, especialmente en relación con su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes. A partir de unos contenidos mínimos exigidos, de los que se informa en el etiquetado, coexisten en el mercado gran variedad de aguas: bicarbonatadas, magnésicas, cálcicas, fluoradas; las hay incluso indicadas para dietas hiposódicas, con efectos laxantes, diuréticos, etc.
- b) *Aguas de manantial*. Son también de origen subterráneo; su única cualidad es la de ser agua potable, pero no presentan las cualidades indicadas para las minerales.
- c) *Aguas potables preparadas*: Pueden tener un origen subterráneo o de superficie, pero han tenido que ser tratadas para llegar a ser potables, lo que no está permitido en el caso de los dos tipos anteriores.

Composición química y aspectos nutritivos

Las aguas minerales embotelladas se han consumido desde hace muchos años, bien como una forma segura de agua en áreas donde el agua corriente es de dudosa calidad,

bien por los efectos terapéuticos de los minerales que contienen. Sin embargo, recientemente se ha producido un gran incremento en las ventas de aguas minerales naturales. Este hecho puede obedecer a dos causas: en primer lugar, a la publicidad contraproducente y en muchos casos inoportuna sobre la seguridad del agua corriente y, en segundo lugar, a la consideración de las aguas de manantial y de otras aguas naturales, no sólo como unas bebidas saludables sino como un símbolo, como un estilo de vida sano y sofisticado.

En nuestro país el gusto por lo natural, además del mayor consumo de productos industriales propiciado por el mayor desarrollo, ha hecho que en los últimos años se duplique el consumo de aguas envasadas. Las propiedades terapéuticas observadas en algunas aguas minerales naturales proceden históricamente de los famosos manantiales de Europa, y de la asociación de ciertas aguas con la cura o el alivio de algunas dolencias como las molestias hepáticas. Las propiedades terapéuticas se han asociado habitualmente con el contenido mineral de las aguas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el valor de las aguas minerales en el tratamiento de ciertas enfermedades debe considerarse dudoso, y que, además, la presencia de niveles elevados de sales inorgánicas en algunas aguas hace que éstas no sean aptas para enfermos renales o para la alimentación infantil.

El valor nutricional de estas aguas es muy limitado; sólo en algunos casos pueden aportar cantidades significativas de algunos minerales, como calcio, flúor, yodo, etc., dependiendo, en todo caso, de las características de la capa freática de la que se extrae, de la solubilidad de los minerales y del tiempo de contacto con el agua. Su valor energético es nulo. A continuación se incluye el contenido mineral de aguas minerales de mesa obtenido por diversos autores:

Tabla 13-1. Contenido en minerales de diversas aguas minerales de mesa

Tipo	Mataix y cols. (1993) (mg/L)	Favier y cols. (1995) (mg/L)	Dupin (1997) (mg/L)			Varnam y Sutherland (1994) (mg/L)			
	Agua mineral	Agua débil mineralizada	Volvic	Vichy Célestin	Vichy Saint-Yorre	Buxton Mineral	Valvert Mineral	Glenburn Spring	Perrier Mineral
Sodio	1.1	1	8	1400	1700	24	1.9	7.8	8
Magnesio	1.2	1	6	12	12	19	2	4.6	4
Fósforo	—	ND	—	—	—	—	—	—	—
Potasio	0.3	tr.	5	70	130	1	0.7	0.8	ND
Calcio	8	8	10	67	70	55	67.6	11.2	145
Flúor	—	0	0.2	4.5	7	—	—	—	—
Bicarbonatos	—	—	70	3060	4200	248	204	36.6	400
Aluminio	—	—	—	—	—	0	ND	ND	ND
Cloruros	—	—	7	213	380	42	4	18.4	24
Hierro	—	—	—	—	—	0	ND	ND	ND
Nitratos	—	—	—	—	—	< 0.1	4	< 0.1	17
Sílice	—	—	—	—	—	ND	ND	11.2	ND
Sulfatos	—	—	—	—	—	23	18	4.0	33

ND: No detectado.

Aspectos sanitarios y toxicológicos

Uno de los peligros que pueden entrañar las aguas embotelladas deriva de que las fuentes de agua no se hallan aisladas del entorno. Las aguas contienen sustancias disueltas y arrastradas que adquieren durante la precipitación y el paso a través de la superficie de suelo y de la vegetación. Los materiales en suspensión son retenidos a lo largo de la percolación a través de los diferentes estratos, pero las sustancias disueltas persisten. Las sustancias más relevantes son los productos químicos empleados en la agricultura, entre ellos los plaguicidas y los nitratos. En la mayor parte de los casos, las cuencas de las que se extraen las aguas naturales se localizan en regiones alejadas en las que no se practica una agricultura de tipo intensivo. A pesar de ello, en algunos casos se han hallado niveles de nitratos que se aproximan al máximo permitido para las redes de abastecimiento de agua potable. Este hecho es particularmente preocupante si se tiene en cuenta que el agua embotellada se emplea en la preparación de alimentos infantiles.

La inocuidad del agua embotellada también puede ser afectada por la posibilidad de que las fuentes puedan contaminarse con conocidos agentes patógenos entéricos (*Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Cryptosporidium*) o por virus causantes de diarreas. Además, la microflora autóctona del agua embotellada podría producir enfermedades en niños y en personas con escasas defensas. Para evitar contaminaciones, la cuenca que recoge el agua de una fuente debe situarse lejos de los núcleos de población. En el caso de las aguas embotelladas que no son clasificadas como aguas minerales naturales, se utilizan distintos métodos (filtración, desinfección con UV y carbonatación) para reducir el riesgo de contaminación.

Los grupos con mayor riesgo de padecer infecciones asociadas al consumo de aguas embotelladas son los niños, los ancianos, los enfermos y las personas con inmunodeficiencias. Además, paradójicamente, estos grupos son los que más tienden a consumir aguas embotelladas por su imagen de mayor pureza. Por ello, se recomienda hervir el agua embotellada antes de utilizarla para preparar alimentos infantiles, así como cuando vaya a ser consumida por los otros grupos de riesgo.

Aspectos legislativos

Las etiquetas de las aguas embotelladas contienen la más diversa información, que frecuentemente varía entre países o entre regiones. La Unión Europea ha establecido una completa definición legal de los requisitos que deben cumplir las aguas minerales naturales, que se recogen en la Tabla 13-2.

Las regulaciones comunitarias permiten incluir en el etiquetado algunas indicaciones sobre el contenido mineral con la condición de que se cumplan ciertos requisitos, pero no se puede añadir ninguna observación relacionada con la prevención, el tratamiento o la cura de enfermedades humanas. Los requisitos exigidos para el etiquetado se recogen en la Tabla 13-3.

Las aguas de manantial carecen de definición legal por el momento, pero su etiquetado debe evitar cualquier posibilidad de confusión con el agua mineral natural. Estas aguas están sometidas a la legislación sobre aguas potables.

Tabla 13-2. Requisitos de la Unión Europea para las aguas minerales naturales

El agua mineral natural se distingue claramente de las aguas corrientes porque:
(a) Se caracteriza por su contenido en ciertas sales minerales y sus proporciones relativas, así como por la presencia de oligoelementos y de otros componentes.
(b) Se obtiene directamente de las capas freáticas del subsuelo a través de fuentes naturales o de pozos perforados.
(c) La composición es constante, así como el caudal y temperatura (dejando aparte los ciclos naturales de fluctuación).
(d) Se obtiene en condiciones que garantizan su pureza bacteriológica original.
(e) Se embotella en el mismo lugar de captación con las pertinentes precauciones higiénicas.
(f) No se somete a ningún tratamiento diferente a los reconocidos en estas normas.
(g) Cumple todas las disposiciones establecidas en este estándar.

Tabla 13-3. Requisitos para el etiquetado sobre el contenido mineral

Etiquetado	Componente mineral	Requisito
Bajo contenido mineral	Componentes inorgánicos	Residuo seco no superior a 500 mg/L
Muy bajo contenido mineral	Componentes inorgánicos	Residuo seco no superior a 50 mg/L
Rica en sales minerales	Componentes inorgánicos	Residuo seco superior a 1500 mg/L
Rica en:		
Bicarbonatos	Bicarbonato	Más de 600 mg/L
Calcio	Calcio	Más de 200 mg/L
Cloruro	Cloruro	Más de 200 mg/L
Fluoruro	Fluoruro	Más de 1 mg/L
Hierro	Hierro divalente	Más de 1 mg/L
Magnesio	Magnesio	Más de 50 mg/L
Sodio	Sodio	Más de 200 mg/L
Sulfato	Sulfato	Más de 50 mg/L
Aconsejable para dietas pobres en sodio	Sodio	No más de 20 mg/L
Ácida	Dióxido de carbono libre	Más de 250 mg/L

Su tecnología es sencilla, ya que no se permiten muchos tratamientos; la finalidad esencial, apoyada por la legislación en el caso de las aguas minerales, es la de preservar las características del agua desde el lugar de captación hasta que llega al consumidor.

BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

Se consideran bebidas no alcohólicas o refrescantes aquellas bebidas no fermentadas, carbónicas o no, preparadas con agua potable o mineral, a las que se ha añadido uno o varios de los siguientes ingredientes: zumos de frutas; extractos de frutas o par-

tes de plantas comestibles; frutas, tubérculos y semillas disgregadas; esencias naturales, agentes aromáticos y sustancias sápidas; edulcorantes naturales; anhídrido carbónico; agua potable; agua mineral.

Estas bebidas son consideradas como alimentos que se consumen en estado líquido para saciar la sed. Su clasificación, según el Código Alimentario Español, es la siguiente:

1. *Aguas gaseadas*: bebidas elaboradas exclusivamente con agua potable y una cantidad regulada de anhídrido carbónico. Son inodoras, transparentes e incoloras. Si además de anhídrido carbónico se les añade bicarbonato, reciben el nombre de agua de soda o simplemente soda. En estas aguas no aparecen otro tipo de ingredientes.
2. *Gaseosas*: bebidas incoloras preparadas con agua potable, anhídrido carbónico, edulcorantes, aromas y otros aditivos autorizados (ácido cítrico, tartárico o láctico).
3. *Bebidas de zumo de frutas*: son líquidos resultantes de la presión de las frutas frescas o parcialmente fermentadas, que se obtienen exprimiéndolas o mojándolas. Si llevan aromatizantes se denominan bebidas de fantasía. Han de estar elaboradas con zumo de fruta, agua potable o mineral, azúcar y otros productos autorizados, con o sin CO₂ (por tanto, con o sin burbujas). Actualmente, se obtienen de los correspondientes concentrados.
4. *Bebidas de extractos*: bebidas elaboradas a partir de extractos de la parte comestible de frutas, tubérculos o semillas. Cuando están aromatizadas, llevan ácidos esenciales a los que se les ha quitado gran parte de los terpenos. En este grupo ocupan un lugar relevante las bebidas de cola. Se caracterizan por llevar, además de agua y edulcorantes, otros ingredientes (cafeína, ácido fosfórico, colorante, caramelo, mezcla sólida aromatizada, ácido fosfórico para darle cuerpo y pH adecuado, y colorante caramelizado para darle color café). Otros ejemplos de este tipo de bebidas son el té y la tónica.
5. *Bebidas de frutos de tubérculos o de semillas disgregados*: se trata de bebidas que contienen frutos disgregados (triturados) en una proporción superior al 4 %, siendo el resto de su composición igual a las anteriores. Existen otros disgregados de tubérculos y semillas, donde se encuadrarían las horchatas de almendra y chufa.
6. *Bebidas aromatizadas*: están preparadas con agua potable (gaseada o no), edulcorantes, agentes aromáticos, esencias naturales deterpenadas y aditivos autorizados.
7. *Productos en polvo para la preparación de bebidas refrescantes*: se trata de preparados en forma sólida, a partir de los cuales se obtienen las bebidas anteriores por simple dilución en agua. Todos estos productos se podrían englobar en dos grandes grupos: zumos de frutas y bebidas refrescantes.

Zumos de frutas

En muchos países, el zumo de fruta se define de un modo bastante preciso. Esto se considera necesario para evitar la confusión entre el zumo de fruta y las bebidas

que lo contienen, tales como gaseosas y refrescos. En el caso de la Unión Europea, una directiva define el zumo de fruta como el zumo obtenido de la fruta mediante procesos mecánicos, fermentable pero sin fermentar, que tiene las características de color y sabor típicos de la fruta de la que procede. La definición se ha ampliado para incluir el producto obtenido a partir de un concentrado, que debe poseer características sensoriales y analíticas equivalentes a las del zumo obtenido directamente de la fruta. En la legislación de la UE, los tomates no tienen la consideración de fruta.

Es posible que los zumos de fruta, en una u otra forma, se hayan consumido durante años. Sin embargo, hasta el siglo XIX, el único medio de conservación conocido era la fermentación y la consiguiente transformación en vino o sidra. La industria comercial de zumos se inicia en 1869, con el embotellamiento de zumo de uva sin fermentar, al utilizar la pasteurización como método de conservación. La aplicación posterior (años 70) de tratamientos de esterilización UHT y envasado aséptico de los zumos de frutas, permitió la elaboración de un producto de alta calidad y larga vida útil, plenamente acorde con los requisitos de un producto sano.

Los zumos de fruta son en la actualidad una fuente de nutrientes, ya que los avances conseguidos en los procesos de elaboración permiten conservar casi todos los nutrientes de la fruta fresca en proporciones semejantes. El mercado ofrece una gran variedad de zumos, que refleja la variedad de procesos de elaboración de los mismos, procesos que combinan operaciones de forma diversa y dan lugar a un sistema complejo de líneas de fabricación.

Clasificación de los zumos de fruta

Según los ingredientes empleados, los zumos pueden ser:

- a) *Zumos naturales*: se trata de zumos frescos que han sido estabilizados por tratamientos físicos autorizados que garantizan su conservación.
- b) *Zumos conservados*: zumos naturales a los que se ha incorporado algún conservante autorizado.
- c) *Zumos azucarados*: contienen edulcorante, siendo el más común la sacarosa.
- d) *Zumos gasificados*: contienen gas carbónico.
- e) *Néctares*: productos obtenidos por la mezcla de zumos naturales, zumo de fruta concentrado, puré de fruta o puré de fruta concentrado, agua, edulcorantes naturales y aditivos autorizados. Pueden contener hasta un 20 % de azúcar añadido o de miel.

Según el proceso de elaboración también se pueden clasificar en:

- a) *Zumo simple de fruta*: es técnicamente el más sencillo y no se somete a ninguna concentración. Puede elaborarse a pequeña escala, por ejemplo, para su consumo inmediato en bares, etc., o envasarse sin tratamiento térmico para ser consumido en el plazo de pocas horas. A escala comercial se conserva mediante pasteurización o esterilización, ya sea en el envase o UHT. Estos procedimientos han conducido a un incremento de su distribución comercial.

- b) *Zumos concentrados*: se trata de zumos que han sufrido un proceso de concentración. Es el primer pilar del comercio internacional de zumos. La concentración se realiza principalmente mediante termoevaporación. Puede conservarse bien por tratamiento térmico, bien por congelación. El zumo elaborado a partir de los concentrados constituye una categoría diferente, que se prepara por dilución con agua del zumo concentrado.
- c) *Zumos deshidratados*: se trata de concentrados en forma sólida obtenidos a partir de zumos de frutas. El contenido de agua es inferior al 10%. Se elaboran a partir de zumo concentrado que se deshidrata mediante atomización o liofilización.
- d) *Creimas*: son productos procedentes de la molturación de las partes comestibles de las frutas frescas, lavadas, sanas y maduras, que han sufrido un refinado con o sin homogeneización posterior.

Otros ingredientes de los zumos de frutas

Aunque muchos consumidores consideran que los zumos de fruta están «libres de aditivos», en la directiva de la UE se permiten algunos ingredientes adicionales que se recogen a continuación:

Ácido ascórbico (como antioxidante)

Compuestos volátiles de la misma fruta (no necesitan ser incluidos en el listado de ingredientes).

Dióxido de azufre (en zumos de manzana, cítricos, piña; no es necesario declararlo si el contenido de SO₂ es menor de 10 mg/L).

Azúcar (se permite su adición a todos los zumos excepto a los de uva y pera; si el contenido es mayor de 15 g/L debe etiquetarse como «azucarado»).

Ácidos (el tipo y la cantidad varía según la fruta; ningún zumo puede contener azúcar y ácidos añadidos a la vez).

Dimetilpolisiloxano (como agente antiespumante; sólo está permitido en el zumo de piña).

Dióxido de carbono (si el contenido es mayor de 2 g/L, debe etiquetarse como carbonatado).

Valor nutritivo de los principales zumos de frutas

Fuentes de vitaminas

Los zumos de fruta deben su valor nutritivo principalmente al contenido en ácido ascórbico (vitamina C) de los zumos de cítricos. El zumo de naranja recién obtenido tiene un contenido de ácido ascórbico total de 50-60 mg/100 g. Sin embargo, la cantidad de ácido ascórbico varía debido a las diferencias en la composición del suelo, localización del cultivo, variedad y madurez de la planta. Las diferencias en la elaboración

del zumo también pueden ser un factor de variación. La pérdida de vitamina C durante el procesado suele ser pequeña; en el caso de los zumos tratados térmicamente, se conserva aproximadamente un 97 % del contenido inicial de ácido ascórbico.

Las pérdidas de ácido ascórbico se producen durante el almacenamiento de los zumos que han sido sometidos a tratamiento térmico. La magnitud de la pérdida es, en primer término, función de la temperatura y del tiempo de almacenamiento. Para zumos almacenados en latas a una temperatura ambiente de 22 °C es previsible una pérdida mensual del 1-2 %. Sin embargo, almacenados a temperaturas de 8-9 °C las pérdidas son casi insignificantes, pero aumentan rápidamente a temperaturas superiores a 25 °C. La exposición a la luz de los zumos envasados en vidrio incrementa la tasa de pérdida; la pérdida es máxima en los envases de plástico y de cartón permeables al oxígeno, donde puede destruirse hasta el 80 % del ácido ascórbico en 3 o 4 semanas de almacenamiento a 10 °C. Además de ácido ascórbico, el zumo de limón también contiene pequeñas cantidades, aunque significativas, de vitamina A y de vitaminas del grupo B.

Las manzanas frescas contienen habitualmente 10 mg de ácido ascórbico/100 g, aunque se ha llegado a encontrar niveles de hasta 32 mg/100 g. En el zumo de elaboración convencional, el ácido ascórbico se destruye progresivamente por una oxidación asociada a la de los polifenoles, y los niveles finales son insignificantes desde el punto de vista nutritivo. En el zumo de manzana al estilo «natural», la adición de grandes cantidades de ácido ascórbico durante la elaboración hace que el contenido en el zumo final se aproxime al de los cítricos.

Fuentes de minerales

El potasio y el calcio están presentes en mayor cantidad en el zumo de los cítricos y en el de manzana. También se presentan en cantidades significativas el magnesio y, en el zumo de cítricos, el fósforo. Los zumos de fruta pueden ser fuentes importantes de elementos minoritarios como hierro, cobre, cinc y manganeso, aunque en algunos casos los metales provienen sobre todo de contaminaciones a lo largo de la elaboración del zumo y de su envasado.

Fuentes de azúcares

Contienen azúcares en cantidades notables, que pueden ser importantes en la dieta como fuente de energía, especialmente para personas enfermas.

Proteínas y aminoácidos

Su contenido en proteínas y aminoácidos es bajo y sólo posee una importancia nutritiva suplementaria, salvo en circunstancias excepcionales, como los regímenes estrictos.

Aspectos sanitarios y toxicológicos

Con la excepción de pequeñas cantidades de zumo que contienen benzoato o que están carbonatadas, el principal factor que controla el crecimiento microbiano es el pH. El pH de los zumos varía, pero en todos los casos es lo suficientemente bajo como para

ser selectivo para las levaduras, mohos, bacterias acidolácticas y bacterias acidoacéticas. Muchos de estos microorganismos son capaces de crecer rápidamente en el zumo, por lo que se precisa la refrigeración como un factor extrínseco de control en los zumos no tratados térmicamente. En algunos casos, el zumo es deficiente en nutrientes para las levaduras, mohos y bacterias acidolácticas, aunque en la práctica esto tiene una importancia muy limitada. El único caso de un zumo del que hay constancia que participa en una intoxicación alimentaria es el zumo de manzana (no tratado térmicamente y elaborado con manzanas sin lavar), que se ha asociado a infecciones por *Salmonella* y *E. coli* O157:H7.

Bebidas refrescantes

La denominación «bebidas refrescantes» (*soft drinks*) está abierta a diversas interpretaciones, por lo que es necesaria una cuidadosa definición. Se consideran bebidas refrescantes aquellos líquidos destinados a la venta para el consumo humano, ya sea sin diluir o con dilución previa, pero que excluyen el agua, zumos de frutas, leche y preparados lácteos, té, café, cacao, etc., ovoproductos, extractos cárnicos, de levaduras o de vegetales, sopas, zumos de hortalizas y bebidas alcohólicas.

Históricamente, las bebidas refrescantes derivan de dos fuentes principales: de las aguas minerales con gas y aromatizadas con frutas, y de las versiones sin alcohol de las cervezas de hierbas elaboradas de un modo casero. Aunque la elaboración a una escala relativamente pequeña todavía perdura en ciertos lugares, la mayor parte de las industrias operan a nivel nacional e internacional. Se han desarrollado nuevos productos con el nombre de marcas bien conocidas, pero con el paso de los años han desaparecido muchos productos tradicionales, especialmente aquellos derivados de brebajes de hierbas.

Tipos de refrescos

En la actualidad, existe una gran variedad de bebidas refrescantes en el mercado. Su tecnología de elaboración es relativamente sencilla, en contraste con el desarrollo de la formulación inicial, que puede ser muy complicado. De hecho, en muchos casos, la elaboración del jarabe, que es la etapa crucial que determinará las cualidades y la calidad del producto, se lleva a cabo en una planta central desde la que se abastece a plantas satélite cuya misión principal es el embotellado y la distribución. Algunas de ellas se obtienen por dilución de zumos, de pulpa o de concentrado de frutas con agua, y se les añaden diversos ingredientes autorizados. No tienen, en modo alguno, el mismo valor que los zumos de frutas naturales.

Muchas de ellas son carbonatadas, pero actualmente el consumo de refrescos no carbonatados listos para beber se ha incrementado gracias a la aparición de una amplia gama de bebidas a base de frutas tratadas térmicamente y envasadas de forma aséptica.

Los ingredientes y la tecnología implicada en la elaboración de los refrescos no carbonatados son similares a los carbonatados, con la lógica excepción de la carbonatación. Su composición se basa en zumos de frutas o en triturados más o menos diluidos, aunque también se puede utilizar un aromatizado artificial. Es frecuente la mez-

cla de dos o más zumos de fruta con agua, junto con azúcares o edulcorantes intensos, aromatizantes y acidulantes. Los colorantes se añaden a muy pocos productos; el ácido ascórbico se emplea para evitar el pardeamiento actuando como antioxidante y para enriquecer el producto en vitamina C. También se pueden añadir otras vitaminas hidrosolubles. Las bebidas de esta clase constituyen un grupo intermedio entre los refrescos y los zumos de fruta. Su envasado es aséptico tras el tratamiento térmico, siendo los envases «Tetra Brik» de uso individual los más utilizados. Sin embargo, a pesar de la aplicación del tratamiento térmico y del envasado aséptico, una pequeña parte de los productos contienen benzoato como conservante.

Los preparados en polvo para hacer refrescos se comercializan desde hace muchos años, pero hasta hace poco tiempo eran de baja calidad. Ofrecen la ventaja de ser estables y ocupar poco espacio, por lo que se utilizan en la restauración a gran escala. Su formulación es similar a la de sus homólogos líquidos. Las mezclas pueden ser completas, y requerir sólo la adición de agua, o pueden precisar la adición de azúcar. Se suelen incorporar a su composición agentes antiapelmazantes como los silicatos. Su elaboración consiste básicamente en el pesado y mezclado de los ingredientes, lo que posibilita un alto grado de automatización. Debe prestarse mucha atención a la elección del envase, que debe tener cualidades protectoras así como una buena resistencia física. El más utilizado es el papel de triple lámina: papel-polietileno-lámina de aluminio.

En los últimos años, ha surgido un notable mercado de bebidas que se consumen con fines específicos diferentes al de sofocar la sed o al mero placer. Son las bebidas deportivas, enriquecidas y *neutraceuticals* que trataremos a continuación.

Bebidas deportivas, bebidas enriquecidas y *neutraceuticals*

Estas bebidas están en auge, ya que concuerdan con la moda de vida sana o bien se afirma que tienen propiedades para estimular la salud, e incluso medicinales.

Las *bebidas deportivas* se formulan con el fin de cubrir distintas necesidades asociadas con el ejercicio físico: bebidas para reponer líquidos, para facilitar la rehidratación tras una actividad física intensa o durante ella. Se conocen también como isotónicas, equilibradoras y reponedoras de electrolitos. Sin embargo, los electrolitos están presentes en la formulación fundamentalmente para facilitar la absorción de agua, ya que la reposición de estos no suele ser una prioridad tras el ejercicio, sino que se consigue mediante la alimentación posterior al esfuerzo.

Este tipo de bebidas también incorporan hidratos de carbono como una fuente de energía; sin embargo, grandes cantidades de azúcares simples interfieren en la absorción de agua, por lo que las cantidades que se añaden son pequeñas y suministran una limitada cantidad de energía.

En la formulación de algunas bebidas que se utilizan para recuperar líquidos tras el ejercicio se incorpora una mezcla de vitaminas, particularmente C, complejo B y E.

La elaboración de estas bebidas reponedoras de líquidos se basa fundamentalmente en la mezcla de los ingredientes. Pueden ser suministradas en forma de polvo para ser rehidratado por el consumidor, en forma de concentrado líquido que se debe consumir con grandes cantidades de agua o en la forma lista para beber. En este último caso, el producto se ha sometido a un tratamiento térmico y se ha envasado asépticamente o bien se le ha añadido un conservante. La adición de aroma de fruta es una práctica común para evitar el sabor que proporcionan los electrolitos, que no es agradable.

Existen también otro tipo de bebidas llamadas «*de la vida moderna*» destinadas a personas que llevan una vida sana en general, más que a aquellas que practican deportes específicos. Muchas de ellas derivan directamente de las bebidas reponedoras de líquidos, pero presentan un contenido menor de hidratos de carbono, se pone mayor énfasis en el aroma y sabor, y suelen carbonatarse ligeramente. Otras bebidas de este tipo se basan en combinaciones de zumos de fruta con diversos ingredientes a base de hierbas, especialmente *ginseng*.

En la Tabla 13-4, se incluye la composición de tres bebidas isotónicas bien conocidas.

Las *bebidas enriquecidas* y «*neutraceuticals*» abarcan un amplio espectro de refrescos que se solapan con las bebidas deportivas. Las primeras se consideran refrescos que se asemejan organolépticamente a sus equivalentes convencionales, pero que contienen cantidades más elevadas de ciertos nutrientes (proteínas, minerales, —particularmente calcio—, vitaminas y fibra). Algunas se destinan a mercados específicos, como las bebidas de cola infantiles que no contienen cafeína, se edulcoran con glucosa y contienen un alto nivel de calcio. *Neutraceutical* es un término nuevo que, en su más amplia acepción, se puede aplicar a cualquier alimento o sustancia que forma parte de un alimento y que proporciona algún beneficio para la salud o ejerce algún efecto terapéutico. En el caso de las bebidas, las denominadas *neutraceutical* se formulan para un fin específico más que para mejorar la salud en general, y, al contrario que las enriquecidas, no tienen un equivalente convencional. Estos refrescos son especialmente populares en Japón, en donde se les atribuyen propiedades medicinales que,

Tabla 13-4. Composición de algunas bebidas isotónicas del mercado

Cantidades por 100 g de porción comestible	Acuarius	Gatorade	Isostar
Energía (kcal)	25.0	24.0	26.0
Proteínas (g)	—	—	—
Lípidos (g)	—	—	—
Hidratos de carbono (g)	6.3	6.0	6.67
<i>Minerales:</i>			
Calcio (mg)	4.0	—	12.0
Magnesio (mg)	—	7.0	7.0
Sodio (mg)	25.0	41.0	41.0
Potasio (mg)	3.0	11.0	17.0
Fósforo (mg)	1.0	—	3.0
<i>Vitaminas:</i>			
Piridoxina (B ₆) (mg)	—	—	0.13
Tocoferol (E) (mg)	—	—	1.34
Tiamina (B ₁) (mg)	—	—	0.09
Riboflavina (B ₂) (mg)	—	—	0.12
Eq. de niacina (mg)	—	—	1.2
Ácido fólico (μg)	—	—	0.0266
Ácido ascórbico (mg)	—	—	5.0

Fuente: Mataix y cols. (1993).

con toda seguridad, no se admitirían en Europa ni en Estados Unidos. Como curiosidad cabría citar una bebida aromatizada con kiwi y extractos *ginsen* y *karin*, para suavizar la garganta y mejorar la voz de los cantantes; existen también bebidas destinadas a personas de un grupo sanguíneo concreto.

Composición y valor nutritivo de bebidas refrescantes

Las bebidas denominadas «refrescantes» tienen un contenido elevado de azúcar. El consumo de estos productos en grandes cantidades por parte de los niños, de los adolescentes o de los adultos conduce, por consiguiente, a un aporte calórico suplementario en forma de azúcar, lo que no es ciertamente deseable para la salud. Por ello, diferentes marcas comerciales, para conservar su clientela, han puesto en el mercado bebidas «bajas en calorías» en las que el azúcar (sacarosa) se ha sustituido por un edulcorante de síntesis.

Su valor nutricional es casi nulo. Sólo merece destacar el posible aporte de vitamina C en aquellas bebidas que se refuerzan con este nutriente (Tabla 13-5).

Aspectos sanitarios y toxicológicos

Los problemas microbiológicos asociados con las bebidas refrescantes se reducen prácticamente a los relacionados con la alteración. Sin embargo, a las bebidas refrescantes se les acusa a veces de producir intoxicaciones alimentarias. La inmensa mayo-

Tabla 13-5. Composición de bebidas refrescantes

Cantidades por 100 g	Mataix y cols. (1993)	Favier y cols. (1995)		
	Refrescos en general	Refresco de frutas	Refresco de cola	Refresco de cola light
Energía (kcal)	39.0	43.0	39.0	0.0
Proteínas (g)	tr	0.0	0.0	0.0
Lípidos (g)	0	0.0	0.0	0.0
Hidratos de carbono (g)	10.5	11.5	10.5	0.0
<i>Minerales:</i>				
Calcio (mg)	4.0	5.0	5.0	4.0
Hierro (mg)	tr	0.07	tr	0.03
Magnesio (mg)	1.0	1.0	1.0	1.0
Cinc (mg)	tr	0.0	—	—
Sodio (mg)	10.0	10.0	9.0	5.0
Potasio (mg)	tr	4.0	1.0	1.0
Fósforo (mg)	10.0	tr	15.0	8.0
<i>Vitaminas:</i>				
Piridoxina (B ₆) (mg)	—	tr	—	—
Tiamina (B ₁) (mg)	—	tr	—	0.01
Riboflavina (B ₂) (mg)	—	—	—	0.02
Eq. de niacina (mg)	—	tr	—	—
Ácido ascórbico (mg)	—	tr	—	—

ría de estas acusaciones carece de fundamento, aunque en un pequeño número de casos se ha constatado una sintomatología suave tras el consumo de bebidas refrescantes que contenían una gran cantidad de levaduras o películas superficiales visibles de mohos. Para evitar estos problemas, hay que realizar un control estricto, principalmente de los ingredientes, como fuente esencial de contaminación. Otros motivos de contaminación pueden ser la falta de limpieza en la planta elaboradora y la contaminación ambiental en el punto de envasado.

BEBIDAS ALCOHÓLICAS

Se engloban bajo el término de bebidas alcohólicas todas aquellas que contienen alcohol etílico o etanol en su composición, siendo diversas las fuentes vegetales, e incluso animales, a partir de las cuales se obtienen, así como los sistemas de elaboración empleados. Se elaboran a partir de líquidos azucarados sometidos a fermentación alcohólica por adición de levaduras que, en anaerobiosis, van a metabolizar los azúcares sencillos dando CO₂ y etanol. Su producción y consumo es una de las actividades más antiguas desarrolladas por el hombre y a lo largo de los años han dado lugar a una gran diversidad de bebidas alcohólicas.

Tipos de bebidas alcohólicas

El Código Alimentario Español establece distintos grupos para este tipo de bebidas, que a continuación se definen:

Productos de la vinificación: son los que proceden de la uva sometida a tratamientos adecuados. Se distinguen los siguientes grupos: mosto, mistelas, vinos, vinos aromatizados y subproductos de la uva.

Mosto: es el zumo obtenido por presión de la uva en tanto no haya comenzado su fermentación, sin hollejo, pepitas ni escobajo.

Mistela: es el producto que se obtiene mediante la adición de alcohol vínico al mosto, hasta impedir o paralizar su fermentación.

Vino: bebida alcohólica resultante de la fermentación, total o parcial, de la uva fresca o de su mosto.

Vinos aromatizados: son aquellos vinos obtenidos a partir de vinos encabezados o no, mostos de uva concentrados o no, arropes, vinos licorosos, mezclas de estos vinos y mostos, azúcar y sustancias vegetales amargas, aromáticas o estimulantes inofensivas, sus extractos o esencias.

Subproductos de la uva: se consideran subproductos de la uva los líquidos obtenidos del lavado y la maceración de los orujos.

Alcoholes

Aguardientes simples: son aquellos líquidos alcohólicos que proceden de la destilación de materias vegetales previamente fermentadas a las que deben sus características peculiares de aroma y sabor. Su graduación alcohólica no será superior a 80° ni

inferior a 30°. Podemos encontrar distintos tipos: holandas o aguardientes de vino, fle-mas o aguardientes de caña, aguardientes de melazas de caña, aguardientes de fruta, aguardientes de sidra y aguardientes de cereales (de malta).

Alcoholes destilados: son aquellos cuya graduación esté comprendida entre 80 y 96°. Según las materias primas empleadas y los sistemas de obtención, podemos encontrar: destilados de vinos, destilados de cereales (de grano) y destilados de orujos.

Alcoholes rectificados: son aquellos que se han obtenido por destilación y rectifi-cación de aguardientes y alcoholes destilados, y cuya riqueza alcohólica es igual o superior a 96°. Según las materias primas empleadas, se distinguen: rectificados de vinos, de orujos, de frutas, de cereales y de melazas.

Bebidas espirituosas: se considerará bebida «espirituosa» todo líquido apto para el consumo humano elaborado con alcohol de uso alimentario y que tenga un grado alco-hólico no inferior al que en cada caso se especifique.

Aguardientes compuestos: son los productos elaborados con aguardientes simples naturales o por redestilación con diversas sustancias vegetales, alcoholes autorizados, diluidos con agua, con o sin caramelo añadido, y añejados o no. Su contenido alcohó-lico será de 30° como mínimo. Según las materias primas empleadas y los sistemas de elaboración se distinguen, entre otros, el arrak, el brandy, el brandy viejo, la ginebra, el ron, el vodka, el whisky y el brandy de frutas.

Licores: son bebidas hidroalcohólicas aromatizadas obtenidas por maceración, por infusión o por destilación de diversas sustancias vegetales naturales, con alco-holes autorizados, o por adición a los mismos de extractos aromáticos, esencias o aromas autorizados o por la combinación de ambos procedimientos. Se edulcoran con azúcar, glucosa, miel o mosto de uva, y se colorean o no. Tienen un contenido alcohólico superior a 30°. Existen en el mercado el marrasquino, el licor de zumos de frutas, el licor de frutas, el licor de aromas y esencias, el licor de café, el té y el cacao.

Anís: licor obtenido por destilación de macerados de anís o badiana, con adición o no de otras sustancias aromáticas con alcoholes autorizados o por disolución en los mismos de las esencias correspondientes, o del anetol, con adición o no de azúcar y con una riqueza alcohólica superior a 30°. Tipos: anís seco, anís semisecco y anís dulce.

Sidras: la sidra natural se define como la bebida alcohólica resultante de la fer-mentación total o parcial del mosto de manzana. En el mercado se pueden adquirir otros tipos de productos obtenidos a partir de la manzana: mosto de manzana, sidra champanizada, sidra gaseada, sidra endulzada, sidra espumosa, pitara, piqueta de man-zana y perada.

Cervezas: es la bebida resultante de fermentar mediante levadura seleccionada el mosto procedente de malta de cebada, solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables con flores de lúpulo. Su graduación alcohólica no será inferior a tres grados centesimales.

Todas estas bebidas se podrían agrupar en dos grupos principales: bebidas fermen-tadas y bebidas destiladas.

Bebidas fermentadas

La fermentación se obtiene, a expensas de los glúcidos, por acción de ciertas levaduras con producción de alcohol. Se puede hacer fermentar diversos zumos de frutas (uva, manzana), almidones de cereales. Se preparan también bebidas a partir del jugo de caña de azúcar, y de jugo de agarave.

Dentro de este grupo destacan la cerveza y el vino como productos elaborados desde antiguo y con un gran consumo en la actualidad. Aunque han sido definidos en el apartado anterior, se les dedican a continuación otros apartados.

La cerveza

La cerveza se elabora fundamentalmente a partir de cebada malteada, lúpulo, levadura y agua. Además de la cebada malteada, se añaden otras materias primas que contienen almidón, azúcar o ambos: malta de trigo, cereales sin maltear, harina de almidón. La fermentación de la cebada germinada (malta) produce alcohol y gas carbónico. Se obtiene una bebida alcohólica que no debe tener una graduación inferior a 3 grados centesimales.

Aunque en el mercado podemos encontrar una enorme variedad de cervezas, la mayoría de ellas se pueden incluir en alguno de los siguientes grupos básicos: las de fermentación alta y las de baja fermentación. La primera es la más popular en Gran Bretaña y en algunas de sus colonias y la segunda en el resto del mundo. Su proceso de elaboración es similar; únicamente se diferencian en el tiempo de duración del proceso y en las condiciones de fermentación y maduración.

En los últimos años, debido a la preocupación por los efectos del consumo de alcohol sobre la salud, y en un intento de ofrecer una bebida socialmente aceptable para los conductores, han aparecido en el mercado *cervezas «sin alcohol»* y *bajas en alcohol*. Se han seguido diferentes métodos para la reducción del contenido alcohólico. Ha habido gran interés en emplear cepas de levaduras sin capacidad para terminar la fermentación, pero que producen otros componentes del aroma y del sabor, y por tanto una bebida con sabor a cerveza. Sin embargo, el método más corriente para elaborarlas es eliminar el alcohol de la cerveza. La evaporación térmica con vacío es el método empleado en la actualidad, pero se asocia en un principio con la aparición de aromas a «calentado» y con la pérdida de algunos compuestos volátiles del aroma. Sin embargo, estos problemas han sido superados en los equipos modernos con el uso de evaporadores con tiempos de residencia muy breves y con temperaturas de evaporación inferiores a 45 °C. Los compuestos volátiles del aroma se pueden recuperar de los vapores mediante una columna de destilación. El CO₂ también se pierde durante la evaporación y debe ser añadido en una etapa posterior.

Los principales componentes de la cerveza son: CO₂, etanol, azúcares, dextrinas, glicerina, ácidos orgánicos (resultan de la fermentación), proteínas, sales minerales y sustancias aromáticas. La Tabla 13-6 muestra la composición de diversos tipos de cervezas.

Tabla 13-6. Composición de diversos tipos de cervezas

(por 100 g de alimento ingerido)	Clara (7°)	Normal (5°)	Oscura (8°)	Sin alcohol (0.04-0.6°)	Suave (1°-2°)	Tipo Lager (5°)	Tipo Pilsen (5°)	Vieja (5°)
Energía (kcal)	62	47	69	28	10	43	43	43
Proteínas (g)	0.7	0.5	0.8	0.3	0.1	0.5	0.5	0.5
Lípidos (g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidratos de carbono (g)	*	*	*	*	2.5	*	*	*
<i>Minerales:</i>								
Na (mg)	3	2	2	tr	4	2	3	tr
K (mg)	72	51	79	32	35	46	50	49
Ca (mg)	4	3	3	7	20	2	4	4
P (mg)	50	36	51	20	20	32	31	29
Mg (mg)	12	10	13	7	tr	8	10	11
Fe (mg)	tr	tr	tr	tr	0.1	tr	tr	tr
F (mg)	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
<i>Vitaminas:</i>								
A (µg)	0	0	0	0	0	0	0	0
E (mg)	0	0	0	0	0	0	0	0
B ₁ (mg)	0.06	0.07	0.14	0.01	tr	0.04	0.03	0.14
B ₂ (mg)	0.42	0.38	0.62	0.17	tr	0.32	0.33	0.47
B ₃ (mg)	12.7	9.5	14.0	6.2	tr	9.1	7.9	7.6
B ₆ (mg)	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
C (mg)	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elmadfa y cols. (1991).

El vino

Su preparación se remonta a la antigüedad, en particular en los países mediterráneos. Después de la recolección, las uvas son aplastadas; para la separación de los vinos blancos, la pulpa, la piel de las uvas y la parte leñosa del racimo son separados del jugo antes de la fermentación; por el contrario, para los vinos tintos, la fermentación se realiza en presencia de los elementos celulósicos. La fermentación se provoca por levaduras presentes en las uvas que se desarrollan en anaerobiosis. Estas levaduras transforman el azúcar en alcohol y en gas carbónico, y éste se libera. El vino se trasiega y se almacena en cubas o toneles, donde tiene lugar una primera etapa del envejecimiento que (para los más finos vinos) se prosigue durante varios años. El grado alcohólico natural del vino es de más de 9°, excepto en el chacolí o los vinos dulces naturales. El anhídrido carbónico se elimina en la mayoría de los procesos de formación de vino, excepto en los que tienen carácter espumoso y en el cava. Las variedades de uva empleadas en la elaboración, el tipo de clima y suelo, las levaduras fermentadoras, etc., serán los factores clave en las características organo-

lépticas de cada vino. Así, nos podemos encontrar una gran variedad de vinos en el mercado:

Según su contenido en material reductor (azúcares):

- vino seco: más de 5 g/L
- vino abocado: 5-15 g/L
- vino semiseco: 15-30 g/L
- semidulce: 30-50 g/L
- dulce: más de 50 g/L

Según su uso:

- de mezcla: aquellos que, por ser ricos en alguno de los componentes del vino, se usan siempre mezclados con otros.
- de pasto o de mesa: se dividen según la tecnología de obtención:
 - Vino blanco: procede de uva blanca o uva tinta con pulpa no coloreada.
 - Vino tinto: obtenido a partir de uvas tintas con el adecuado proceso de difusión de la materia colorante que entra en el hollejo.
 - Vino rosado: procede de uvas tintas o de mezclas de uvas tintas y blancas cuyos mostos han fermentado sin el orujo.
 - Claretos: proceden de la fermentación de mostos de mezclas de uvas tintas y blancas llevada a cabo parcialmente con orujos.
- vinos de lujo: son aquellos en cuya composición alguno de los componentes sobrepasa los límites corrientes, lo que hace que sean más solicitados:
 - Vino espumoso: con CO₂. Pueden ser naturales (si el CO₂ se produce en la fermentación del mosto —champaña—) o artificiales (si se adiciona el CO₂).
 - vino no espumoso:
 - pueden ser secos: de mosto natural (moscatel seco), mosto corregido (jerez), mosto concentrado (oportó).
 - Pueden ser también dulces: moscatel dulce, vinos con pasas, vinos aromatizados.

Otros tipos: chacolí: vino que procede de uvas que no han madurado debido a las condiciones climáticas de la zona.

Composición química y aspectos nutritivos

El vino es un líquido muy complejo. Contiene agua, alcohol, azúcares no fermentados, ácidos orgánicos, sales minerales y una pequeña cantidad de vitaminas del grupo B. En los vinos tintos existen además sustancias colorantes y taninos. En la Tabla 13-7 se incluye la composición de algunos vinos.

Precisamente la presencia de determinados compuestos fenólicos (taninos) podría adjudicar al vino ciertos efectos positivos, que al parecer tiene, sobre las enfermedades cardiovasculares.

De ahí que se recomiende su consumo moderado y en las comidas (para evitar los efectos negativos del alcohol) como pauta dietética para prevenir este tipo de enfermedades.

Tabla 13-7. Composición de diversos vinos

(por 100 g de alimento ingerido)	Vino dulce (Málaga, Oporto)	Vinos finos (Jerez, manzanilla)	Vinos de mesa	Vino porto
Energía (kcal)	157.0	124.0	77.0	160.0
Proteínas (g)	0.2	0.1	0.1	0.3
Lípidos (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
Hidratos de carbono (g)	13.0	3.0	1.1	14.0
<i>Minerales:</i>				
Calcio (mg)	4.0	8.0	8.7	4.0
Hierro (mg)	0.4	0.4	0.7	0.4
Yodo (mg)	—	—	0.005	—
Magnesio (mg)	11.0	10.0	8.0	11.0
Cinc (mg)	—	0.27	0.1	—
Sodio (mg)	tr	10.0	10.0	4.0
Potasio (mg)	100.0	100.0	100.0	13
Fósforo (mg)	10.0	—	20.0	10.0
<i>Vitaminas:</i>				
Piridoxina (B ₆) (mg)	0.01	—	0.02	0.01
Riboflavina (B ₂) (mg)	0.01	0.01	0.01	0.01
Eq. de niacina (mg)	0.06	0.1	0.1	0.1
Ácido fólico (mg)	0.1	0.1	0.1	0.1
B ₁₂ (mg)	0.0	0.0	0.1	tr

Fuente: Mataix y cols. (1993).

Bebidas destiladas

Se obtienen por destilación de mostos fermentados. Dentro de este grupo encontramos productos muy diversos como el aguardiente, el coñac, calvados, ron, vodka, whisky, licores y otros. Estas bebidas tienen un grado de alcohol muy superior al de las cervezas y los vinos.

La destilación depende del tipo de material de partida y del producto final perseguido. En el caso del coñac, el ron, el aguardiente de vino, y los aguardientes de frutas y cereales, se suele llevar a cabo con aparatos relativamente sencillos, de manera que, además de etanol, pasen al destilado total o parcialmente las sustancias aromáticas generadas en la fermentación o peculiares del material de partida (alcoholes superiores, ésteres, aldehídos, ácidos, aceites etéreos). Para obtener destilados ricos en alcohol, es preciso repetir la destilación varias veces.

Aspectos toxicológicos y nutritivos de las bebidas destiladas

Las bebidas destiladas, los alcoholes propiamente dichos, tienen cualidades gustativas muy diversas y reputaciones variadas; sin embargo, todas poseen el mismo defecto: su gran contenido de alcohol. La dosis fisiológica es rápidamente superada y el peligro de intoxicación se hace inminente. No son bebidas de mesa, sino licores por lo general desprovistos de toda propiedad nutritiva.

Por último, como el alcohol por sí mismo es poco «palatable», y como la destilación produce algunas veces sustancias que no tienen un olor agradable, hay que aromatizarlas y acomodarlas con principios que no siempre son inofensivos. Es preciso desconfiar de los productos «digestivos» o «aperitivos», especialmente cuando se elaboran a base de alcohol destilado.

Aspectos nutritivos y toxicológicos del alcohol

El alcohol presente en todas estas bebidas es el etanol, pequeña molécula anfifílica capaz de ser absorbida muy rápidamente por las mucosas digestivas y de difundirse velozmente dentro del organismo. No experimenta digestión y es directamente absorbido como tal. Cuando el estómago está vacío, se absorbe mucho más rápidamente que cuando contiene alimentos. Esta molécula no puede ser almacenada, por lo que es rápidamente oxidada en el organismo: el 90 % en el hígado y el resto en los demás tejidos. La oxidación del etanol proporciona, aproximadamente, 7 kcal por gramo de etanol oxidado; en este sentido el alcohol puede ser considerado como nutriente, siendo el principal causante del valor calórico de las bebidas alcohólicas. La Tabla 13-8 muestra el aporte energético de distintas bebidas alcohólicas.

Consumido en baja cantidad (en el transcurso de las comidas, y menos de medio litro de vino por día, es decir, menos de 40 g de alcohol), el alcohol puede ser considerado un nutriente energético y, como tal, es recomendado. Este aporte energético puede ser interesante en casos de necesidades energéticas elevadas; sin embargo, se trata de «calorías vacías», es decir, que no aportan junto con ellas ningún nutriente útil. Sin embargo, en exceso, es nocivo debido a los siguientes motivos:

- a) Afecta a las membranas biológicas al infiltrarse en sus estructuras lipídicas. Así, aumenta la fluidez de las mismas y perturba sus funciones. Por ejemplo, se inhibe la actividad ATPasa Na^+K^+ dependiente, se modifican algunos receptores de hormonas y neurotransmisores.
- b) La acumulación de acetaldehído (producido por la oxidación del etanol) provoca alteraciones, especialmente en las mitocondrias y en los microsomas.
- c) La oxidación del etanol compite con la de los ácidos grasos. Estos son orientados hacia la síntesis de triglicéridos, por lo que se produce un depósito anormalmente elevado de gotitas lipídicas en los hepatocitos (esteatosis hepática).

Tabla 13-8. Aporte energético de diversas bebidas alcohólicas (expresado en kcal/litro)

Bebida alcohólica	Alcohol en g/L	Kcal/L
Vino seco	80-120	650-900 (de las que el 90 % son del alcohol)
Cerveza	35-50	500-700 (de las que el 60 % son del alcohol)
Sidra «seca»	350-500	2500-3500 (más del 90 % del alcohol)
Licores	300-400	3400-4000 (de las que 65 a 90 % de alcohol)

- Una esteatosis extendida puede conducir, en último término, a la fibrosis degenerativa del hígado (cirrosis).
- d) Un elevado consumo de etanol aumenta la secreción de las hormonas y neurotransmisores que tienen una acción lipolítica (adrenalina, dopamina, norepinefrina) y que aumentan, por consiguiente, el flujo de ácidos grasos al hígado, favoreciendo así la esteatosis.
 - e) El etanol aumenta la concentración plasmática de ciertas lipoproteínas, especialmente de las VLDL ricas en triglicéridos, de manera que el conjunto del metabolismo de lipoproteínas se ve perturbado. Un exceso de VLDL provoca hipertrigliceridemia, factor de riesgo de la pancreatitis (enfermedad corriente en los alcohólicos). Por otra parte, las VLDL son precursoras de las lipoproteínas aterógenas LDL, con el consiguiente riesgo aterosclerótico.
 - f) En cuanto al metabolismo de los glúcidos, el consumo elevado de alcohol conduce a una intolerancia a la glucosa, ligada en parte a una elevación de la insulina circulante. Además, se ha observado que el ayuno tras una borrachera importante provoca frecuentes hipoglucemias.
 - g) En lo que concierne a las proteínas, se puede producir una acumulación hepática de las mismas en detrimento de su concentración en la sangre circulante (en el caso de consumo crónico). Además, se ve perturbado el metabolismo hepático de los aminoácidos, por lo que se ha observado que el Trp (importante precursor de serotonina, neurotransmisor cerebral) está disminuido en los alcohólicos. Ello podría explicar los trastornos de comportamiento (depresiones) en estas condiciones.
 - h) El estado nutricional en cuanto a vitaminas hidrosolubles es frecuentemente deficiente en los alcohólicos. Las causas son, principalmente, la disminución de la ingestión de alimentos y anomalías metabólicas. El metabolismo de las vitaminas liposolubles en los alcohólicos sufre perturbaciones ligadas al estado del tubo digestivo (esteatorrea, inapetencia) y del hígado, así como a los trastornos concomitantes que conciernen al calcio y cinc, que se ven disminuidos (ceguera nocturna).

Todos estos trastornos producen diversas patologías relacionadas, de una u otra manera, con un consumo excesivo de alcohol: lesiones hepáticas (esteatosis hepática y cirrosis o fibrosis hepática), pancreatitis crónicas, trastornos neurológicos menores (calambres musculares, temblores) y más graves (trastornos del sueño, polineuritis, encefalopatías), aumenta el riesgo de desarrollo de determinados cánceres (boca, esófago, estómago, hígado, vejiga) y es un factor importante de embriofetopatías (bajo peso de recién nacidos, volumen craneal disminuido), morfología del rostro, retraso psicomotor, malformaciones cardíacas y renales). Por otra parte, para contrarrestar los efectos nocivos del alcohol se consumen tapas o platos copiosos y grasos (que lentifican el vaciado gástrico), lo que favorece la obesidad.

Por todo ello, se recomienda que la ingestión de alcohol se realice en el transcurso de las comidas (y no en ayunas) y que el conjunto de las bebidas alcohólicas consumidas represente como máximo el 10 % del aporte energético total de la ración. No debería sobrepasarse una ingestión diaria de 25-30 g. Esta cantidad es la proporcionada por un cuarto de litro de vino de mesa o dos botellines de cerveza.

BIBLIOGRAFÍA

- Belitz, H. D. y Gross, W. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.
- Dupin, H. (1997). «Las bebidas». En *La Alimentación humana*. Dupin, H., Cus, J.L., Malewiak, M.I., Leynand-Rovaud, C., Berthier, A. M. (eds). Ed. Bellaterra, Barcelona. 1001-1009.
- Dupin, H. y Malewiak, M. I. (1997). «El alcohol, ¿nutriente o tóxico?» En *La Alimentación humana*. Dupin, H., Cus, J. L., Malewiak, M. I., Leynand-Rovaud, C., Berthier, A. M. (eds). Ed. Bellaterra, Barcelona. 1011-1024.
- Elmafda, I., Aign, W., Muskat, E., Fritzsche, D. y Cremer, H. D. (1991). *La gran guía de la composición de los alimentos*.
- Favier, J.C., Ireland-Ripert, J., Toque, C. y Feinberg, M. (1995). *Répertoire général des aliments. Table de composition*. Ed. Technique & Documentation; INRA; Ciquel-Regal. Paris.
- Malleavialle, J. y Chambolle, T. (1990). «La calidad del agua». *Mundo Científico* 104, 768-778.
- Mataix, J., Mañas, M., Llopis, J. y Martínez, E. (1993). *Tabla de composición de alimentos españoles*. Ed. Universidad de Granada. España.
- Varnam, A. H. y Sutherland, J. P. (1994). *Bebidas. Tecnología, química y microbiología*. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza.

14

ALIMENTOS COCINADOS

(Montserrat Candela Delgado,
Iciar Astiasarán Anchía)

INTRODUCCIÓN

La composición química de un alimento en su estado original puede verse notablemente afectada como consecuencia de la aplicación de diversos procesos tecnológicos en el transcurso de la denominada cadena alimentaria, ya sea durante la producción, elaboración, transformación y almacenamiento, o bien durante la preparación y utilización final del alimento. En general, puede decirse que, a medida que aumenta el grado de transformación del producto, mayores pueden ser las modificaciones de su valor nutritivo (Rechcigl, 1986).

La mayoría de los alimentos que habitualmente forman parte de nuestras raciones alimenticias son el producto resultante de una serie de manipulaciones más o menos intensas de los productos alimenticios, con el fin de asegurar su higiene, hacerlos más digeribles y mejorar sus cualidades organolépticas.

Uno de estos procesos, la preparación de los alimentos para su consumo, puede afectar a sus nutrientes, y por lo tanto modificar su valor nutritivo. No debemos olvidar que normalmente los alimentos que ingerimos forman parte de un plato en el que se combinan una serie de ellos, y que además son sometidos a distintos procesos culinarios.

Durante años se han minimizado los posibles efectos de la tecnología culinaria sobre el valor nutritivo de los ingredientes crudos empleados para elaborar los distintos platos cocinados. Sin embargo, son ya numerosos los trabajos científicos que ponen de manifiesto importantes cambios provocados sobre los componentes primarios de los ingredientes por los diferentes procesos culinarios aplicados. En 1983, tuvo lugar una reunión en Wagenigen (Holanda) del grupo Eurofoods con el objetivo de poner en marcha el Proyecto «Nutrient Losses and Gains (NLG)» surgido ante la necesidad de recopilar datos acerca de las pérdidas y ganancias de nutrientes vinculados a la preparación culinaria de los alimentos.

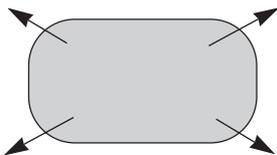
COCCIÓN

Todos los procesos culinarios implican una aplicación de calor que generalmente se conoce por cocción. Se define como la operación que transforma físicamente y químicamente el aspecto, la textura, la composición y el valor nutricional de los alimentos, por acción del calor, con objeto de mejorar sus características organolépticas (Legland y Wolff, 1985). Hay tres formas de transferencia de calor:

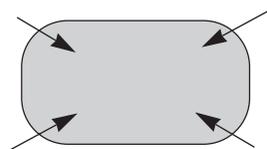
- **Conducción:** la energía se transfiere por contacto directo con la fuente de calor. La energía térmica, por colisión de los electrones de movilidad limitada, del metal de la sartén pasa a las partículas del alimento.
- **Convección:** la energía se transfiere por medio de fluidos. Las moléculas calientes, y por lo tanto con movimiento más rápido, al chocar con otras más frías y más lentas les transfieren energía térmica. Este proceso puede acelerarse por agitación, esto es, proporcionando a las moléculas un movimiento extra. Ejemplo claro de este tipo de transferencia de energía es la ebullición.
- **Radiación:** en los tratamientos culinarios se realiza por radiación térmica; una fuente de calor emite partículas que han absorbido energía que pasan al objeto («bajo fuego»). Un buen ejemplo de este tipo de transferencia de calor es el asado a la parrilla o a la plancha.

Podemos establecer una nueva clasificación en función de los fenómenos físicos que ocurren durante la cocción:

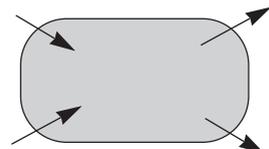
- **Expansión:** se produce un intercambio entre el alimento y el medio de cocción. Por un proceso de ósmosis, los componentes van de la solución más concentrada a la menos concentrada. Parte de los nutrientes se pierden en el cocinado.
- **Concentración:** los nutrientes permanecen en el interior de los alimentos cuando se cocinan. La cocción forma una costra por coagulación de las proteínas o caramelización de los azúcares.
- **Mixta:** es una combinación de los fenómenos anteriores.



Expansión



Concentración



Mixta

En la Tabla 14-1 se muestra un esquema de los principales métodos culinarios con sus respectivas características.

Tabla 14-1. Principales métodos culinarios y sus características

Temperatura en °C

Método	«Pocheado»	Hervido	Braseado	Hervido continuo	Cocción a vapor
Temperatura	95-100 °C	100 °C	100 °C	100 °C	> 100 °C
Transferencia de calor	Conducción	Conducción	Conducción	Conducción	Convección + conducción
Medio	Agua	Agua	Agua (+ aceite)	Agua (+ aceite)	Agua
Aparato	Sartén	Sartén	Olla tapada	Olla tapada	Cacerola/baño
Alimento	Pescado, huevos	Carne, huevos, pasta, arroz, hortalizas	Carne dura, hortalizas duras, aves	Carne, hortalizas, aves	Carne, hortalizas, aves, arroz

Temperatura en °C

Cocción a presión	Fritura	Asado (al horno)	Fritura profunda	Microondas	Asado (a la plancha)
120 °C	120 °C	150 °C	170 °C		>180 °C
Convección + conducción	Convección + conducción	Radiación + convección	Conducción	Irradiación + convección	Radiación
Aceite + grasa	Aceite + grasa	Aceite + vapor	Aceite		Aire
Sartén o cacerola (plana o profunda)	Sartén o cacerola (plana o profunda)	Horno	Sartén de fritura	Horno microondas	Asta de asar
Pescado, huevos, algunos vegetales duros, carne, arroz	Pescado, huevos, algunos vegetales duros, carne, arroz	Masas, carne, aves, pescado	Hortalizas rebozadas, pescado y carne magra	Platos preparados	Carne, pescado, aves

Fuente: Conenders (1996).

MODIFICACIONES PRODUCIDAS POR LA COCCIÓN DE LOS ALIMENTOS

Tradicionalmente, la cocción de los alimentos se ha relacionado con efectos negativos sobre su composición. El cocinado de los alimentos puede suponer la pérdida de algunos nutrientes, pero posee también efectos beneficiosos.

En la composición de algunos alimentos pueden encontrarse de forma natural algunas sustancias que genéricamente se denominan factores antinutritivos. Actúan mediante mecanismos de acción muy diversos, ya sea destruyendo algún nutriente, impidiendo su absorción, actuando de forma competitiva, o bien aumentando las necesidades del organismo para un determinado nutriente. La aplicación de calor destruye factores antinutritivos de naturaleza proteica, como, por ejemplo, las antitripsinas de las leguminosas, que son termolábiles y forman complejos con la tripsina pancreática, disminuyendo la digestión proteica. Su destrucción aumentará el valor nutritivo de las proteínas. Vidal-Valverde y col. (1994) estudiaron el efecto del procesamiento sobre algunas sustancias antinutritivas de las legumbres (actividad inhibidora de la tripsina, contenido en ácido fítico, taninos y catequinas). Concluyeron que el cocinado producía una eliminación de la actividad inhibidora de la tripsina, una reducción de la cantidad de ácido fítico y un aumento del contenido en taninos y catequinas.

Otro ejemplo es la solanina, una neurotoxina presente en las patatas que, si se consume en pequeñas cantidades, no resulta peligrosa. El tratamiento térmico conduce a su destrucción (Adams y Erdman, 1987). Otro ejemplo de los efectos beneficiosos del tratamiento térmico es la inactivación de una mucoproteína, la avidina, presente en la clara de huevo crudo. Se trata de una glucoproteína que fija moléculas de biotina (vitamina).

Lo mismo ocurre con algunas clases de pescado que contienen tiaminasa, que puede destruir otra vitamina, la tiamina, si el pescado se consume crudo (Bender, 1978).

El calor, generalmente, aumenta la digestibilidad de los alimentos, incrementando por lo tanto su biodisponibilidad.

Por otro lado, el cocinado aporta una garantía sanitaria a los alimentos, ya que inhibe o destruye ciertos microorganismos indeseables (mohos, levaduras, bacterias alterantes, bacterias patógenas) en función de la temperatura alcanzada y la duración del cocinado. Además, destruye ciertos compuestos, más o menos tóxicos, presentes de forma natural en algunos alimentos, ya que elimina productos químicos utilizados en agricultura o en la industria. En varios estudios, se ha concluido que ciertos métodos de cocinado, dependiendo de las temperaturas alcanzadas, conducen a una reducción variable de las cantidades de dos sustancias utilizadas en veterinaria: clenbuterol (Ramos y col., 1993) y oxitetraciclina (Ibrahim y Moats, 1994; Rose y col., 1996). Algunos contaminantes ambientales, como los hidrocarburos halogenados, también se reducen durante el procesamiento y cocinado de los alimentos (Zabik y Zabik, 1996).

La transferencia de calor que implica el cocinado de los alimentos se traduce en cambios físicos y químicos.

Modificaciones físicas

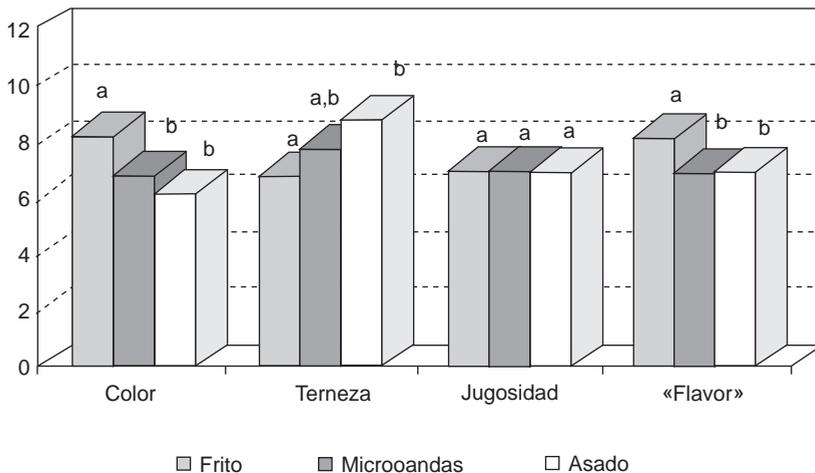
Las variables que se pueden modificar son: color, olor, sabor, volumen y peso, y consistencia. Estas variables son las que hacen que se modifiquen las propiedades sensoriales.

Color

El cocinado puede modificar el color original de los alimentos, dependiendo de su naturaleza (animal o vegetal), su composición química y el método de cocinado empleado. Las proteínas y pigmentos de las carnes (miosina, mioglobina, albúminas, etcétera) se coagulan y cambian el color.

Las modificaciones varían en función de la técnica utilizada, la intensidad de la fuente de energía y el tiempo de exposición al calor (Maincent, 1987). Por ejemplo, se ha observado que la carne de vacuno sometida a tratamientos térmicos diferentes muestra diferencias en el color (Jing-Yang y col., 1994) (Figura 14-1).

El cambio de color en los vegetales depende de la naturaleza de sus pigmentos, del grado de acidez del medio de cocinado (pH), así como de la acción de ciertas enzimas presentes en sus tejidos (por ejemplo, las oxidasas). La clorofila (pigmento verde) amarillea cuando las verduras se cocinan tapadas durante mucho tiempo. Los flavonoides (pigmentos amarillos) se vuelven más claros en medio ácido y más oscuros en medio básico. Las antocianinas (pigmentos azul-rojo) enrojecen en medio ácido (pH 2 a 4) y se vuelven púrpuras o violetas en medio básico. Los taninos son responsables del pardeamiento u oscurecimiento de ciertas frutas y legumbres cortadas.



Letras diferentes para una misma propiedad indican la existencia de diferencias significativas.

Fuente: Jing-Yang y col. (1994).

Figura 14-1. Modificación de las propiedades sensoriales de la carne de ternera después de tres métodos de cocinado.

Olor, aroma y flavor

El desarrollo del «flavor» parece deberse a una combinación de productos de degradación térmica de azúcares, aminoácidos y nucleótidos, así como los productos resultantes de la reacción de Maillard y oxidación de lípidos (Shahidi y col., 1986).

El cocinado puede liberar ciertas sustancias aromáticas volátiles, sobre todo relacionadas con el sabor. Otros compuestos volátiles que están formando parte de las estructuras celulares, difunden al interior de los tejidos y líquidos celulares, y pueden disolverse en el medio de cocción.

De acuerdo con Mcleod y Seyyedean-Ardebili (1981) y Morton y Mcleod (1982), el método de cocinado contribuye significativamente a la formación de compuestos volátiles.

Sabor

Según la técnica utilizada, la cocción refuerza o atenúa el gusto de los alimentos.

Ciertos compuestos sápidos y solubles en el agua (aminoácidos procedentes de la hidrólisis de las proteínas, aromas, azúcares, sales minerales) migran por la acción del calor, bien hacia el interior del alimento (fenómeno de concentración), o bien hacia el exterior (fenómeno de expansión).

Por el contrario, aromas ajenos al alimento, que provienen por ejemplo del fondo utilizado, de la guarnición aromática, de líquidos salados o azucarados, etc., pasan al interior del alimento. Estos intercambios, en uno u otro sentido, se deben a fenómenos de difusión (simple propagación) o de ósmosis (desplazamiento de moléculas que tiende a compensar la diferencia de concentraciones).

La dextrinización y caramelización del almidón y los azúcares provoca la aparición de compuestos con sabores característicos.

Los aminoácidos, que proceden de la hidrólisis de las proteínas, son los responsables de sabores muy apreciados.

Las grasas utilizadas para cocinar también aportan su sabor a los alimentos.

Volumen y peso

El cocinado puede modificar el volumen y el peso de los alimentos. Se pueden observar varios fenómenos:

- Pérdida de agua por deshidratación superficial de los alimentos cocinados por concentración. Esta pérdida es proporcional al tiempo de exposición al calor, a la superficie que presente el alimento y a la intensidad del tratamiento térmico.
- Pérdidas de materia grasa por fusión. Estas pérdidas son igualmente proporcionales a la temperatura, así como al tiempo de exposición y, evidentemente, al contenido lipídico del alimento.
- Aumento del volumen por rehidratación en patés, arroz, legumbres secas y todos los productos deshidratados.

Consistencia

Los alimentos correctamente cocinados son, por lo general, más tiernos, más jugosos y más digestibles. Las modificaciones producidas por el calor son:

- la coagulación de las proteínas animales o vegetales
- carnes: el reblandecimiento de los tejidos conjuntivos a base de colágeno (proteína responsable de la dureza de una carne y que tiene la característica de gelificarse después de una cocción prolongada)
- vegetales: la gelificación y espesamiento de las pectinas al enfriarse (por ejemplo, las mermeladas)
- reblandecimiento de la celulosa de los vegetales
- el almidón crudo es indigesto. Cuando la cocción se lleva a cabo en un medio húmedo, también adquiere una consistencia gelificada. Cuando se cocina en medio seco (por ejemplo, un horno) y a una temperatura elevada, el almidón se dextriniza, se carameliza más o menos, se endurece y los alimentos quedan crujientes y con un aroma característico
- la reacción de Maillard es responsable de la costra, muy apreciada, que se forma en panes, pasteles, carnes y pescados a la brasa. Se produce por el calentamiento en atmósfera seca de proteínas combinadas con azúcares.

Modificaciones químicas

Son aquellos cambios originados en los componentes químicos de los alimentos, es decir, sobre los nutrientes.

Proteínas

La cocción, en muchos casos, mejora la digestibilidad de las proteínas. La aplicación de calor suave puede provocar la desnaturalización de las proteínas, lo que tiende a aumentar su valor nutricional porque su susceptibilidad al ataque enzimático se ve aumentada. Al fin y al cabo, la primera fase de la digestión proteica es una desnaturalización, en este caso, por enzimas proteolíticas. Si se considera también que se ha producido una pérdida de la funcionalidad de la proteína nativa, este tratamiento puede ser muy positivo por el hecho de destruir factores antinutritivos, de naturaleza proteica, como, por ejemplo las antitripsinas de las leguminosas y el ovomucoide y ovoinhibidor de la clara de huevo, también con carácter antitripsico, y la destrucción de la avidina, que posee acción antivitaminica.

En aquellos casos en los que la proteína del alimento tiene que cumplir una función específica, dependiente de la estructura nativa, el papel beneficioso de la desnaturalización no es cierto.

Con temperaturas más elevadas y mantenidas, la desnaturalización alcanzada provoca cambios moleculares con repercusiones nutricionales bien conocidas. Se forman isopéptidos, al crearse nuevos enlaces peptídicos entre las funciones reactivas puestas al descubierto por el desplegamiento de las cadenas polipeptídicas y por la ruptura de

enlaces preexistentes. Así, por ejemplo, la condensación entre los grupos NH_2 de la lisina y los carboxilos del ácido glutámico y aspártico da lugar al isopéptido $\text{L}(\text{L-glutamilo})\text{-lisina}$, que es causa de pérdida nutricional, ya que no se hidroliza en el intestino, se absorbe como tal y se hidroliza en los riñones. La presencia de muchos de estos enlaces cruzados podría explicar la digestión inhibida de las proteínas sobrecalentadas y la disponibilidad reducida de la mayoría de los aminoácidos (Gómez Piñol y Torre Boronat, 1989).

Otro aminoácido implicado es la cistina, que se destruye parcialmente por la ruptura de los enlaces disulfuro. Aparecen así grupos -SH , que pueden dar lugar a sulfuro de hidrógeno, y grupos carbonilo, los cuales se pueden unir con los grupos NH_2 de la lisina, comprometiendo el aprovechamiento de la misma.

Los tratamientos alcalinos pueden causar la racemización de aminoácidos, y la hidrólisis en medio ácido produce pérdidas de triptófano especialmente. Los tratamientos oxidantes pueden producir pérdida de aminoácidos azufrados con formación de productos del tipo metionina-sulfona y metionina-sulfóxido.

Lípidos

La aplicación de calor produce una degradación lipídica que se puede originar a tres niveles:

- Formación de compuestos desagradables: la oxidación de ácidos grasos comporta pérdida del carácter esencial y la aparición de ciertos productos (radicales, peróxidos, compuestos carbonílicos, etc.) que pueden poseer ciertos efectos desfavorables sobre los caracteres organolépticos.
- Posible generación de compuestos tóxicos: los tratamientos térmicos intensos, además de la oxidación, pueden dar lugar a la formación de monómeros cíclicos, dímeros y polímeros, con efectos tóxicos en algunos casos.
- Variación del valor nutritivo: pueden producirse cambios en el contenido lipídico de los alimentos. Algunos pueden ganar grasa y así aumentar su valor energético, y posiblemente también el contenido en ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles, y otros pueden perder grasa durante el proceso de cocinado (Bender, 1978). La mayoría de los estudios indican que no hay pérdidas nutricionales significativas en un proceso térmico normal.

Hidratos de carbono

Generalmente se consideran estables frente al cocinado. Sin embargo, hay algunas pérdidas producidas por solubilización (si el medio de cocción es el agua). Estas pérdidas por disolución dependen de los mismos factores que afectan a otros componentes hidrosolubles: tiempo, tamaño del producto, volumen de agua utilizada, etc.

Otras de las principales modificaciones que sufren los hidratos de carbono afectan, por una parte, a su digestibilidad (gelificación del almidón) y, por otra, a la participación de algunos azúcares en reacciones químicas que conducen a la disminución de la disponibilidad o pérdida del carácter nutritivo de algunos nutrientes. Las reacciones de pardeamiento (caramelización y reacción de Maillard) constituyen claros

ejemplos de ello. En la reacción de Maillard, se producen combinaciones de azúcares reductores con aminoácidos que conducen a una disminución de la disponibilidad y también a desaminación y, por tanto, a pérdida del carácter esencial de algunos aminoácidos. La reacción de Maillard puede reducir el valor nutritivo y posiblemente la seguridad del producto (Friedman, 1996).

Sales minerales

En relación con los elementos minerales, cabe decir que estos nutrientes son, por lo general, muy estables frente a la mayor parte de los tratamientos, debiendo destacarse las pérdidas producidas por la solubilización en el agua empleada.

En un estudio sobre el efecto del cocinado de arroz sobre potasio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, calcio y sodio, Shindon y Yasui (1994) observaron que todos ellos, excepto el sodio y el calcio, disminuían. El incremento de sodio y calcio lo atribuían a su alto contenido en el agua de cocción.

Desde el punto de vista nutricional, estas pérdidas carecen de importancia para la mayoría de las personas, pero pueden llegar a tener una gran relevancia en ciertos grupos de población. Así, por ejemplo, la pérdida de hierro procedente de los vegetales tiene poca trascendencia en personas que consumen carne frecuentemente, pero no en el caso de los vegetarianos, que carecen de esa fuente de hierro (British Nutrition Foundation, 1987).

Vitaminas

Son, en general, estructuras químicas sensibles a factores como la temperatura, el oxígeno, las radiaciones y el pH. En consecuencia, los procesos culinarios aplicados al alimento provocarán, en mayor o menor medida, pérdida de estos nutrientes. Las vitaminas hidrosolubles (vitamina C y las del grupo B) pueden perderse durante el cocinado, principalmente por disolución en el agua empleada para la elaboración, por ejemplo, de pastas y verduras (Ayranci y Kaya, 1993; Frolova y Fedotova, 1993).

Illow y col. (1995) afirmaron que las pérdidas producidas en el contenido de vitamina C variaban dependiendo del método culinario empleado. Otros estudios han puesto de manifiesto el efecto negativo que el cocinado tiene sobre el contenido en vitaminas del grupo B de las carnes (Bognar, 1993; Hozova y col., 1995). Las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) pueden verse dañadas por el calor y el aire que aceleran el proceso de oxidación lipídica en los alimentos. En la Tabla 14-2, se muestra la estabilidad de las vitaminas frente a diversos factores, así como su pérdida máxima por cocción.

EFEECTO DE LA TECNOLOGÍA CULINARIA SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES GRUPOS DE ALIMENTOS

En capítulos anteriores de este libro, se han expuesto las características y la composición de los distintos grupos de alimentos. Son características atribuibles a los ali-

Tabla 14-2. Estabilidad de las vitaminas

Vitamina	pH < 7	pH > 7	Aire	Luz	Calor	Máxima pérdida por cocción (%)
A	I	E	I	I	I	40
D	-	I	I	I	I	40
E	E	E	I	I	I	55
K	I	I	E	I	E	5
C	E	I	I	I	I	100
Tiamina	E	I	I	E	I	80
B ₂	E	I	E	I	I	75
B ₆	E	E	E	I	I	40
Niacina	E	E	E	E	E	75
PP	I	I	E	E	I	50
B ₁₂	E	E	I	I	E	10
Folatos	I	E	I	I	I	100

I, inestable; E, estable.

Fuente: Harris y Karmas (1975).

mentos en estado crudo pero, como ya se ha mencionado, pocos de ellos se consumen de forma directa sin un tratamiento culinario previo. Este tratamiento puede provocar cambios en la composición nutritiva, de tal forma que la ingestión real de nutrientes no se corresponde con lo esperado al considerar el alimento crudo.

En este apartado, vamos a concretar los efectos de las principales técnicas de cocinado de algunos grupos de alimentos sobre sus principales nutrientes.

Carnes

El cocinado de la carne origina un producto más comestible, al modificar:

- su «flavor» (un aroma mucho más apetecible)
- su aspecto (con menos sangre a la vista)
- su estructura (facilitando su masticación y digestión)
- su seguridad higiénica (destruyendo los microorganismos, o al menos inhibiendo su crecimiento).

Al cocinar la carne sucede lo siguiente:

- A 40 °C las moléculas proteicas comienzan a desplegarse y a coagularse, bloqueando los rayos luminosos. La carne pierde su brillo y se hace opaca.
- Cuando se alcanzan los 50 °C, las fibras empiezan a acortarse y exudan agua.
- A 70 °C se rompe la estructura de la mioglobina, ya que no puede retener oxígeno, y el interior de la carne empieza a volverse rosa.
- A 80 °C las paredes celulares se agrietan y rasgan, con lo que el contenido graso celular escapa de la carne, cuyo color empieza a transformarse en pardo grisáceo.

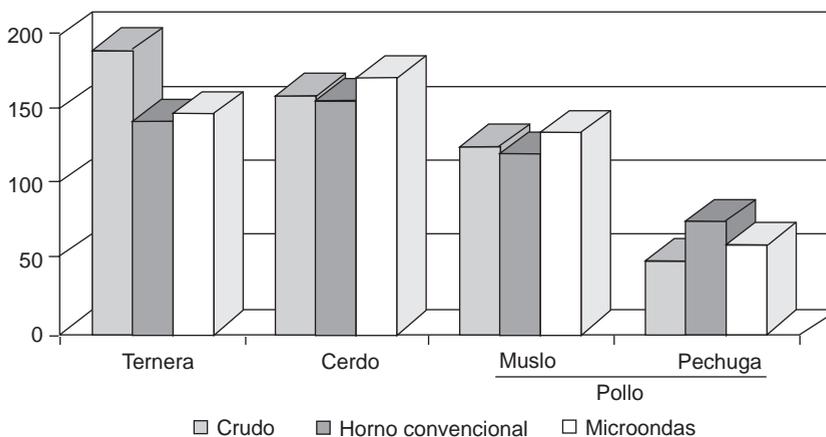
Grasa total y perfil de ácidos grasos

Las variaciones producidas por las técnicas culinarias sobre el contenido en grasa total dependen del tipo de carne cocinada, y sobre todo de la tecnología culinaria aplicada (Figura 14-2).

El conocimiento de la variación del contenido total de grasa puede tener implicaciones interesantes, incluso desde el punto de vista económico. Hoelscher y col. (1987) estudiaron el efecto de dos métodos culinarios (fritura y asado a la parrilla) sobre pastel de carne de vacuno con diferentes porcentajes de grasa (0 a 30 %). Observaron que con niveles bajos de grasa no había diferencias significativas en el contenido de grasa entre los productos crudos y cocinados. Sin embargo, a medida que el nivel de grasa aumentaba (de 10 a 30 %), la diferencia entre el producto crudo y el cocinado era también cada vez mayor. Además, con el 30 % de grasa observaron diferencias significativas en el porcentaje de grasa entre los dos métodos aplicados (la fritura dio lugar a contenidos de grasa más altos), diferencia que no se observaba en las muestras con bajo porcentaje.

La fracción lipídica puede también sufrir variaciones cualitativas como consecuencia del cocinado. Hay referencias bastante antiguas acerca de la pérdida de ciertos ácidos grasos, en concreto poliinsaturados, como consecuencia de la aplicación de diferentes tecnologías culinarias (Chang y col., 1952; Chang y Watts, 1952; Fleischman y col., 1963; Kilgore y Luker, 1964; Kilgore y Bailey, 1970).

En general, los mayores cambios se han detectado como consecuencia de la fritura. Myers y Harris (1975) realizaron un estudio comparativo del efecto del calentamiento eléctrico (microondas) frente al convencional sobre los ácidos grasos de las carnes, y no encontraron diferencias significativas en su composición como resultado de los diferentes tratamientos. En algunos casos, se observó una disminución de ácidos grasos debida, fundamentalmente, a una disminución de ácido oleico (Tabla 14-3).



Fuente: Myers y Harris (1975).

Figura 14-2. Efecto del cocinado sobre el contenido en grasa total (mg) de distintas carnes.

Tabla 14-3. Efecto del método de cocinado en el porcentaje relativo de ácidos grasos

	Mirístico	Palmítico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolénico
Ternera						
Crudo	4.10	27.50	21.40	43.80	2.30	0.90
Convencional	4.10	30.50	19.80	42.70	2.00	0.90
Microondas	4.00	28.40	19.70	44.60	2.40	0.90
Cerdo						
Crudo	2.26	28.29	12.41	52.08	3.19	1.77
Convencional	2.00	27.10	14.00	51.40	3.60	1.90
Microondas	1.77	28.25	12.99	51.89	3.30	1.80
Muslo pollo						
Crudo	1.39	22.14	7.05	44.53	22.94	1.95
Convencional	1.04	21.98	6.92	44.74	23.44	1.88
Microondas	1.09	23.02	7.28	44.67	22.16	1.78
Pechuga pollo						
Crudo	1.70	24.80	8.50	41.40	20.00	3.60
Convencional	0.87	24.50	7.04	44.74	20.74	2.11
Microondas	1.40	25.50	8.00	43.00	18.90	3.20

Fuente: Myers y Harris (1975).

Armstrong y Bergan (1992) estudiaron el efecto de la tecnología culinaria sobre los ácidos grasos de los alimentos, y concluyeron que está fuera de toda duda que se producen cambios. Sin embargo, estos autores señalan también que lo verdaderamente importante es determinar si los cambios son o no nutricionalmente significativos, y en caso afirmativo, clasificar las diversas prácticas de acuerdo con sus efectos negativos. Tales conclusiones requieren, según estos autores, la generación de muchos datos a partir de procedimientos de cocción estandarizados y técnicas analíticas más sensibles de las que se dispone en la actualidad.

Torrell y col. (1968) señalaron que el asado a la parrilla reducía el contenido de ácido mirístico (C 14:0), ácido pentadecílico (C 15:0) y ácido linolénico (C 18:3) en la fracción de los lípidos neutros de carne de vacuno. Por el contrario, Unklesbay y col. (1983) estudiaron la retención de nutrientes en diferentes alimentos aplicando tratamientos térmicos en horno por IR y convección, sin hallar diferencias significativas en los ácidos grasos analizados de diferentes carnes respecto a su contenido en crudo.

Por su parte, Bastic y col. (1992) observaron que el efecto de diversas tecnologías culinarias (asado al horno, fritura y microondas) sobre la composición de ácidos grasos en el pastel de carne de vacuno era, en general, pequeño. Observaron, sin embargo, que la fritura y el microondas incrementaban la relación ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados (AGP/AGS) en todas las muestras, mientras que el asado sólo lo hizo en algunas. También Janicki y Appledorf (1974), estudiando el efecto de diferentes tipos de cocción sobre la fracción lipídica de carne de vacuno, llegaron a la conclusión de que todos ellos incrementaban la relación ácidos grasos insaturados/saturados, especialmente el microondas (Tabla 14-4).

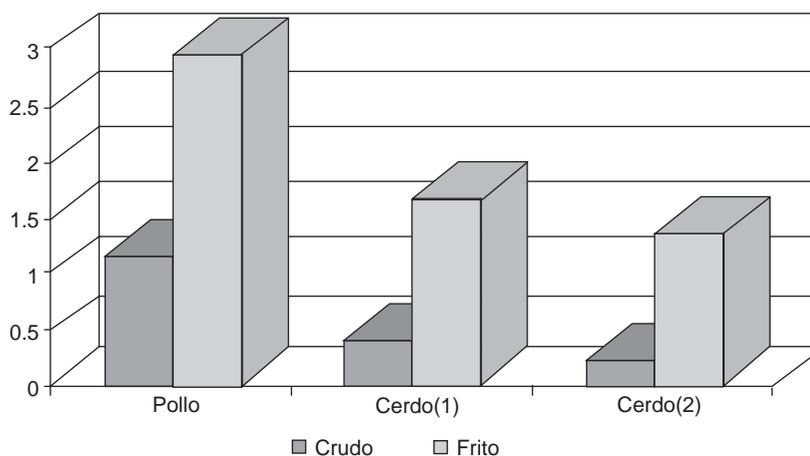
En otro estudio realizado en platos a base de carne, se observó también un cambio significativo en la relación ácidos grasos poliinsaturados *cis*/ácidos grasos saturados

Tabla 14-4. Efecto del método de cocinado sobre el porcentaje relativo de ácidos grasos de carne de vacuno

Ácidos grasos	Crudo	Asado	A la parrilla	Microondas
C 10:0	0.1	0.1	0.1	0.1
C 12:0	0.1	0.1	0.1	0.1
C 14:0	2.8	2.8	2.7	2.8
C 14:1	1.8	1.5	1.8	1.9
C 14:2	0.4	0.4	0.4	0.5
C 16:0	27.1	25.4*	25.9*	25.6*
C 16:1	5.5	5.1	5.8	6.0
C 17:0	1.2	1.3	1.2	1.1
C 16:2	0.7	0.8	0.8	0.8
C 18:0	16.4	15.3	14.4	14.4
C 18:1	39.5	42.0*	42.0*	41.4
C 18:2	2.4	3.6*	2.7*	3.1*
C 20:0	0.2	0.2	0.2	0.2
C 18:3	1.2	1.2	1.2	1.2
C 22:0	0.2	0.2	0.2	0.3
C 20:4	0.3	0.3	0.4	0.6
φS	48.1	45.5	44.8	44.6
φP	51.8	55.1	55.1	55.5
φP/φS	1.07	1.21*	1.23*	1.24*

Fuente: Janicki y Appledorf (1974).

(AGP_{cis}/AGS), que se incrementó de forma considerable como consecuencia del proceso de fritura (Candela y col., 1996) lo que, en este caso, podría tener consecuencias positivas desde un punto de vista nutritivo (Figura 14-3).



Fuente: Candela y col. (1996).

Figura 14-3. Efecto de la fritura sobre la relación AGP_{cis}/AGS. Cerdo(1): escalope; cerdo(2): lomo. Los tres platos se cocinaron mediante un empanado previo a la fritura.

Este aumento se debería a la absorción de ácido linoleico procedente del aceite utilizado para su fritura (girasol), favorecida por el proceso de empanado previo a la fritura.

Colesterol

Bragagnolo y Rodríguez-Amaya (1995) observaron diferentes efectos sobre el contenido de colesterol de diferentes piezas de cerdo y vacuno, según la naturaleza de la pieza y el método culinario aplicado. Hoelscher y cols. (1987), en un estudio sobre pastel de carne de vacuno, observaron que con el cocinado se producía pérdida de colesterol. Candela (1997c) concluyó que el contenido en colesterol de varios platos disminuía con los procesos culinarios aplicados.

Pescados

La musculatura del pescado es algo distinta de la de mamíferos y aves, y se dispone en capas de fibras más cortas (miotomos). Los miotomos están separados por láminas muy finas de tejido conjuntivo muy frágil (miocotoma). Esto hace al pescado muy tierno y fácil de digerir, pero complicado de cocinar, si se pretende no alterar su estructura durante la cocción.

El pescado constituye un alimento fácilmente digerible, rico en proteínas y relativamente bajo en calorías.

Grasa total y perfil de ácidos grasos

En función de su contenido en grasa, el pescado puede clasificarse en dos grandes grupos. Los pescados grasos contienen de un 5 a un 20 % de lípidos y comprenden casi todos los peces de agua dulce y pescados marinos, como arenques, sardinas, salmón, caballa y atunes, entre otros. El grupo de los pescados magros (0.5-4 % de grasa) incluye el bacalao, la merluza, el lenguado, el gallo, el rodaballo, el fletán, etc. La tecnología culinaria que más puede afectar a su contenido lipídico es la fritura, ya que implica la utilización de aceite como medio de cocción.

Respecto al contenido en grasa total, la fritura, en contra de la creencia generalizada, no siempre implica un aumento del contenido en grasa (Makinson y col., 1987). Greenfield y Kosulwat (1991) en un estudio comparativo, confirmaron que el tipo de alimento y el método de cocinado podían influir en las variaciones del contenido graso. En cuanto al tipo de alimento, Sánchez-Muñiz y col. (1992) afirmaron que la cantidad de grasa del pescado crudo puede influir en los intercambios y las interacciones entre la grasa culinaria y la del pescado. Esto ha sido corroborado por otros autores como Mai y col. (1978), quienes encontraron que en los pescados con un alto contenido en grasa sometidos a un proceso de fritura se producían pocos cambios en su contenido total.

La forma de preparación del pescado para su posterior fritura puede afectar también al contenido final de grasa. Puede realizarse una fritura directa o mediante un rebozado (normalmente, se aplica a aquellos pescados con un elevado contenido en

agua y en consecuencia bajo en grasa). En este sentido, Makinson y col. (1987) observaron que en el pescado rebozado se retardaba la entrada de grasa, pero en los empanados no. Según Ohgaki y col. (1994), la fritura con rebozado provoca un incremento en la absorción de grasa.

Dentro de la fracción lipídica, el pescado destaca por su elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados, que tienen un efecto beneficioso sobre determinados problemas cardiovasculares. De ahí su importante papel en la dieta. En la composición lipídica de los pescados, destacan dos ácidos grasos poliinsaturados: el ácido eicosapentaenoico (AEP) y el docosahexaenoico (ADH), propios casi exclusivamente del pescado, que pertenecen a la familia ω -3. Son muchos los estudios epidemiológicos que han demostrado la importancia de estos ácidos en diversas patologías. Algunos autores afirman que la ingestión de ω -3 está inversamente relacionada con la incidencia del cáncer (Kaizer y col., 1989; Willett y col., 1990; Dolecek y Grandits, 1991). Cave (1991) y Karmali (1989) demostraron los efectos beneficiosos del AEP y el ADH en varios tipos de tumores malignos.

El consumo de pescado crudo no es habitual en nuestra sociedad occidental. Por ello, y dada la importancia de estos ácidos grasos, hay bastantes estudios centrados en la repercusión de la tecnología culinaria sobre su contenido. Concretamente, y debido a que es una de las formas más habituales de cocinar el pescado, el efecto de la fritura ha sido estudiado por diversos autores. Ohgaki y col. (1994) observaron que la fritura directa producía una disminución de ambos ácidos, mientras que el rebozado apenas tenía efecto. En otros estudios se insinúa, al igual que pasaba con el contenido de grasa total, que el efecto de la fritura sobre estos ácidos grasos depende también de su contenido en crudo (Shozen y col., 1995; Candela y col., 1997a, 1998) (Tabla 14-5).

Tabla 14-5. Efecto de la fritura sobre el contenido de ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico (g/100 g grasa)

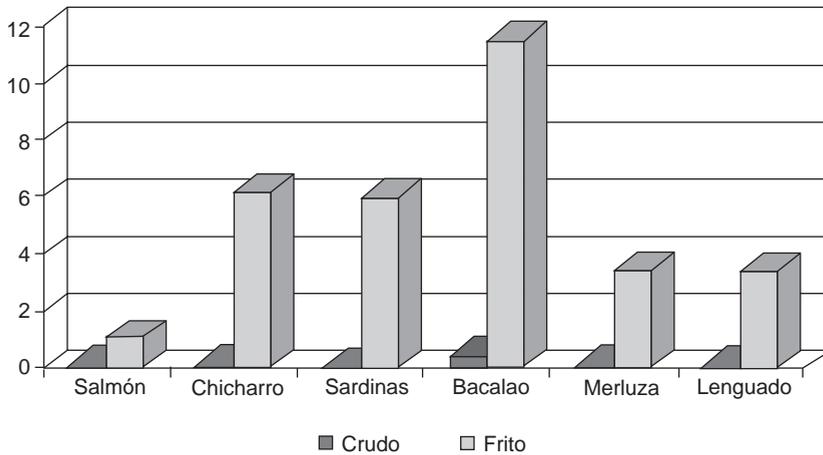
Pescados grasos

	Salmón		Chicharro		Sardinas	
	AEP	ADH	AEP	ADH	AEP	ADH
Crudo	5.15	7.58	4.62	11.97	8.43	15.53
Frito	4.64	6.81	1.30	4.11	2.39	4.19

Pescados magros

	Bacalao		Lenguado		Merluza	
	AEP	ADH	AEP	ADH	AEP	ADH
Crudo	0.04	0.16	0.02	0.02	0.10	0.15
Frito	0.01	0.03	0.04	0.02	0.04	0.06

Fuente: Candela y col. (1997a, 1998). Salmón, chicharro y sardinas: fritura directa. Bacalao, merluza y lenguado: fritura con rebozado previo.



Fuente: Candela y col. (1997a, 1998).

Figura 14-4. Efecto de la fritura sobre la relación ω -6/ ω -3 de diferentes pescados. Salmón, chicharro y sardinas: fritura directa. Bacalao, merluza y lengado: fritura con rebozado previo.

Es frecuente encontrar en la bibliografía, estudios sobre el contenido en ω -3, y además sobre la relación ácidos grasos poliinsaturados ω -6/ ω -3. Esto se debe a que recientes investigaciones han establecido diferencias entre los distintos ácidos grasos poliinsaturados en función de sus efectos saludables o no. Se ha observado que en animales el aumento de la ingestión de ω -6 está relacionado con un incremento en la incidencia de cáncer de pulmón, próstata y colon (Carroll y Khor, 1971; Reddy, 1986). Por ello, se considera positiva una baja relación ω -6/ ω -3. La fritura es una tecnología culinaria que puede afectar mucho a dicha relación, concretamente la fritura en aceite de girasol, debido a su gran contenido en ácido linoleico (ω -6). Ågren y Hänninem (1993) establecieron que los aceites vegetales ricos en ácidos grasos poliinsaturados ω -6 deberían evitarse en las frituras si se persigue un incremento en la ingestión de ácidos grasos poliinsaturados ω -3 a expensas de los ω -6. En la Figura 14-4 se observa cómo la fritura modifica de forma significativa la relación ω -6/ ω -3.

Estos cambios pueden tener, obviamente, una trascendencia desde el punto de vista nutritivo al limitar los efectos positivos que se derivan de los altos niveles de ω -3 en los pescados crudos (Candela y col., 1997a). Como se puede apreciar en la figura, el salmón frito presentó la mejor relación ω -6/ ω -3 debido a la gran estabilidad de sus ácidos AEP y ADH durante la fritura y a la pequeña absorción de ácido linoleico durante la misma.

Legumbres

Cuando se cocinan se hacen más digeribles, pero aun así no son un alimento de fácil digestión. Al cocer las legumbres secas, debemos ser conscientes del agua que incor-

poran sus hidratos de carbono (aumentan unas dos veces su tamaño). Al someterse a ebullición las paredes celulares de las legumbres se ablandan y debilitan y sus gránulos de almidón se gelatinizan. Esto las hace menos harinosas, más pastosas y agradables al paladar. Si a las legumbres secas se les permite reabsorber su humedad, sumergiéndolas unas cuatro horas en agua, su tiempo de cocción disminuye considerablemente.

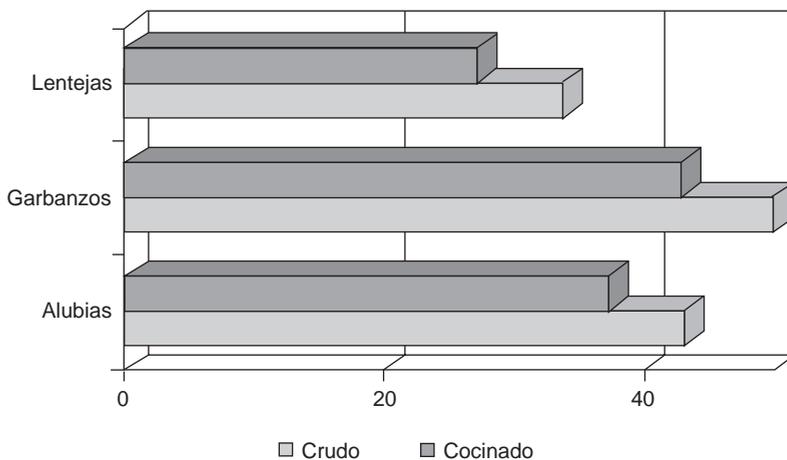
Las legumbres son una excelente fuente de proteína, hidratos de carbono, fibra, minerales y otros nutrientes (Ruiz y col., 1996). La forma más generalizada de cocinar las legumbres es la cocción en agua; por ello, se analiza su efecto sobre los principales nutrientes de las legumbres.

Hidratos de carbono

Como ya se ha indicado anteriormente, los hidratos de carbono pueden sufrir pérdidas disminuyendo su biodisponibilidad como consecuencia de su hidrosolubilidad, en el caso de azúcares sencillos, o por sufrir, en el caso de azúcares complejos, degradaciones favorecidas por las condiciones o por formar parte de reacciones químicas como la reacción de Maillard. En este caso, pueden estar también implicados aminoácidos esenciales, produciéndose una disminución de la digestibilidad.

En algunos casos, la pérdida de hidratos de carbono tiene efectos positivos. Así, Vidal-Valverde y col. (1993) y Khokhar y col. (1996) observaron pérdidas significativas de α -galactósidos, responsables de la flatulencia, en semillas tras remojo y cocción.

Los procesos de cocinado afectan, en general, al contenido en hidratos de carbono de las legumbres produciéndose, predominantemente, una disminución de los mismos. Vidal-Valverde y col. (1992, 1993) y Candela y cols. (1997b) encontraron un considerable descenso de la cantidad de hidratos de carbono, que podría ser explicado parcialmente por su solubilidad durante los procesos de remojo y ebullición (Figura 14-5).



Fuente: Candela y col. (1997b).

Figura 14-5. Efecto del cocinado sobre el contenido en hidratos de carbono de legumbres (g/100 g producto seco).

Además, analizando las diferentes fracciones de los hidratos de carbono, encontraron que durante el período de remojo de las lentejas había un acusado descenso de galactosidasas y un aumento de glucosa y fructosa (Vidal-Valverde y col., 1992, 1993).

Fibra

En cuanto al contenido en fibra dietética, Candela y col. (1997b) no encontraron un cambio significativo en la fracción insoluble de alubias y garbanzos. Sin embargo, el cocinado causó una disminución de esta fracción en las lentejas. Vidal-Valverde y col. (1992) observaron un descenso del contenido de hemicelulosa en esta legumbre, mientras que el de celulosa y lignina aumentó. La pérdida de hemicelulosa podría explicar la disminución de la fibra insoluble. La pérdida de esta fracción fue similar a la observada en otras legumbres por Augustin y Klein (1989). El mayor componente de la fracción soluble son las sustancias pécticas. Los resultados obtenidos para esta fracción por Candela y col. (1997b) mostraron un aumento en las alubias, pero no en los garbanzos y lentejas.

Otros autores (Kon, 1968; Varriano Marston y De Omana, 1979; Van Bure, 1985; Vidal-Valverde y col., 1992) encontraron un aumento de la fracción soluble con el cocinado. Se ha establecido que durante el período de remojo se produce una conversión de pectinatos insolubles en pectinas solubles, lo que no supondría un cambio en la cantidad total de fibra dietética. Acevedo y col. (1994) también concluyeron que el tratamiento térmico no afectaba a la cantidad total de fibra. Sin embargo, Candela y col. (1997b) observaron que esta conversión entre las fracciones soluble e insoluble no siempre tiene lugar (Tabla 14-6).

Tabla 14-6. Efecto del cocinado sobre el contenido en fibra dietética de varias legumbres (g/100 g producto seco)*

	Crudo	Cocinado
Alubias		
Fibra dietética	32.11	32.26
Fibra soluble	4.93 ^a ± 0.45	11.05 ^b ± 0.64
Fibra insoluble	27.18 ^a ± 1.30	21.21 ^a ± 0.00
Garbanzos		
Fibra dietética	27.81	29.64
Fibra soluble	4.29 ^a ± 0.13	4.55 ^a ± 0.00
Fibra insoluble	23.52 ^a ± 0.77	25.09 ^a ± 0.55
Lentejas		
Fibra dietética	35.11	24.38
Fibra soluble	3.75 ^a ± 0.54	7.65 ^{a,b} ± 0.00
Fibra insoluble	31.36 ^a ± 0.88	16.63 ^b ± 0.24

*Los valores que en la misma fila tengan diferentes letras son estadísticamente distintos (p A 0.01).
Fuente: Candela y col. (1997b).

Proteínas

En relación con el efecto del cocinado sobre la proteína, se produce en primer lugar un efecto beneficioso. Se han hallado varios factores antinutritivos de naturaleza proteica en semillas crudas (Gupta, 1987; Savage y Deo, 1989), que pueden eliminarse o reducirse mediante el cocinado (Nestares y col., 1993; Vidal-Valverde y col., 1994; Urbano y col., 1995). Por otro lado, Jood y col. (1989) señalaron que las operaciones de remojo, cocción, appertización y germinación, operaciones a las que son sometidas las semillas de las legumbres secas, mejoran significativamente su digestibilidad proteica. Estévez y col. (1991) observaron también un significativo incremento de la digestibilidad proteica en tres tipos de legumbres sometidas a remojo, cocción y posterior secado.

Las legumbres son una buena fuente de aminoácidos. El efecto del cocinado sobre esos aminoácidos ha sido estudiado por algunos autores. Ziena y col. (1991) estudiaron el efecto de diversas tecnologías, observando una disminución en la retención de la mayoría de los aminoácidos esenciales de las alubias. Las mayores pérdidas correspondieron a la metionina, la cistina y el triptófano. Candela y col. (1997b) encontraron que el cocinado de alubias conducía a una disminución significativa de aminoácidos esenciales y no esenciales. Geervani y Theophilus (1980) observaron un descenso en el contenido de metionina, treonina y lisina cuando se cocinaban garbanzos. Para las lentejas, en el mencionado estudio de Candela y col. (1997b) se observó un descenso del contenido de isoleucina, leucina y valina, pero un aumento en el contenido de lisina, fenilalanina y tirosina (Tabla 14-7).

Tabla 14-7. Efecto del cocinado sobre la composición en aminoácidos de las legumbres (g/100 g producto)*

	Alubias		Garbanzos		Lentejas	
	Crudo	Cocinado	Crudo	Cocinado	Crudo	Cocinado
Aminoácidos esenciales						
Histidina	0.30 ^a	0.24 ^a	0.24 ^a	0.15 ^a	0.18 ^{a,b}	0.23 ^a
Isoleucina	0.54 ^a	0.36 ^b	0.36 ^a	0.37 ^a	0.50 ^a	0.37 ^b
Leucina	0.72 ^a	0.46 ^b	0.48 ^a	0.48 ^a	0.63 ^a	0.54 ^b
Lisina	0.83 ^a	0.50 ^b	0.91 ^a	0.53 ^b	0.32 ^a	0.66 ^b
Metionina	0.23 ^a	0.08 ^b	0.12 ^a	0.11 ^a	0.05 ^a	0.08 ^a
Fenilalanina	0.69 ^a	0.42 ^b	0.42 ^a	0.46 ^a	0.26 ^a	0.48 ^b
Tirosina	0.45 ^a	0.22 ^b	0.19 ^a	0.18 ^a	0.15 ^a	0.26 ^b
Treonina	0.26 ^a	0.09 ^b	0.06 ^a	0.11 ^a	0.18 ^a	0.12 ^a
Valina	0.65 ^a	0.45 ^b	0.38 ^a	0.38 ^a	0.76 ^a	0.40 ^b
Aminoácidos no esenciales						
Prolina	0.38 ^a	0.23 ^b	0.24 ^a	0.28 ^a	0.37 ^a	0.28 ^b
Ácido aspártico	1.36 ^a	0.64 ^b	0.58 ^a	0.78 ^b	0.22 ^a	0.81 ^b
Serina	0.61 ^a	0.20 ^b	0.12 ^a	0.28 ^b	0.01 ^a	0.30 ^b
Ácido glutámico	1.88 ^a	1.17 ^b	1.67 ^a	1.14 ^b	2.23 ^a	1.41 ^b
Glicina	0.43 ^a	0.24 ^b	0.26 ^a	0.27 ^a	0.35 ^a	0.31 ^a
Alanina	0.30 ^a	0.21 ^b	0.26 ^a	0.21 ^b	0.61 ^a	0.22 ^b
Arginina	0.42 ^a	0.21 ^b	0.48 ^a	0.32 ^b	0.41 ^a	0.36 ^a

*Los valores que en la misma fila tengan diferentes letras son estadísticamente distintos (p < 0.01).

Fuente: Candela y cols. (1997b).

Klein y Mondy (1981) concluyeron que los diferentes métodos de cocción pueden conducir a cambios en la composición de constituyentes nitrogenados, cambios que dependerán de los mecanismos de transferencia de calor e incluso de los tejidos particulares de que se traten.

Hortalizas

Son alimentos bajos en calorías y ricos en agua y vitaminas A y C; también contienen fibra y minerales.

La forma más habitual de preparar las hortalizas es por ebullición. Para hervirlas es frecuente trocearlas, ya que, si no, las porciones más externas estarían sobrecoocidas mientras que las internas quedarían poco hechas. Los problemas referentes al color y la textura aumentan con el tiempo de cocción. Por tanto, las hortalizas deben cocerse en el tiempo más breve posible, en una olla grande llena de agua hirviendo. La abundancia de agua diluirá la acidez o alcalinidad. Si se deja el recipiente destapado pueden escaparse olores desagradables, pero también se puede concentrar cualquier producto químico indeseable que haya podido llegar a las hortalizas. Por esta razón, debe eliminarse el líquido de cocción.

Vitaminas

Durante la ebullición se pierden con el agua muchas vitaminas hidrosolubles del grupo B y la vitamina C (Tabla 14-8). Cuanto menos tiempo se expongan estas sustancias al calor y a la extracción acuosa menos pérdida habrá. Las pérdidas son menores por cocción al vapor o en olla a presión. La vitamina C se oxida fácilmente a temperaturas altas. Si se cuece una patata, el oxígeno de la piel no puede alcanzar con facilidad el centro del tubérculo, pero si se machaca, convirtiéndola en puré, se perderá la mitad de su contenido en vitamina C debido a la oxidación por el oxígeno atmosférico y a la presencia de vestigios de hierro y cobre.

Las vitaminas A y D son liposolubles y resisten mucho más al calor y a otros tratamientos.

Tabla 14-8. Comparación del contenido en vitamina C de algunas hortalizas antes y después de hervirlas (mg/100 g)

	Cruda	Hervida	Ebullición corta	Ebullición a gran presión
Espinacas	25.4	15.2	19.1	19.2
Guisantes frescos	33.7	16.6	25.2	22.9
Judías verdes	24.9	16.4	19.9	19.4
Patatas	15.5	12.5	14.1	14.8
Coles de Bruselas	130.5	56.4	85.7	90.4
Col de hoja rizada	92.3	15.7	48.3	40.5

Fuente: Coenders (1996).

Fibra

Zyren y col. (1983) no encontraron signos de grandes pérdidas de fibra cuando vegetales y frutas se prepararon por los procedimientos normales caseros o comerciales. También señalaron que la fibra soluble es mejor retenida que la insoluble.

Por el contrario, Herranz y col. (1983) sí observaron variaciones en el contenido de las diferentes fracciones de fibra dietética en vegetales, variaciones que fueron diferentes según la tecnología aplicada. Así, la cocción en agua produjo un incremento en el contenido de fibra neutra, fibra ácida y celulosa, mientras que la fritura produjo una disminución drástica de fibra neutra, fibra ácida, celulosa y lignina. Por su parte, Anderson y Clydesdale (1980) también observaron diferentes efectos. Así, el tostado incrementaba significativamente la lignina del salvado con tan sólo pequeños efectos en otros componentes de la fibra, mientras que el calentamiento en húmedo tiende primero a solubilizar y después a destruir las pectinas en el salvado, las zanahorias y los guisantes.

Tsukui y col. (1994) observaron un incremento de la fibra dietética total como consecuencia del calentamiento de patatas mediante vapor o hervido. Por otra parte, Theed y Phillips (1995) observaron que la fracción de fibra dietética soluble en agua de los productos de patata, no se modificaba por ninguno de los tratamientos culinarios aplicados (microondas, fritura, cocción y horneado), mientras que la fracción de almidón resistente y la fracción insoluble en agua se incrementaban, excepto con la cocción y horneado. Además, estos autores señalan que el almidón resistente contribuiría al incremento observado de la fracción insoluble al hacerse indigeribles por enzimas amilolíticas como consecuencia del tratamiento térmico.

Minerales

Miyoshi y col. (1995) estudiaron los cambios en el contenido de minerales durante la cocción de vegetales. Estos autores observaron correlaciones significativas entre los cambios en el peso de los vegetales tras el hervido y escurrido y los contenidos residuales de elementos minerales para cada vegetal y elemento.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E., Velázquez-Coronado, L. y Bressani, R. (1994). «Changes in dietary fiber content and its composition as affected by processing of black beans (*Phaseolus vulgaris*, Tamazulapa variety)». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 46(2), 139-145.
- Adams, C. E. y Erdman, J. W. (1987). «Effects of home food preparation practices on nutrient content of foods». En *Nutritional evaluation of food processing*. Ed. Avi.
- Ågren, J. J. y Hänninen, O. (1993). «Effects of cooking on the fatty acids of three freshwater fish species». *Food Chem.*, 46, 377-382.
- Anderson, N. E. y Clydesdale, F. M. (1980). «Effects of processing on the dietary fiber content of wheat bran, pureed green beans, and carrots». *J. Food Sci.*, 45, 1533-1537.
- Armstrong, S. G. y Bergan, J. G. (1992). «Factors affecting stability and nutritive value of fatty acids: culinary practices». En *Fatty acids in foods and their health implications*. Ed. Food Sci. Technol. New York.

- Augustin, J. y Klein, B. P. (1989) «Nutrient composition of raw, cooked, canned and sprouted legumes». En *Legumes chemistry, technology and human nutrition*. Ed. Matthews y Dekker. Ed., New York.
- Ayranci, G. y Kaya, S. (1993). «Kinetic analysis of the loss of some B- vitamins during the cooking of macaroni». *Nahrung* 37(2), 153-155.
- Bastic, L., Mavracic, Z., Bastic, M., Lukanec, V. y Dimitrijevic, D. (1992). «Effect of cooking methods on fatty acid composition of beef». *Tehnologija Mesa*, 33(2), 60-65.
- Bello, J. (1998). *Ciencia y Tecnología Culinaria*. Ed. Díaz de Santos, S. A., Madrid.
- Bender, A. E. (1978). «General principles». En *Food processing and nutrition*. Ed. Academic Press Inc. Londres.
- Bognar, A. (1993). «Studies on the influence of cooking on the vitamin B₆ content of food». Ber. Bundesforschungsanst. Ernähr. BFE- R. 93- 01, *Bioavailability* 93, Pt. 2. 346-351.
- Bragagnolo, N. y Rodríguez-Amaya, D. B. (1995). «Cholesterol levels in pork and beef and effect of cooking». *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.*, 15(1), 11-17.
- British Nutrition Foundation (1987). «Nutrition in Catering». En *Nutrition in Catering*. Ed. The Parthenon Publishing Group. Lancs.
- Candela, M., Astiasarán, I. y Bello, J. (1996) . «Effect of frying on the fatty acid profile of some meat dishes». *J. Food Compos. Anal.*, 9, 277-282.
- Candela, M., Astiasarán, I y Bello, J. (1997a). «Effect of frying and warmholding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadus morrhua*) and hake (*Merluccius merluccius*)». *Food Chem.*, 58(3), 227-261.
- Candela, M., Astiasarán, I. y Bello, J. (1997b). «Cooking and warmholding: effect on general composition and amino acids of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*)». *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4763-4767.
- Candela, M. (1997c). *Influencia del procesado tecnológico en el valor nutritivo de platos preparados por sistemas de restauración con distribución en caliente*. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad de Navarra.
- Candela, M., Astiasarán, I. y Bello, J. (1998). «Deep-fat frying modifies high-fat fishes lipid fraction». *J. Agric. Food Chem.*, 46(7), 2793-2796.
- Carroll, K. K. y Khor, H. T. (1971). «Effects on level type of dietary fat on incidence of mammary tumors induced in female Sprague-Dawley rats by 7,12-dimethyl-benz (*l*) anthracene». *Lipids*, 6, 415-420.
- Cave, W. T. (1991). « Ω -3 fatty acid diet effects on tumorigenesis in experimental animals». En *Health effects of Ω -3 polyunsaturated fatty acids in seafoods*. Simopoulos, A. P., Kifer, R. R., Martín, R. E., Barlow, S. M., Basel, Karger.
- Chang, C. I., Tchen, L.I.Y. y Watts, B.M. (1952). «The fatty acid content of selected foods before and after cooking». *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 29, 378.
- Chang, I. C. L. y Watts, B.M. (1952). «The fatty acid content of meat and poultry before and after cooking». *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 29, 334-335.
- Coenders, A. (1996) *Química culinaria: estudio de lo que les sucede a los alimentos antes, durante y después del cocinado*. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza.
- Dolecek, T. A. y Grandits, G. (1991). «Dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the multiple risk factor intervention trial (MRFIT)». En *Health effects of Ω -3 polyunsaturated fatty acids in seafoods*. Simopoulos, A. P., Kifer, R. R., Martín, R. E., Barlow, S. M., (eds.). Basel, Karger.
- Estévez, A. M., Castillo, E., Figuerola, F. y Yáñez, E. (1991). «Effect of processing on some chemical and nutritional characteristics of pre-cooked and dehydrated legumes». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 41, 193-201.
- Fleischman, A. I., Florin, A., Fitzgerald, J., Caldwell, A. B. y Eastwood, G. (1963). «Studies on cooking fats and oils». *J. Am. Diet. Assoc.*, 42, 394-397.
- Friedman, M. (1996). «Food browning and its prevention: an overview (review)». *J. Agricul. Food Chemis.*, 44(3), 631-653.
- Frolova, G. F. y Fedotova, N. I. (1993). «Vitamins change in cooking vegetable dishes». *Pishch. Tekhuol.* (5-6), 45-46.
- Geervani, P. y Theophilus, F. (1980). «Effect of home processing on the protein quality of selected legumes». *J. Food Sci.*, 45, 707-710.
- Gómez-Piñol, J. M. y Torre Boronat, M. C. de la. (1989). «Influencia de la tecnología en el valor nutritivo de los alimentos. I. Proteínas». *Alimentaria*, Julio-Agosto, 15-21.

- Greenfield, H. y Kosulwat, S. (1991). «Nutrient composition of australian fresh retail sausages and the effects of cooking on fat content». *J. Sci. Food Agric.*, 57, 65-75.
- Gupta, Y. P. (1987). «Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review». *Plant Foods Nutr.*, 37, 201-228.
- Harris, R. S. y Karmas, E. (1975). *Nutritional evaluation of food processing*. AVI, 2.^a ed. Westport.
- Herranz, J., Vidal-Valverde, C. y Rojas-Hidalgo, E. (1983). «Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw and cooked processed vegetables». *J. Food Sci.*, 48, 274-275.
- Hoelscher, L. M., Savell, J. W., Harris, J. M., Cross, H. R. y Rhee, K. S. (1987). «Effect of initial fat level and cooking method cholesterol content and caloric value of ground beef patties». *J. Food Sci.*, 52(4), 883-885.
- Hozova, Strwiska, F. y Bartekova, Z. (1995). «Loss of some vitamins of group B in the course of preparation of meat dishes. Potravín». *Vedy*, 13(1), 71-79.
- Ibrahim, A. y Moats, W. A. (1994). «Effect of cooking procedures on oxytetracycline residues in lamb muscle». *J. Agric. Food Chem.*, 42(11), 2561-2563.
- Ilow, R., Regulska-Ilow, B. y Saymczak, J. (1995). «Assessment of vitamin C losses in conventionally cooked and microwave-processed vegetables». *Bromatol. Chew. Toksy Kol.*, 28(4), 317-321.
- Janicki, L. J. y Appledorf, H. (1974). «Effect of broiling, grill frying and microwave cooking on moisture, some lipid components and total fatty acids of ground beef». *J. Food Sci.*, 39, 715-717.
- Jim-Yang, J., Sulaeman, A., Setiawan, B., Atngnonn, A., Giraud, D.W. y Driskell, J.A. (1994). «Sensory qualities and nutrient retention of beef strips prepared by different household cooking techniques». *J. Amer. Diet. Assoc.*, 94(2), 199-201.
- Jood, S., Chauhan, B. M. y Kapoor, A.C. (1989). «Protein digestibility (*in vitro*) of chickpea and blackgram seeds as affected by domestic processing and cooking». *Plant Foods Hum. Nutr.*, 39, 149-154.
- Kaizer, L., Boyd, N. F., Kriukov, V. y Tritcher, D. (1989). «Fish consumption and breast cancer risk. An ecological study». *Nutr. Cancer*, 12, 61-68.
- Karmali, R. A. (1989). «Dietary Ω -3 and Ω -6 fatty acids in cancer». En *Dietary Ω -3 and Ω -6 fatty acids: biological effects and nutritional essentiality*. Ed. Plenum Publishing, New York.
- Khokhar, S., Frias, J., Price, K. R., Fenwick, G. R. y Hedley, C. L. (1996). «Physico-chemical characteristics of khesari dhal (*lathyrus sativus*): changes in a-galactosides, monosaccharides and disaccharides during food processing». *J. Sci. Food Agric.*, 70, 487-492.
- Kilgore, L. T. y Luker, W. D. (1964). «Fatty acid components of fried foods and fats used for frying». *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 41, 496-500.
- Kilgore, L.T. y Bailey, M. (1970). «Degradation of linoleic acid during potato frying». *J. Am. Diet. Assoc.*, 56, 130-132.
- Klein, L. B. y Mondy, N. I. (1981). «Comparison of microwave and conventional baking of potatoes in relation to nongenous constituents and mineral composition». *J. Food Sci.*, 46, 1874-1877.
- Kon, S. (1968). «Pectic substances of dry beans and their possible correlation with cooking time». *J. Food Sci.*, 33, 437-440.
- Legland, J. P. y Wolff, J. M. (1985). *Technologie culinaire a la carte*. Ed. Lanore, J. Paris.
- Maincent, M. (1987). *Technologie culinaire. Personnel equipements-materiel-produits hygiene et securité*. Ed. B. P. I. Paris.
- Makinson, J. H., Greenfield, H., Wong, M. L. y Willa, R. B. H. (1987). «Fat uptake during deep-fat frying of coated and uncoated foods». *J. Food Compos. Anal.*, 1(1), 93-101.
- May, J., Shimp, J., Weihrauch, I. y Kinsella, J.E. (1978). «Lipids of fish fillet: changes following cooking by different methods». *J. Food Sci.*, 42, 1669-1674.
- McLeod, G. y Seyyedain-Ardebili, M. (1981). «Natural and simulated meat flavors (with particular reference to beef)». *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 14, 309-381.
- Miyoshi, K., Tani, T. y Tonzuka, F. (1995). «Changes in the contents of mineral elements contained in vegetables during cooking». *Eiyogaku Zasshi*, 53(2), 103-110.
- Morton, I. D. y McLeod, A. J. (1982). *Food Flavors Part A. Introduction*. Ed. Elsevier, New York.
- Myers, S. J. y Harris, N. D. (1975). «Effect of electronic cooking on fatty acids in meats». *J. Am. Diet. Assoc.*, 67, 232-234.
- Nestares, T., Barrionuevo, M., López-Frias, M., Urbano, G., Prodanov, M., Frias, J., Estrella, E. y Vidal-Valverde, C. (1993). «Effects of processing on some antinutritive factors of chickpea: Influence on protein digestibility and food intake in rats». En *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Ed. Wageningen Press: Wageningen, The Netherlands.

- Ohgaki, S., Kannei, M. y Morita, S. (1994). «Quantitative and qualitative changes in sardine lipid by cooking». *Annual report of Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences*, 56, 24-31.
- Presidencia del Gobierno (1997). Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de platos preparados (precocinados y cocinados). Real Decreto 512/1977 de 8 de febrero. Boletín Oficial del Estado del 2 de abril de 1977.
- Ramos, F., Castilho, M. C. y Da Silveira, M. I. N. (1993). «The effect of domestic cooking on clenbuterol residues in meat». *Residues Vet. Drugs Food, Proc. Euroresidue, Conf.*, 2nd, 2, 563-566.
- Rechcigl, M. (1986). *Handbook of nutritive value of processed foods*. Vols I, II. Ed. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Reddy, B. S. (1986). «Amount and type of dietary fat and colon cancer: animal model studies». *Prog. Clin. Biol. Res.*, 222, 295-309.
- Rose, M. D., Bygrave, J., Farrington, W. H. H. y Shearer, G. (1996). «The effect of cooking on veterinary drug residues in food. Oxitetracycline». *Food Addit. Contam.*, 13(3), 275-286.
- Ruiz, R. G., Prie, K. R., Arthur, A. E., Rose, M. E., Rhodes, M. J. y Fenwick, R. G. (1996). «Effect of soaking and cooking on the saponin content and composition of chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*)». *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1526-1530.
- Sánchez-Muñiz, F. J., Viejo, J. M. y Medina, R. (1992). «Deep-Frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acids composition of sardines and frying fats». *J. Agric. Food Chem.*, 40, 2252-2256.
- Savage, G. P. y Deo, S. (1989). «The nutritional value of peas (*Pisum sativum*). A literature review». *Nutr. Abs. Rev. (Serie A)*, 65-87.
- Shahidi, F., Rubin, L. J. y D'souza, L. A. (1986). «Meat flavor volatiles: A review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation». *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 24, 141-243.
- Shindoh, K. y Yasui, A. (1994). «The changes in inorganic elements in "new characteristic rice" by cooking». *Shokuhin Sogo Kenkyusho Kenkyu Hokoku*, 58, 13-19.
- Shozen, K., Ohshima, T., Ushio, H. y Koizumi, C. (1995). «Formation of cholesterol oxides in marine fish products induced by grilling». *Fish. Sci.*, 61(5), 817-821.
- Theed, S. T. y Phillips, R. D. (1995). «Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking». *Food Chem.*, 52(3), 301-304.
- Torrell, R. N., Suess, G. C., Cassens, R. G. y Bray, R. W. (1968). «Broiling, sex, and interrelationships with carcass and growth characteristics and their effect on the neutral and phospholipid fatty acids of the bovine *longissimus dorsi*». *J. Food Sci.*, 33, 562-565.
- Tsukui, A., Suzuki, A., Oguchi, E. y Nagayama, S. (1994). «Effect of cooking on dietary fiber contents in potatoes». *Nippon Kasei Gakkaishi*, 45(11), 1029-1034.
- Unklesbay, N., Davis, M. E. y Krause, G. (1983). «Nutrient retention of portioned menu items after infrared and convective heat processing». *J. Food Sci.*, 48, 869-873.
- Urbano, G., López-Jurado, M., Hernández, J., Fernández, M., Moreu, M., Frias, J., Díaz-Pollán, Prodanov, M. y Vidal-Valverde, C. (1995). «Nutritional assessment of raw, heated and germinated lentils». *J. Agric. Food Chem.*, 43, 1871-1877.
- Van Buren, J. P. (1985). «Softening of cooked snap beans and other vegetables in relation to pectins and salts». En *Chemistry and function of pectins*. Ed. ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC.
- Varriano-Marston, E. y De Omana, E. (1979). «Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans (*Phaseolus vulgaris*)». *J. Food Sci.*, 44, 531-535.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J. y Valverde, S. (1992). «Effect of processing on the soluble carbohydrate content of lentils». *J. Food Prot.*, 55(4), 301-304.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J. y Valverde, S. (1993). «Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking». *J. Am. Diet Assoc.*, 93, 547-550.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Estrella, I., Gorospe, M. J., Ruiz, R. y Bacon, J. (1994) «Effect of processing on some antinutritive factors of lentils». *J. Agric. Food Chem.*, 42, 2291-2295.
- Willett, W. C., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Rosner, B. A. y Speizer, F. E. (1990). «Relation of meat, fat and fiber intake to the risk of colon cancer in a prospective study among women». *N. Engl. J. Med.*, 323, 1664-1672.
- Zabik, M. E. y Zabik, M. J. (1996). «Influence of processing on environmental contaminants in foods». *Food Technol.*, 50(5), 225-229.

- Ziena, H. M., Youssef, M. M. y El-Mahdy, A. R. (1991). «Amino acid composition and some antinutritional factors of cooked faba beans (Medamnis): effects of cooking temperature and time». *J. Food Sci.*, 56(5), 1347-1349.
- Zyren, J., Elkins, E.R., Dudek, J. A. y Hagen, R. E. (1983). «Fiber contents of selected raw and processed vegetables, fruits and fruit juices as served». *J. Food Sci.*, 48, 600-603.

15

ALIMENTOS CON PROPIEDADES SALUDABLES ESPECIALES

(José Bello Gutiérrez)

CONCEPTO Y DESARROLLO

En opinión de los expertos, muchas de las enfermedades crónicas que afligen a la sociedad occidental de un modo particular (cáncer, obesidad, hipertensión, trastornos cardiovasculares, etc.) se relacionan de un modo muy estrecho con la dieta alimenticia.

Algunos trabajos científicos han puesto de relieve que ciertos ingredientes naturales de los alimentos proporcionan beneficios medicinales y resultan extraordinariamente útiles para la prevención de enfermedades e incluso para su tratamiento terapéutico:

aceites de pescado	aterosclerosis
betacarotenos	tumores en seres humanos
calcio	osteoporosis
colina	hipertensión
fibra dietética	trastornos intestinales
zinc	respuesta inmunitaria

En la actualidad, se observa una clara y acusada preocupación en nuestra sociedad por las posibles relaciones entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta sin reparos que la salud es un bien perfectamente controlable a través de la alimentación. De ahí, que se detecten en el mercado alimentario manifestaciones preferencias por aquellos alimentos que se anuncian como beneficiosos para la salud.

Las modernas técnicas de investigación en el campo de la epidemiología y la dietética han permitido establecer ciertas relaciones entre los estilos de vida y los hábitos alimentarios, a la vez que es posible destacar la incidencia de algunas enfermedades en la mortalidad de la sociedad occidental.

Por eso no es extraño que en el último tercio del siglo xx, el mercado haya sido inundado de alimentos con el calificativo de «saludables» y que en los dos últimos

decenios, hayan aparecido los «alimentos para la salud», también denominados según los países «alimentos funcionales» o «productos nutraceuticos».

La oferta de nuevos alimentos que reportan algún beneficio para la salud aparece por primera vez en la década de los años 60. De este modo, irrumpe en el mercado un nuevo tipo de alimentos diseñados para ser incluidos en dietas muy estrictas: exentas de gluten, bajas en sodio, pobres en calorías, etc.

No puede negarse el interés que estos productos han despertado en el mercado alimentario, como tampoco las suspicacias y debates que han surgido en torno de ellos. Aunque los alimentos funcionales responden a un avance científico en el campo de la alimentación, existe una gran confusión en todo lo que respecta a este nuevo grupo de productos. En el número de marzo de 1997 de la revista «Food Technology,» se plantea la distinción entre los que pueden ser calificados como «alimentos saludables» y los que deben ser considerados como «alimentos para la salud». Se afirma que la denominación «alimento saludable» viene a ser un concepto algo difuso basado en la ausencia de sustancias con efectos negativos, que prácticamente se extiende a cualquier grupo de alimentos tradicionales.

En este sentido, muchas frutas, verduras y otros productos de la alimentación convencional también tendrían derecho a recibir este calificativo, porque no contienen, al menos en cantidades importantes, sustancias consideradas nocivas desde el punto de vista clínico: sal, grasas, azúcar, colesterol. Por el contrario, aquellos alimentos que ofrecen algún componente con una actividad positivamente favorable para la salud del que lo consume podrían ser denominados sin ambages «alimentos para la salud».

Quizás debe ponerse de relieve en primer lugar la escasa uniformidad de la terminología empleada, distinta según investigadores y países. Los términos más empleados son:

Agente quimiopreventivo. Componente alimentario, nutritivo o no, que científicamente es investigado para la prevención primaria y secundaria del cáncer, en cuanto inhibidor potencial de la carcinogénesis.

Alimento de diseño (*Designer food*). Alimento procesado, que es suplementado con ingredientes naturales ricos en sustancias capaces de prevenir enfermedades.

Alimento funcional (*Functional food*). Cualquier alimento modificado, o ingrediente alimentario, que puede proporcionar algún beneficio para la salud, aparte de su contenido en nutrientes convencionales.

Producto nutraceutico (*Nutraceutical*). Cualquier producto que pueda tener la consideración de alimento, o parte de un alimento, capaz de proporcionar beneficios saludables, incluidos la prevención y el tratamiento de las enfermedades.

Farmaalimento (*Pharma food*). Alimento, o nutriente, que ofrece beneficios saludables, entre ellos la prevención y el tratamiento de enfermedades.

Productos fitoquímicos (*Phytochemical*). Sustancias que se encuentran en verduras y frutas, que pueden ser ingeridas diariamente con la dieta en cantidades de gramos, y muestran un potencial capaz de modular el metabolismo humano, de tal manera que se favorece la prevención de tumores.

Es decir, se puede considerar como alimento con una función saludable a «todo aquel capaz de conseguir un impacto positivo sobre la salud del que lo ingiere, sobre su desarrollo físico o su estado mental, sin referencia a su valor nutritivo».

En realidad, un alimento es funcional cuando contiene un componente químico (sea nutriente o no) con efectos selectivos sobre una o varias funciones del organismo.

No cabe duda de que el calificativo de funcional se relaciona con el concepto bromatológico de «propiedad funcional», es decir, aquella que caracteriza un alimento, en virtud de sus componentes químicos y de los sistemas fisicoquímicos que los incluyen, sin referencia a su valor nutritivo. Son propiedades de tres tipos: sensoriales, tecnológicas y saludables. Esta circunstancia obliga a matizar el calificativo de «funcional» aplicado a un alimento bajo el prisma de lo saludable, porque toda propiedad saludable puede ser considerada funcional, pero toda propiedad funcional no debe ser tomada como saludable.

De todo el cuerpo teórico elaborado en torno a este campo de los alimentos, se pueden destacar tres condiciones que, según los especialistas, definen el carácter funcional saludable de un alimento:

- a) Debe responder a las características propias y genuinas de lo que se entiende por un producto alimenticio: conjunto complejo de sistemas fisicoquímicos, en los que toman parte ingredientes naturales.
- b) Debe ser consumido formando parte de una dieta, dentro del modo convencional seguido para cualquier alimento.
- c) Su presencia dentro del organismo debe conducir a la regulación de algún proceso biológico concreto: mecanismos de defensa, procesos de envejecimiento, estado físico o mental, etc.

En este caso, deben ser calificados de alimentos «funcionales» los alimentos que en su formulación incorporan suplementos de nutrientes. En principio, no deben ser incluidos en el grupo de «alimentos para la salud», sino en el de «alimentos saludables», porque el nutriente no aparece como un integrante natural de algunos de los ingredientes, sino como un aditivo en su concepto más amplio.

Por otra parte, todo lo relativo a la suplementación alimentaria debe ser analizado y estudiado con profundidad en relación con los efectos saludables aportados. Ciertas experiencias clínicas han puesto de relieve claras diferencias en los resultados obtenidos con dietas convencionales, enriquecidas con suplementos de vitaminas antioxidantes (betacarotenos, tocoferoles, ácido ascórbico) y con dietas basadas en una abundancia de verduras y frutas, en favor de estas últimas.

No existe un total acuerdo entre los especialistas acerca de la naturaleza de estos alimentos, que puede variar tanto con la demanda social, como con el área geográfica. En Japón, país pionero en este nuevo ámbito de la industria alimentaria, se definen de acuerdo con la presencia natural de ingredientes, que marcan el carácter funcional saludable del producto.

Algunas industrias alimentarias europeas comparten puntos de vista similares al considerar la funcionalidad saludable de un alimento de acuerdo con los beneficios fisiológicos aportados por sus ingredientes naturales, subrayándose el carácter «natural» de esos ingredientes. En Europa, la demanda de tales alimentos ha tenido como precedente el interés por los productos homeopáticos y por las hierbas medicinales.

En cambio, en EE.UU. se tiende a calificar la funcionalidad de un alimento de acuerdo con un diseño realizado para enaltecer unas cualidades saludables deseadas y fundamentado en las propiedades de algún ingrediente, que no se exige que necesariamente sea de origen natural.

El factor principal que promueve el desarrollo comercial de tales productos es la demanda y la aceptación por parte del consumidor. Si éste no da crédito a sus potenciales propiedades saludables, o bien no se interesa por ellas, hay que dar por seguro el fracaso comercial, aunque su reclamo terapéutico pueda ser excelente. Es muy posible que el actual interés del consumidor se haya visto incrementado por la concatenación de una serie de factores que han influido en su opinión:

- a) demostración clínica de la funcionalidad saludable de algunos componentes alimenticios
- b) incremento de la población anciana, más interesada por la salud y la esperanza de vida
- c) preocupación de la Administración Pública por reducir los costes sanitarios
- d) una información más completa, apoyada en las etiquetas nutricionales
- e) mayor protagonismo de la medicina preventiva
- f) importantes progresos en la tecnología alimentaria.

Además de las funciones nutritivas y organolépticas, se considera que los alimentos, en su comportamiento, desempeñan una tercera función relacionada con los efectos fisiológicos: neutralizar sustratos nocivos, prevenir enfermedades, promover la recuperación hasta un estado general de buena salud, etc. De aquí que se hayan hecho muy populares aquellos alimentos que, en el ámbito de la salud, ofrecen un beneficio adicional a la dieta diaria.

Quizás también haya contribuido a ello el apoyo recibido desde la Administración Pública Sanitaria, que promueve programas promotores de tales alimentos convencida de su relevancia para la numerosa población de la tercera edad. Así, la legislación alimentaria japonesa establece doce grupos de ingredientes alimenticios con propiedades que pueden favorecer la salud:

1. Fibra dietética.
2. Oligosacáridos.
3. Azúcares alcoholes.
4. Péptidos y proteínas.
5. Glúcidos.
6. Alcoholes.
7. Isoprenoides y vitaminas.
8. Colinas.
9. Bacterias acidolácticas.
10. Elementos minerales.
11. Ácidos grasos poliinsaturados.
12. Otros.

PAPEL QUE DESEMPEÑAN EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES

Además de los nutrientes implicados en la actividad metabólica normal del organismo humano, los alimentos que consumimos suelen contener otros componentes químicos, capaces de proporcionar algún beneficio saludable adicional. Tales sustancias, también denominadas «fitoquímicas», abundan en los productos de origen vegetal, tanto en los que se consumen de modo ordinario (frutas, verduras, legumbres, granos de cereales, etc.), como en aquellos de consumo poco frecuentes (soja, té verde, regaliz, etc.).

Los efectos beneficiosos de todo este conjunto de sustancias han sido ampliamente divulgados y, en consecuencia, se ha despertado un vivo interés en el consumidor, dispuesto a proteger su salud a través de la alimentación, sin importarle demasiado su costo.

En los últimos años, se ha podido identificar la naturaleza química de muchas sustancias presentes en los alimentos, vinculadas con actividades fisiológicas que resultan saludables para el organismo que los ingiere. Numerosos datos experimentales ponen de manifiesto su papel primordial en el tratamiento y la prevención de diversas enfermedades, algunas de ellas graves: cáncer, diabetes, hipertensión, alteraciones cardiovasculares, osteoporosis, defectos en los tubos neuronales, función anormal del colon, artritis y otras. En las Tablas 14-1, 14-2, 14-3, 14-4 y 14-5, se resume la situación actual de las propiedades saludables de los componentes naturales de los alimentos, nutrientes y no nutrientes.

Tabla 14-1. Propiedades saludables de las proteínas

*** Péptidos de la leche**

- + actividad opioide (casomorfina, lactomorfina).
- + actividad estimulante del sistema inmunitario (inmunopéptidos).
- + capacidad de enlazar minerales, de enaltecer la solubilidad y la utilización de elementos minerales (caseinofosfopéptidos).

*** Péptidos de gelatina, pescados (atún, bonito, sardina), cereales (maíz, arroz)**

- + actividad antihipertensiva.

Tabla 14-2. Propiedades saludables de los aminoácidos

* HIPERTENSIÓN	Arginina, tirosina.
* DOLOR	Fenilalanina, triptófano.
* CIRROSIS	Ácido aspártico.
* DEPRESIÓN	Fenilalanina, tirosina.
* ARTRITIS REUMATOIDE	Histamina.
* PARKINSON	Tirosina.
* ALCOHOLISMO	Glutamina.
* DROGADICCIÓN	Ácido aspártico.
* COMPORTAMIENTO	Fenilalanina.

Tabla 14-3. Propiedades saludables de los ácidos grasos

* Ácidos linoleico y araquidónico (serie Ω-6)	Elevan las prostaglandinas y los leucotrienos; situaciones protrombóticas y proinflamatorias
* Ácido linolénico (serie Ω-3)	Propiedades antitrombóticas, antivasoconstrictoras y antiinflamatorias. Esenciales para las funciones del sistema nervioso central.

Tabla 14-4. Propiedades saludables de los carbohidratos

* Mono y oligosacáridos	+ compuestos absorbibles sólo parcialmente, que proporcionan menos energía metabolizable + compuestos sin efecto sobre la secreción pancreática + compuestos favorecedores de la población bacteriana intestinal + compuestos que previenen la caries dental
* Polisacáridos (polisacáridos no almidones)	+ efectos positivos sobre el estreñimiento, el síndrome del colon iritado, la diverticulosis, el cáncer de colon.

Tabla 14-5. Propiedades saludables de compuestos minoritarios

Propiedades saludables de vitaminas	
Papel antioxidante de ácido ascórbico, β -caroteno y α -tocoferol; neutralización radicales libres	
Propiedades saludables de elementos minerales	
Calcio	osteoporosis, osteomalacia, hipertensión, cáncer de colon
Magnesio	funcionamiento de los músculos cardíaco y esquelético, función cerebral, anorexia
Hierro	anemia (carencia), oxidación LDL (exceso)
Cinc	actividad de las hormonas crecimiento y tiroideas, ayuda a la función inmunitaria
Selenio	cáncer
Propiedades saludables de no nutrientes	
Compuestos tioalilos (ajos)	protección frente a enfermedades cardiovasculares y cáncer, inhibición de la deformación de nitrosaminas a nivel estomacal
Inhibidores de proteasas (soja)	anticancerígeno
Catequinas (té)	inhibición de tumores
Lignanos (crucíferas)	reguladores de sustancias estrogénicas
Flavonas (raíz del astrágalo)	incremento niveles de IgM e IgE

Algunos péptidos aislados de proteínas alimenticias (leche, gelatina, pescados, cereales) han demostrado diversas actividades biológicas muy interesantes: opioide, estimulante del sistema inmunitario, favorecedores de la utilización de elementos minerales, antihipertensiva, etc. Asimismo, diversos aminoácidos han sido relacionados con el tratamiento de otras tantas enfermedades: hipertensión, dolor, cirrosis,

depresión, artritis reumatoide, Parkinson, alcoholismo, drogadicción, comportamiento, etcétera.

Varios trabajos experimentales han permitido establecer los factores responsables de las funciones biológicas de los ácidos grasos: la longitud de la cadena, el grado de saturación y la localización de su primer doble enlace, responsable de las estructuras Ω -3 y Ω -6. Además, diversos ácidos grasos individuales han podido ser relacionados, unos positivamente y otros negativamente, con la incidencia de enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes, psoriasis, artritis, colitis ulcerosa, etc.

Se cree que algunos hidratos de carbono simples desempeñan un papel protagonista en el desarrollo de la obesidad y la caries dental, mientras que la fibra dietética, o mejor los polisacáridos no almidones, se vinculan al tratamiento del estreñimiento, el síndrome del colon irritable, la diverticulosis y el cáncer de colon.

Vitaminas como el ácido ascórbico, el α -tocoferol y el β -caroteno resultan primordiales para la prevención de tumores por su carácter antioxidante, al ser capaces de neutralizar los radicales libres que se forman en los tejidos vivos.

Entre los elementos minerales caben citar: la vinculación del calcio con la osteoporosis y la osteomalacia; la del magnesio con el funcionamiento de los músculos cardíaco y esquelético, la función cerebral y la anorexia; la del hierro con la anemia; la del cinc con la actividad de las hormonas de crecimiento y tiroideas y la del selenio con el cáncer.

Respecto a los compuestos no nutrientes, en su mayor parte sustancias fitoquímicas, hay que mencionar los derivados tioalilos de los ajos, los inhibidores de la proteasa de la soja, los lignanos de las crucíferas, las catequinas del té, las flavonas de la raíz del astrágalo y otros, que se relacionan individualmente con varios efectos saludables: protectores cancerígenos y cardiovasculares, regulación de las sustancias estrogénicas, inhibición del cáncer, mejora del estado inmunológico por incremento de los niveles de IgM e IgE, etc.

ASPECTOS SANITARIOS VINCULADOS AL DESARROLLO DE NUEVOS ALIMENTOS FUNCIONALES

Desde la década de los años 90, el mercado alimentario se ha enriquecido con productos a los que se atribuyen beneficios positivos sobre la salud del consumidor debido a la acción biológica de algunos de sus componentes. Se ha producido un cambio en los enfoques científicos y se sugiere la posibilidad de modificar la composición de los productos agrícolas, reduciendo los niveles de sustancias indeseables, e incrementando a la vez el contenido en sustancias de efectos beneficiosos.

Actualmente, los llamados alimentos funcionales van ganando cuotas de mercado en muchos países del mundo occidental económicamente desarrollados, de entre las cuales destacan Alemania, Nueva Zelanda y Sudáfrica. En esta línea, hay que señalar que más de cien empresas japonesas han invertido en el desarrollo y comercialización de este tipo de alimentos. Y de ellas han salido las más diversas presentaciones: bebidas blandas, cereales para desayuno, bizcochos, confituras, productos lácteos, bebidas con bacterias acidolácticas, etc.

En Europa, la oferta se ha centrado en alimentos ricos en ingredientes muy concretos: ácidos grasos de estructura omega, β -caroteno, componentes de los ajos, algunos oligo-

sacáridos. En cambio, el mercado americano se ha inclinado por los alimentos ricos en fibra dietética a base de salvado de avena, o de arroz. En enero de 1997, la *Food and Drug Administration* (FDA) de EE.UU., después de dos años de investigaciones y debates, ha aprobado que los alimentos a base de avena y ricos en betaglucanos puedan hacer constar en sus etiquetas la propiedad de reducir el riesgo de padecer enfermedades de corazón.

En la práctica, los denominados alimentos funcionales han sido muy debatidos al ser considerados desde dos puntos de vista muy diferentes:

- a) Unos hablan de ellos como lo último en los avances científicos para proteger con la dieta unas situaciones fisiológicas saludables.
- b) Otros los consideran un producto de marketing, diseñados para exagerar los posibles efectos beneficiosos saludables de algunos de sus ingredientes.

La cuestión ha provocado intensos debates en reuniones científicas. No obstante, la evidencia de algunos resultados experimentales habla en favor de tales alimentos. Cuando menos, hay que reconocerles una gran verosimilitud en sus planteamientos.

Es muy posible que el éxito de su aceptación y demanda entre los consumidores se deba a dos circunstancias fundamentales:

- El consumidor confía, cada vez más, en los efectos saludables de ciertos ingredientes alimenticios y acepta sin dificultad que la alimentación pueda ser un factor fundamental en el control de su estado de salud.
- Cada vez se dispone de mejor información, tanto clínica como epidemiológica, que apoya la utilidad y eficacia de esos productos.
- Se pone especial énfasis en reconocer que la medicina preventiva es esencial para mantener un buen estado de salud.

La industria alimentaria, los consumidores y los legisladores han incrementado su interés por este tipo de productos alimenticios a medida que la evidencia científica va demostrando sus beneficios para la salud. No obstante, aquí radica también la dificultad: demostrar de modo científico los efectos protectores de un alimento en particular, o de alguno de sus ingredientes aislado.

Aparte de estas consideraciones, las normas de la Unión Europea para los alimentos funcionales no autorizan ningún tipo de reivindicación sanitaria en la comercialización de tales productos. Es más, parece que existe un acuerdo internacional muy extendido para impedir que ningún alimento específico lleve indicaciones referentes al tratamiento de enfermedades.

Desde el punto de vista socioprofesional, convendría una actuación en tres ámbitos importantes si se desea una verdadera implantación de estos alimentos en el mercado convencional:

1. Asesoramiento a los consumidores sobre la ingestión apropiada de esta nueva gama de alimentos, dentro de un contexto de dietas saludables.
2. Suministro de experiencia a las industrias alimentarias para emprender diseños de nuevos alimentos funcionales, o mejorar los que ya se producen.

3. Confrontación de los resultados de la investigación con las observaciones prácticas, para obtener un potencial de conocimientos muy importante para el futuro. Posiblemente, en el futuro el cuidado de la salud se fundamentará de modo primordial en la prevención de enfermedades.

Así que, hay que partir de un profundo conocimiento nutricional para la promoción de una investigación adecuada que conduzca a la elaboración de productos útiles, así como para una divulgación correcta de los resultados obtenidos.

No obstante, hay que señalar que existe un desconocimiento real de los niveles óptimos de ingestión diaria para cada una de las sustancias consideradas promotoras de la salud, debido a la dificultad de extrapolar al ser humano los resultados de experiencias con animales.

En 1992, se publicó un trabajo en el que se evaluaba, dentro de una población anciana, la correlación entre el estatus en micronutrientes, la suplementación dietética con minerales/vitaminas y la función inmunitaria. Sus resultados indicaban que la ingestión óptima estaba relacionada con los niveles séricos de los nutrientes claves.

Igualmente, en 1993 se realizó un estudio epidemiológico que puso de manifiesto que el riesgo de enfermedades cardiovasculares aparece asociado a la baja concentración plasmática de nutrientes antioxidantes. A su vez, quedaba patente que los niveles de ingestión deben basarse en los requerimientos individuales necesarios para alcanzar unos niveles plasmáticos óptimos en dichos nutrientes. Por ello, algunos científicos opinan que son los niveles plasmáticos los que marcan la pauta para establecer las necesidades dietéticas.

En la Tabla 14-6 se ofrece una completa descripción de los aspectos fisiológicos que la bromatología funcional estudia en la actualidad. Sin duda alguna, deberán ser considerados alimentos funcionales aquellos que tienen la capacidad de actuar sobre algunas de esas funciones. En unos casos, como el del calcio, son bastante claros sus efectos preventivos de un estado patológico como la osteoporosis. Sin embargo, no es fácil determinar estos efectos en otros componentes, entre ellos los fitoquímicos que integran verduras y frutas. Con los conocimientos actuales, no es posible establecer unas recomendaciones específicas para unos componentes dados, ni para los alimentos que contengan esos componentes. Sólo puede afirmarse que «es bueno recomendar un consumo elevado de frutas y verduras».

En general, la producción de alimentos es cada vez más sofisticada gracias a las innovaciones tecnológicas, pero no parece que el grado de seguridad evolucione de un modo paralelo. Encuestas llevadas a cabo en la Unión Europea por algunas organizaciones de consumidores han puesto de manifiesto que el grado de seguridad de algunos productos alimenticios está muy lejos de ser óptimo. El hecho de que se realicen este tipo de encuestas, considerado en sí mismo, demuestra que existe una gran preocupación por la seguridad de los productos alimenticios. No es de extrañar que hacia ella se centren en la actualidad las nuevas orientaciones de la política alimentaria de muchos países.

En el ámbito de los alimentos funcionales hay que considerar que se trata de «alimentos para la salud», es decir, productos alimenticios cuyo consumo va a reportar una mejora de la salud de la población, por la propia naturaleza de sus ingredientes, sin «suplementación» de alguna estructura química concreta. Pero en la práctica puede

Tabla 14-6. Aspectos fisiológicos estudiados por la Bromatología Funcional**El aparato digestivo**

a) población microbiana intestinal; *b)* función de la mucosa gástrica; *c)* tejido linfoide intestinal humano; *d)* factores dietéticos de riesgo de carcinogénesis colorrectal; *e)* ventajas fisiológicas y sanitarias de los probióticos y prebióticos para los seres humanos.

Defensas contra especies oxidantes reactivas

a) daños por oxidación, defensa antioxidante y papel de los prooxidantes en las enfermedades; *b)* métodos disponibles para la evaluación y la cuantificación de los daños provocados *in vivo* por los prooxidantes en el ADN, los lípidos y las proteínas; *c)* opciones dietéticas para modular los daños oxidantes y el sistema de defensa antioxidante *in vivo*; *d)* aspectos sobre la seguridad de los antioxidantes; *e)* aspectos tecnológicos relacionados con la producción de productos alimenticios ricos en antioxidantes.

El aparato cardiovascular

a) principales factores de riesgo; *b)* funciones celulares en el aparato cardiovascular, con especial atención a los procesos en los que interviene el sistema inmunitario; *c)* trombosis arterial, función de las plaquetas, leucocitos, células endoteliales, coagulación de la sangre y fibrinólisis; *d)* la hipertensión y la función cardíaca; *e)* componentes de la dieta y lipoproteínas séricas.

Metabolismo intermediario

a) cuestiones de salud conocidas habitualmente como síndrome X (en las que se incluyen la obesidad, la diabetes y el síndrome de resistencia a la insulina), con problemas metabólicos relacionados con estas enfermedades; *b)* factores dietéticos para prevenir los estados carenciales y la osteoporosis; *c)* alimentos funcionales para los deportistas.

Desarrollo, crecimiento y diferenciación

a) aspectos específicos del crecimiento y el desarrollo; *b)* interacción entre nutrientes y genes y regulación genética; *c)* investigaciones sobre alimentos funcionales y sus efectos en la respuesta inmunitaria; *d)* efectos de los nutrientes sobre la maduración gastrointestinal, la apoptosis, la mineralización y el crecimiento de huesos; *e)* nutrición temprana y desarrollo neural y cognitivo; *f)* modulación del desarrollo y la diferenciación intrauterina, y efecto de la lactancia.

Funciones psicológicas y de la conducta

a) efectos funcionales sobre la activación, la sedación y el estado anímico; *b)* influencia de los alimentos y sus componentes sobre la función psicológica y la conducta; *c)* los alimentos y el rendimiento cognitivo.

ocurrir que se disponga de alimentos convencionales cuyo contenido en una estructura química deseada sea bastante inferior al que se necesita para conseguir un efecto terapéutico determinado. Es decir, es frecuente que los alimentos convencionales no contengan las sustancias supuestamente favorables en los niveles óptimos capaces de ejercer una acción positiva en el organismo.

En este sentido, se espera que la ingeniería genética proporcione productos cuya composición química natural aparezca enriquecida en esa sustancia deseada. Sin embargo, en cuanto a la seguridad, cabe preguntarse: ¿debe recurrirse a los productos transgénicos para ofrecer por la vía convencional alimentos orientados a superar los riesgos de padecer enfermedades crónicas? La palabra Biotecnología significa simplemente uso de organismos vivos, o de parte de ellos, para la elaboración de ciertos productos. No hace falta señalar que ha sido una tecnología que el ser humano ha aplica-

do desde los tiempos más remotos: obtención de pan, vinos, cervezas, quesos, yogur, etcétera.

Sin embargo, en el ánimo de todo el mundo existen suspicacias frente a las aplicaciones de los adelantos de la Biotecnología al ámbito de los alimentos. Y esta desconfianza ha pesado bastante en el desarrollo de los posibles avances científicos.

En realidad, lo que preocupa actualmente es el uso de organismos modificados genéticamente (OMG), también denominados transgénicos, que se definen como aquellos cuyos DNA ha experimentado una modificación a través de los métodos de ingeniería genética. A pesar de todo, esta rama de la ciencia ha progresado de modo notable y dispone de los conocimientos adecuados para controlar lo que hace con ciertas garantías de seguridad. Desde el punto de vista bioético, su empleo debe estar perfectamente fundamentado en una adecuada valoración del riesgo, así como en un profundo análisis y predicción del mismo.

En Biotecnología, el concepto de riesgo puede implicar dos cosas: la amenaza de ocasionar un daño o también el peligro potencial de que se modifique algo.

En este sentido, la bioética coordina dos aspectos:

- evitar el daño mediante una valoración del riesgo;
- proporcionar un beneficio que debe ser cuantificado.

Ahora bien, es evidente que se hace muy necesaria una legislación alimentaria adecuada y estricta, que evite los numerosos abusos que se producen en el mercado alimenticio en torno a este tipo de productos, basados en la oferta de beneficios saludables que después no dan.

En esta línea, habría que considerar en qué medida alcanza a los alimentos funcionales la reciente legislación europea sobre nuevos alimentos. En el Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 14 de febrero de 1997 se publicó el Reglamento n.º 258/97 (27-enero-97) del Parlamento Europeo y del Consejo «sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios». Entre los considerandos que alega para justificar sus posteriores disposiciones, el Reglamento hace hincapié en que, para proteger la salud pública, resulta necesario garantizar que los nuevos alimentos sean sometidos a una evaluación de seguridad, antes de que sean puestos en el mercado europeo. Debido a una posible asociación entre el consumo de nuevos alimentos y algún riesgo para el medio ambiente, también hace referencia a la importancia y necesidad de establecer un sistema capaz de evaluar de modo unitario, en todo nuevo producto, su idoneidad como alimento y su incidencia sobre el medio ambiente.

En dicho Reglamento se considera como «nuevo producto» todo aquel que «hasta el momento» no ha sido utilizado en una medida importante para el consumo humano y, además, puede ser incluido en algunas de las seis categorías siguientes:

1. Alimentos que contienen organismos genéticamente modificados.
2. Alimentos producidos a partir de organismos genéticamente modificados, aunque no los contenga.
3. Alimentos de estructura molecular primaria nueva, o intencionadamente modificada.

4. Alimentos que consisten en microorganismos, hongos o algas, así como los obtenidos a partir de ellos.
5. Alimentos consistentes en vegetales, o productos obtenidos a partir de ellos, así como los ingredientes obtenidos a partir de animales, con excepción de los obtenidos mediante prácticas tradicionales de selección o de multiplicación, con historial alimenticio seguro.
6. Alimentos sometidos a un proceso de producción no usado habitualmente, que provoque cambios en su composición o en su valor nutritivo.

En consecuencia, el Reglamento europeo establece una normativa y disposiciones con el fin de garantizar al consumidor toda la información necesaria acerca de cualquier nuevo alimento comercializado. A su vez, debe garantizar que la presencia de organismos genéticamente modificados no representa ningún riesgo para la salud del que los consuma.

A pesar de todo, esta reglamentación puede resultar insuficiente, especialmente si se la compara con la legislación japonesa, que ha sido la primera (y tal vez la única), en establecer las características que debe cumplir un alimento para que pueda ser denominado comercialmente «alimento funcional»:

1. Debe dar lugar a una mejora de la salud.
2. Sus pretendidos beneficios saludables deben estar adecuadamente respaldados por una sólida investigación científica.
3. La ingestión diaria recomendada debe haber sido establecida por los expertos.
4. Cuando su ingestión supere los niveles recomendados, no debe ocasionar ningún efecto nocivo.
5. Su modo de empleo en la dieta debe corresponder a las formas convencionales de cualquier alimento tradicional.
6. Su procedencia debe corresponder con la consideración de producto natural.
7. Debe figurar de modo claro la presencia cualitativa y cuantitativa del ingrediente que aporta la caracterización de saludable.
8. Debe quedar bien detallado el método analítico que ha de aplicarse para una valoración cualitativa y cuantitativa de las propiedades físicas y químicas del ingrediente con actividad saludable.

No obstante, esta legislación ofrece todavía ciertas limitaciones, porque en la práctica científica no han sido establecidos los niveles óptimos que deben ser recomendados para la ingestión de cada uno de los ingredientes o sustancias que se consideran promotoras de la salud del individuo.

Entre otras cosas, existe una verdadera dificultad para extrapolar al ser humano los datos encontrados en las experiencias con animales.

En resumen, los alimentos funcionales tienen un papel, potencialmente importante, que desempeñar en el ámbito de la mejora de la salud humana. En este tercer milenio, con una población que no sólo aumenta, sino que a la vez envejece, estos alimentos funcionales suponen un gran reto para la industria alimentaria. No obstante, este progreso debe ser cauto y apoyarse en todo momento sobre una base científica sólida.

BIBLIOGRAFÍA

- Bello, J. (1995). Los alimentos funcionales o nutraceuticos. I. «Nueva gama de productos en la Industria Alimentaria». *Alimentaria*, 265, 25-29.
- Bello, J. (1995). «Los alimentos funcionales o nutraceuticos. II. «Funciones saludables de algunos componentes de los alimentos». *Alimentaria*, 267, 49-580.
- Mazza, G. (1998). *Functional foods, biochemical & processing aspects*. Ed. Technomic Llancaaster.
- Oldberg, I. (1994). *Functional foods. Designer foods, Pharmafoods, Nutraceuticals*. Ed. Chapman & Hall. New York.
- Sadler, M. J., Saltmarsh, M. (1998). *Functional Foods, The consumer, the products and the Evidence*. Ed. Royal Society of Chemistry. Letchworth.

16

ALIMENTOS ECOLÓGICOS Y TRANSGÉNICOS

(Iciar Astiasarán Anchía,
J. Alfredo Martínez Hernández)

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas tecnologías en los ámbitos de la producción de materias primas y de los procesos que se llevan a cabo en la industria alimentaria ha dado lugar a que aparezcan en el mercado productos alimenticios con características diferentes de los tradicionales.

La oferta de productos alimenticios dentro del grupo de productos para alimentación especial o de productos calificados como ligeros o dietéticos, es cada vez más amplia. También los productos considerados saludables, nutracéuticos o alimentos funcionales están proliferando en el mercado.

Para completar este texto, se ha querido hacer una referencia sucinta a dos grupos de alimentos que se encuadran dentro de los alimentos no tradicionales: los alimentos ecológicos o biológicos y los alimentos transgénicos.

ALIMENTOS ECOLÓGICOS

La denominación de productos biológicos, ecológicos o biodinámicos se aplica a los productos alimenticios cuyos ingredientes han sido obtenidos mediante prácticas agrícolas y ganaderas en las que se prescinde del empleo de productos químicos de síntesis.

El desarrollo de la producción agrícola y ganadera ecológica ha tenido lugar como consecuencia de los problemas que plantea la gran proliferación en el empleo de fertilizantes, plaguicidas y pesticidas. Estos últimos se convirtieron en uno de los más importantes peligros potenciales de toxicidad a través de los alimentos. Un estudio realizado por la FAO sobre los eventuales peligros para la salud pública más comúnmente asociados a los alimentos situó a los residuos de pesticidas en el quinto puesto, tras las intoxicaciones y toxiinfecciones por microorganismos, la malnutrición, los contaminantes ambientales y los tóxicos naturales de los alimentos. Las legislaciones alimentarias establecen las cantidades máximas de residuos de pesticidas que se pueden

encontrar en los alimentos. En general, los productores utilizan una gama pequeña de productos, para poder controlar su presencia en el producto final. Debido a la diversidad de su naturaleza química, la complejidad del análisis de pesticidas puede ser muy grande si se desconoce el producto concreto que se ha empleado.

Legislación sobre prácticas de producción ecológica

La producción agrícola ecológica se reguló en la Unión Europea a través del Reglamento sobre la Producción Agrícola Ecológica (2092/91). Este Reglamento se aplica a los productos agrícolas vegetales no transformados, a animales y productos animales no transformados y a productos que se elaboren a partir de dichos ingredientes. En él se establecen los principios de producción agrícola ecológica en las explotaciones, los fertilizantes destinados al abono y mejora del suelo, y los productos para el control de parásitos y enfermedades. También se incluyen los ingredientes de origen agrario y no agrario que pueden utilizarse en la elaboración de productos alimenticios transformados basados en ingredientes ecológicos.

En España, el Real Decreto 1852/1993, de 22 de octubre, sobre Producción Agrícola Ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, establece que los requisitos para los productos que lleven indicaciones referentes al método de producción ecológica deben ajustarse al reglamento europeo. Además del término «ecológico», se contemplan otras posibles denominaciones: «obtenido sin el empleo de productos químicos de síntesis», «biológicos», «orgánicos», «biodinámicos» y sus respectivos nombres compuestos, así como los vocablos «eco» y «bio» acompañados o no del nombre del producto, sus ingredientes o marca comercial.

En cuanto a los principios de producción, se incluyen como actividades para mantener o incrementar la fertilidad y actividad biológica de los suelos el cultivo, en programas de rotación plurianuales, de leguminosas, abono verde o plantas de enraizamiento profundo, así como la incorporación al terreno de abonos orgánicos obtenidos de residuos procedentes de explotaciones, que cumplan con los requerimientos oportunos.

La lucha contra parásitos, enfermedades y malas hierbas se realiza mediante la adopción conjunta de medidas: selección de variedades y especies adecuadas, apropiados programas de rotación, medios mecánicos de cultivo, protección de enemigos naturales de los parásitos (por ejemplo, setos, nidos, etc.) y quema de malas hierbas.

Los productos fitosanitarios sólo se pueden emplear en caso de peligro inmediato. Estos productos están restringidos a sustancias de naturaleza vegetal o animal como lecitina (fungicida), extracto de nicotina (insecticida), proteínas extraídas de *Chrysanthemum cinerariaefolium* (insecticida); microorganismos para el control biológico de plagas (no modificados genéticamente) y sustancias a utilizar sólo en trampas o dispersores, y sustancias empleadas tradicionalmente en agricultura ecológica, como el cobre (fungicida), el aceite de parafina (insecticida), el azufre (fungicida) y otros.

Potenciales ventajas de la agricultura ecológica

Entre las ventajas de la agricultura ecológica, hay que destacar la disminución del impacto sobre el medio ambiente que produce el empleo de compuestos de síntesis

(tanto fertilizantes químicos como plaguicidas, herbicidas, etc.), en la agricultura tradicional. Además, la agricultura ecológica puede favorecer la remineralización de los suelos gracias al empleo de abonos orgánicos, aspecto éste importante, ya que estos minerales, gracias a la acción de los microorganismos, pasan a su vez a los vegetales, incrementando en este sentido su valor nutritivo.

Uno de los problemas que se pretende solventar con la agricultura ecológica es la acumulación de nitratos en los vegetales, como consecuencia del empleo de fertilizantes químicos nitrogenados. Existen diversos estudios en los que, efectivamente, se detecta una disminución del contenido de nitratos en vegetales producidos con sistemas ecológicos frente a los producidos a través de prácticas tradicionales (Pérez-Lamas y col., 1996).

También se señala que la agricultura ecológica podría tener beneficios sobre la calidad nutritiva de los alimentos. Hay estudios que han mostrado ciertas ventajas en cuanto al aporte de minerales e incluso de aminoácidos (DeEll y Prange, 1993; Pérez-Lamas y cols., 1996). En el contexto de las dietas habituales de los países desarrollados en los que normalmente no existe carencia de estos nutrientes, la importancia que pueden tener estos incrementos es discutible si se tiene en cuenta el mayor coste de estos productos.

ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

Los alimentos transgénicos constituyen el último avance en la aplicación de la biotecnología al sector alimentario. Las técnicas de ingeniería genética permiten diferentes tipos de modificaciones genéticas, que incluyen la transferencia de genes entre diferentes especies. Como resultado de esta transferencia, un organismo genéticamente modificado puede desarrollar propiedades que no poseía de forma natural. En concreto, en el caso de los alimentos, los objetivos que se persiguen con las manipulaciones genéticas están relacionados con el desarrollo de resistencia a las plagas, la tolerancia a herbicidas y la mejora de propiedades tecnológicas o nutritivas.

La aplicación de la ingeniería genética a las plantas comenzó en la década de los años 80. En 1983, se pudo introducir DNA al genoma de plantas, gracias a la modificación del plásmido Ti de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*. También se demostró que se podía emplear un marcador de resistencia a antibióticos para poder detectar las células que habían sido modificadas genéticamente.

Estas técnicas se transformaron rápidamente en un instrumento de gran interés para la investigación científica y se desarrollaron métodos de transformación para una amplia variedad de cosechas. Las aplicaciones más interesantes incluyen plantas con resistencia a virus, y a insectos, tolerancia a herbicidas, control de maduración en frutos y cambios en la composición de hidratos de carbono o de grasas.

Cultivos de vegetales transgénicos a nivel mundial

Tras un decenio de investigaciones y desarrollo de nuevas variedades con propiedades sumamente interesantes, se han empezado a cultivar a gran escala diferentes tipos de plantas genéticamente modificadas. A escala mundial, se estima (EFICN) que la superficie total cultivada, con cinco importantes organismos modificados genética-

Tabla 16-1. Superficie mundial de cultivos modificados genéticamente (hectáreas)

Cultivos	1996	1997
Maíz	525.000	4.400.000
Soja	400.000	5.250.000*
Patata/Tomate	40.000	500.000
Oleaginosas	200.000	1.600.000**
Algodón	810.000	1.200.000

* Incluye la cosecha 1996/97 de Sudamérica. ** Incluye cálculos referentes a China.

Fuente: European Food Information Council Newsletter (1999).

mente (OMG), se multiplicó por más de 6 entre 1994 y 1997, pasando en ese período de 2 a 13 millones de hectáreas. En la Tabla 16-1 se aportan datos sobre los cultivos modificados genéticamente a nivel mundial en los años 1996 y 1997.

En los países asiáticos, del sur de América y Estados Unidos, la producción se está incrementando de forma muy significativa. A modo de comparación, en Estados Unidos la extensión de terreno sembrado con maíz modificado genéticamente equivale a la superficie total que la Unión Europea dedica al cultivo tradicional de maíz.

En Europa, en los últimos años, tan sólo se han llevado a cabo experimentos sobre el terreno con un número limitado de cultivos mejorados genéticamente, pero ninguno se ha comercializado hasta ahora. En 1999 Europa importaba el equivalente anual de 20 millones de hectáreas de productos OGM, principalmente soja y maíz.

Productos transgénicos comercializados

Los productos que se producen y comercializan en Estados Unidos y en la Unión Europea son muy variados (Tabla 16-2)

A modo de ejemplo, se describen a continuación algunos de los OMG obtenidos hasta el momento.

- *Maíz Bt*. El maíz, segundo vegetal alimentario más cultivado en el mundo, es susceptible de ser atacado por un gusano (taladro) que destruye hasta un 4 % de la producción mundial, porcentaje que en zonas concretas muy afectadas por esta plaga puede llegar al 20 %. Los pesticidas que se utilizan para evitar esta plaga son, en general, poco eficaces y tienen un efecto negativo sobre el medio ambiente. La modificación genética consiste en incorporar al maíz el gen de la endotoxina-Bt de *Bacillus thuringiensis*. Este gen permite al maíz sintetizar una toxina que destruye las células epiteliales del intestino de la larva del gusano. Esta proteína no tiene ningún efecto tóxico sobre el hombre, siendo su efecto selectivo frente al taladro.
- *Tomates y fresas resistentes a bajas temperaturas*. La modificación consiste en insertar genes que sintetizan proteínas con propiedades anticongelantes procedentes de especies de pescado del Ártico.

Tabla 16-2. Cultivos modificados genéticamente comercializados en Estados Unidos y en la Unión Europea

Características	Cultivo	Compañía	Estados Unidos ^a	Unión Europea
Tolerancia a herbicidas (Mayor resistencia a plagas)	Soja	Monsanto	1994	Mayo 1996 ^b
	Maíz	AgrEvo	1995	Pendiente
	Maíz	Ciba	—	Diciembre 1996 ^c
	Achicoria	BejoZaben	—	Mayo 1996 ^d
Resistencia a virus	Calabacín	Asgrow	1994	—
	Patata	Monsanto	1994	—
	Maíz	Ciba	1995	—
Resistencia a plagas	Maíz	Mycogen	1995	—
	Maíz	Monsanto	1996	Pendiente
	Maíz	Northrup	1996	Pendiente
	Tomate	Calgene	1994	—
Calidad de fruto	Tomate	DNAP	1994	—
	Tomate	Zeneca	1994	Reino Unido 1996 ^e
Aceites modificados	Canola	Calgene	1995	—
	Soja	Dupont	1997	—

^a: Fecha de aprobación por la FDA y el USDA; ^b: Autorización sólo para la importación, almacenamiento y uso en alimentos procesados y piensos; su cultivo no está permitido en la UE; ^c: Autorización para su cultivo y uso en alimentos procesados y piensos; ^d: Autorización para su cultivo y uso en piensos, pero no para alimentación humana; ^e: El Advisory Committee on Novel Foods and Processes (ACNPF) del Reino Unido aprobó sólo el uso de la pasta obtenida de tomates transgénicos

Fuente: Izquierdo-Pulido (1998).

- *Tomates de textura modificada.* Estos productos incorporan una modificación genética que permite bloquear la expresión de un gen encargado de codificar la síntesis de poligalacturonasa, enzima responsable de la hidrólisis de pectinas. Los tomates así obtenidos (Tomate Flavr Savr, Calgene) presentan unas propiedades tecnológicas muy adecuadas, ya que se ha conseguido reducir el excesivo ablandamiento, mejorando su resistencia al transporte, almacenamiento y las características de viscosidad de los purés elaborados a partir de él.
- *Aceites con perfiles lipídicos modificados.* El primer aceite modificado genéticamente se produjo mediante la modificación genética de la canola, perteneciente a la familia del aceite de colza, en el que se introdujo un gen de laurel de la bahía de California que codifica una enzima implicada en el proceso de síntesis del ácido láurico. La elevada proporción de ácido láurico que presenta el aceite así obtenido lo hace adecuado para diversas aplicaciones de la industria alimentaria (elaboración de dulces, galletas, etc.). También se han obtenido aceites de soja más saturados, que resultan, por tanto, más estables.

Aspectos de seguridad

En la comunidad internacional no existe un acuerdo unánime respecto a la aplicación de esta nueva tecnología. La mayor parte de los agricultores de cultivos biológicos se oponen a la utilización de cultivos modificados genéticamente. A mediados

de 1997, la Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Biológica (IFOAM), con sede en Alemania, declaró que «las manipulaciones genéticas y los OMG no tienen cabida en la agricultura y los alimentos biológicos». En breve, según la Asociación Británica del Suelo (UK Soil Association) si los consumidores quieren comprar productos que no hayan sido modificados genéticamente «sólo les queda comprar productos biológicos».

Las mayores reticencias en relación con la seguridad de la ingesta de alimentos transgénicos se refieren a dos temas: posibilidad de transferencia de genes y alergias.

Uno de los problemas que se plantea en relación con la seguridad del consumo de alimentos procedentes de plantas genéticamente modificadas es la transferencia de genes marcadores de resistencia a antibióticos a las bacterias patógenas. Los marcadores de resistencia a antibióticos son herramientas importantes para el desarrollo de los cultivos genéticamente modificados. Estos genes se utilizan para identificar las células modificadas y permiten, por tanto, identificar los OMG. En este sentido, se suelen utilizar como marcadores genes de resistencia a antibióticos que, en la práctica no resulten eficaces, por haberse empleado mucho en la antigüedad y haberse desarrollado muchas cepas de patógenos resistentes a ellos. Así, por ejemplo, en la obtención de tomates transgénicos con mayor dureza que los tradicionales, se empleó como gen marcador de la modificación genética un gen de resistencia a la kanamicina. Este gen induce la síntesis de una enzima, la neomicina fosfotransferasa, que degrada la kanamicina. En los últimos 10 años se ha llevado a cabo una intensa investigación sobre las posibilidades de que, efectivamente, se produzca una transferencia de genes desde el material genético de las plantas genéticamente modificadas a microorganismos patógenos para el hombre. Según el Dr. Greef, Director gerente de Applied Live Science Strategies, asesoría que trabaja sobre cuestiones relacionadas con el uso de la biotecnología en la producción de alimentos, los datos revelan que las posibilidades de que dicha transferencia se produzca por azar son insignificantes, del orden de $1/10^8$. Esto hace que, aunque no se pueda excluir totalmente la posibilidad de que se produzca, se pueda afirmar que es muy improbable. Existen muchas más posibilidades de que los patógenos humanos incorporen genes de resistencia a antibióticos a partir de otras bacterias no patógenas procedentes de nuestro entorno.

La mayoría de los investigadores opina que los marcadores de resistencia a antibióticos en plantas genéticamente modificadas no añaden un riesgo significativo para el medio ambiente o para la salud humana, y no deben ser motivo de preocupación. En cualquier caso, actualmente se están realizando importantes esfuerzos para buscar genes marcadores alternativos para detectar la presencia de material genético modificado.

El segundo problema relacionado con la seguridad de la ingestión de alimentos transgénicos es la posible inducción de alergias. Entre los problemas de intolerancia a los alimentos, la alergia a las proteínas tiene un papel bastante relevante. En este sentido, hay que señalar que la modificación genética se basa normalmente en la expresión de un gen que sintetiza una molécula de naturaleza proteica.

Los alimentos constituidos por OMG podrían incrementar las alergias alimentarias como respuesta a la exposición a proteínas con las que el hombre no había tenido contacto previo. Es necesario hacer estudios de la potencial alergenicidad de dichas proteínas, teniendo en cuenta modelos animales, test «in vitro» y la estructura proteica (Ruibal y col., 1997).

Legislación de la Unión Europea en materia de alimentos transgénicos

El reglamento de la Unión Europea para la introducción en el mercado comunitario de nuevos alimentos y de nuevos ingredientes alimentarios incluye dentro de este grupo de alimentos a los alimentos transgénicos. Efectivamente, el reglamento se refiere a aquellos alimentos e ingredientes alimentarios que, hasta el momento, no hayan sido utilizados en una media importante para el consumo humano en la Unión Europea, y que estén incluidos en las siguientes categorías:

- a) Alimentos e ingredientes alimentarios que contengan organismos genéticamente modificados con arreglo a la Directiva 90/220/CEE o que consistan en dichos organismos. Esta Directiva decide que el término organismo modificado genéticamente (OMG) designa un organismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no acaece en el apareamiento y/o recombinación naturales. La modificación genética tendría que llevarse a cabo, al menos mediante el uso de alguna de las siguientes técnicas: recombinación del ADN, incorporación directa en un organismo de material genético preparado fuera del organismo, incluidas la microinyección, la macroinyección y la microencapsulación; técnicas de fusión de células o de hibridación. No se consideran técnicas de modificación genética (siempre que no supongan la utilización de moléculas de DNA recombinante ni OMG) la fertilización *in vitro*, las técnicas de conjugación, transducción, transformación o cualquier otro proceso natural, y la inducción poliploide. Se excluyen además las técnicas de modificación genética, siempre que no impliquen la utilización de OMG como organismos receptores o parenterales, la mutagénesis y la fusión de células vegetales en que los organismos resultantes puedan producirse también mediante métodos tradicionales de multiplicación.
- b) Alimentos e ingredientes alimentarios producidos a partir de organismos modificados genéticamente, pero que no los contengan.
- c) Alimentos e ingredientes alimentarios de estructura molecular primaria nueva o modificada intencionadamente.
- d) Alimentos e ingredientes alimentarios consistentes en microorganismos, hongos o algas, u obtenidos a partir de éstos.
- e) Alimentos e ingredientes alimentarios consistentes en vegetales u obtenidos a partir de ellos y los ingredientes alimentarios obtenidos a partir de animales, excepto los alimentos e ingredientes alimentarios obtenidos mediante prácticas tradicionales de multiplicación o de selección y cuyo historial de uso alimentario sea seguro.
- f) Alimentos e ingredientes alimentarios que se hayan sometidos a un proceso de producción no utilizado habitualmente, que produce en su composición o estructura cambios significativos de su valor nutritivo, de su metabolismo o de su contenido en sustancias indeseables.

El reglamento señala expresamente que los alimentos e ingredientes alimentarios que constituyen su ámbito de aplicación no deberán suponer ningún riesgo para el con-

sumidor, ni inducirle a error, ni diferir de otros alimentos e ingredientes alimentarios a cuya sustitución se destinen, de tal manera que su consumo normal implique desventajas para el consumidor desde el punto de vista de la nutrición.

También hay que destacar la obligatoriedad que se establece sobre la información acerca de que el producto contiene o está constituido por OMG (RD 951/1997 y Reglamento CE 1139/98).

Es previsible que en los próximos años se vayan ampliando y matizando los diferentes aspectos legislativos que quedan pendientes sobre este tipo de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ariño, A. (1998). «Organismos modificados genéticamente y alimentos transgénicos». XVI Jornada Técnica ACTANAR (mayo 1998), Presente y futuro de nuevos alimentos, Zaragoza.
- COF Ciudad Real (1998). Informativo Profesional de Navarra (4) 12-13.
- Directiva sobre liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente (90/220/CEE).
- Izquierdo-Pulido, M. (1998). «Alimentos transgénicos: ¿alimentos del futuro?» *Nutrición y obesidad*, 1, n.º 5, 22-35.
- Izquierdo, M. (1998). «Alimentos transgénicos». *Acitidad Dietética* (3), 18-20.
- Reglamento (CE) núm. 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimenticios y alimentarios.
- Ruibal, N. L., Nagy, A. M. y Lints, F. A. (1997). «The potential allergenicity of novel foods». *J. Sci. Food Agric.*, 75, 405-411.
- Wilkinson, J. Q. (1997). «Biotech plants: from lab bench to supermarket shelf». *Food Technol.*, 51, 12, 37-42.



OTROS TÍTULOS DE INTERÉS

CERVERA: Alimentación y dietoterapia, 3.^a ed.

MAHAN: Nutrición y dietoterapia, de Krause, 9.^a ed.

MARTÍNEZ: Fundamentos teórico-prácticos de nutrición y dietética, 1.^a ed.

VAN WAY III: Secretos de la nutrición, 1.^a ed.

*McGraw-Hill Interamericana
de España, S. A. U.*

A Subsidiary of The McGraw-Hill Companies

